

УДК 669.162.24:51,001.57

Р.И. Беспалов, доцент, к.т.н.

В.Н. Косенко, доцент, к.т.н.

В.П. Падалка, доцент

Д.А. Лаптев, аспирант

К.А. Осадчая, магистрант

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КОЛОШНИКЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ЗАГРУЗКИ

*Запорожская государственная инженерная академия*

Проведено аналіз впливу параметрів завантаження шихтових матеріалів на їх розподіл за перерізом доменної печі. Досліджено розподіл даних матеріалів на моделі колошникового пристрою за одночасним змінюванням рівня засипу та маси залізорудної частини подачі.

Проведен анализ влияния параметров загрузки шихтовых материалов на их распределение по сечению доменной печи. Исследовано распределение данных материалов на модели колошникового устройства при одновременном изменении уровня засыпи и массы железорудной части подачи.

It is conducted the analysis of influence of parameters for loading of charge materials at their distribution on the section of blast furnace. It is researched distribution of these materials on the model of mouth at the simultaneous level of changing and mass of iron-ore part of serve.

*Введение.* Высокая эффективность доменного процесса обуславливается рациональной организацией противотока шихтовых материалов и газового потока в рабочем пространстве печи шахтного типа. Одним из способов ее достижения является перераспределение шихтовых материалов по радиусу колошника с целью обеспечения равномерности распределения газового потока по сечению печи, а, следовательно, равномерного схода шихтовых материалов и лучших показателей доменной плавки.

*Анализ достижений.* Механизм подачи шихтовых материалов и характер их распределения в доменных печах, оборудованных конусными загрузочными устройствами, установлены достаточно точно [1].

Исследования [2,3] показали, что основными технологическими факторами, влияющими на распределение шихтовых материалов на колошнике доменной печи, являются уровень засыпи, порядок загрузки и величина массы подачи.

Изменение уровня засыпи шихтовых материалов, измеряемого расстоянием от поверхности засыпи до основания большого конуса загрузочного устройства в его открытом положении, сказывается на величине угла откоса, определяемого по формуле Н.Л. Гольдштейна:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_0 - K \cdot \frac{h}{R}, \quad (1)$$

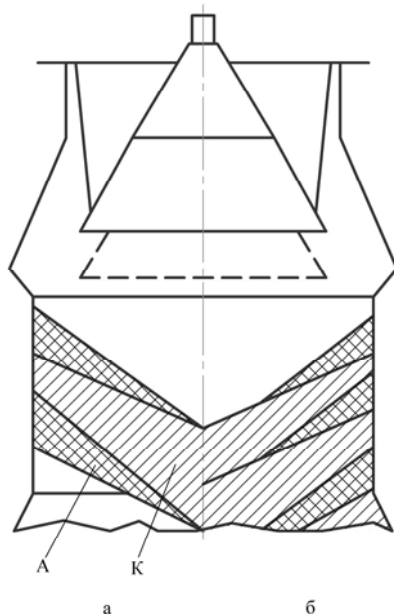
где  $\alpha$  – угол откоса шихтовых материалов в печи;  $\alpha_0$  – угол естественного откоса шихтовых материалов;  $K$  – коэффициент, величина которого зависит от условий падения материалов, их свойств и вида;  $h$  – высота падения шихтовых материалов в печи, м;  $R$  – радиус колошника печи, м.

Кроме того, при изменении уровня засыпи изменяются не только место встречи загружаемых материалов с поверхностью засыпи, но и расположение их возвышения в печи (гребня). Уменьшение величины уровня засыпи приводит к удалению гребня от стен колошника печи, что сопровождается повышением газопроницаемости в данной зоне и развитием периферийного движения газового потока.

Как правило, на доменных печах для определенных условий их работы уровень засыпи шихтовых материалов на колошнике поддерживают постоянной величиной. Однако, из-за частого изменения качественных характеристик шихты и, в первую очередь кокса, регулирование распределения данных материалов по сечению колошника осуществляют путем изменения уровня их засыпи.

Известно, что порядок загрузки компонентов шихты (агломерата и кокса) является основным средством регулирования распределения газового потока по сечению доменной печи, при этом стремятся у стенок колошника обеспечить более толстый слой менее газопроницаемого агломерата, а в центре – более толстые слои кокса, что способствует перераспределению газового потока к центральной части печи. Пока не предоставляется возможным рассчитать оптимальную величину подачи шихтовых материалов и ее определяют опытным путем.

Одним из решений данной задачи служит перевод доменной печи на работу с периодическим изменением массы железорудной составляющей подачи (рис. 1). В условиях доменного цеха ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» это позволяет улучшить показатели процесса выплавки чугуна: зафиксировано повышение степени использования тепловой и химической энергии газового потока, снижение удельного расхода кокса, более ровный ход доменных печей и увеличение их производительности [4,5].



**Рисунок 1** – *Распределение агломерата (А) и кокса (К) при постоянной (а) и периодически изменяемой (б) массе железорудной составляющей шихты*

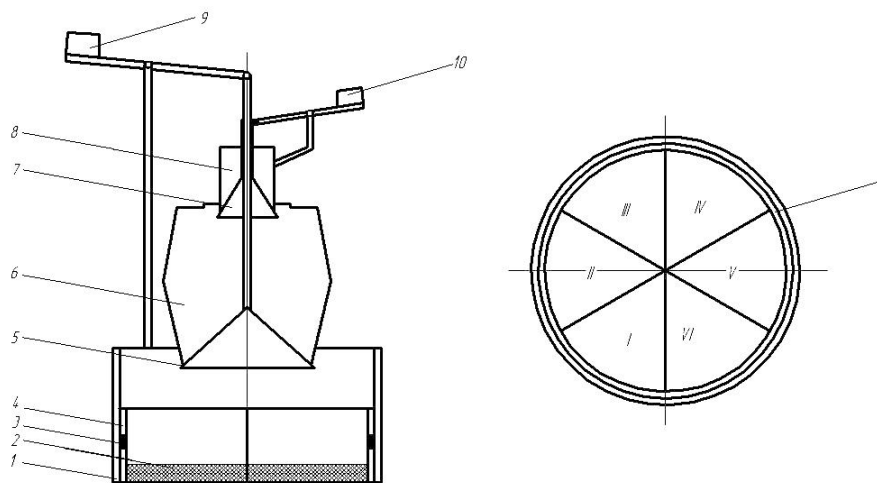
*Постановка задачи.* Целью данной работы является изучение влияния одновременного изменения уровня засыпи и массы железорудной составляющей шихтовых материалов на их распределение по сечению колошника доменной печи.

*Основная часть исследований.* Необходимость исследования на модели распределения шихтовых материалов по сечению колошника доменной печи с одновре-

менным изменением вышеуказанных параметров загрузки обусловлена отсутствием опыта работы печей данного типа с такими режимами.

На первом этапе исследований определяли основные размеры и параметры модели колошника доменной печи полезным объемом  $1513 \text{ м}^3$ , для которой масса железорудной части подачи составляет 22,0 т, масса кокса в подаче – 6,1 т, уровень засыпи – 1,25 м.

Соблюдение подобия модели колошника натуральному объекту (рис. 2) достигали, используя метод интегральных аналогов [6].



1 - цилиндр; 2 - наполняющий материал; 3 - пояс крепления; 4 - секторные емкости; 5 - большой конус; 6 - воронка большого конуса; 7 - малый конус; 8 - воронка малого конуса; 9, 10 - балансиры

**Рисунок 2** – Секторная модель колошника доменной печи

Учитывая, что процесс перемещения узлов засыпного аппарата доменной печи и шихтовых материалов в натуральном и модельном объектах являются аналогичными, применяли критерий механического подобия Ньютона  $Ne$ :

$$Ne = \frac{g \cdot \tau^2}{M \cdot L}, \quad (3)$$

где  $M$ ,  $g$ ,  $\tau$ ,  $L$  – соответственно масса материала, сила тяжести, перемещение материала под действием данной силы и длительность его перемещения.

Основные параметры физической модели колошника доменной печи (рис. 2), рассчитанные при использовании данного критерия, представлены в табл. 1.

**Таблица 1** – Основные параметры физической модели колошника печи

Параметр	Размерность	Величина параметра:		Формула пересчета
		в натуре	в модели	
Масса подачи	кг	22000	2,07	$M_M = M_H : C^3$
Время открывания:	с			
- малого конуса		5	1,0	$\tau_M = \tau_H : C^{0,5}$
- большого конуса		7	1,6	$\tau_M = \tau_H : C^{0,5}$
Величина уровня засыпи	мм	1250	60	$L_M = L_H : C$

Примечание:  $C$  – масштаб модели,  $C = 1 : 22$

Выбор размера частиц шихтового материала производили с использованием зависимости критерия Ньютона  $Ne$  от симплекса размеров колошника и шихты  $D_k/d_{ш}$ , где  $D_k$  –

диаметр колошника, м;  $d_{ш}$  – диаметр частиц шихты [7]. Поскольку движение шихтового материала из большого конуса на поверхность засыпи осуществляется под действием силы тяжести, а его перемещение по радиусу колошника пропорционально соотношению высот его слоя по данному радиусу, можно записать [7]:

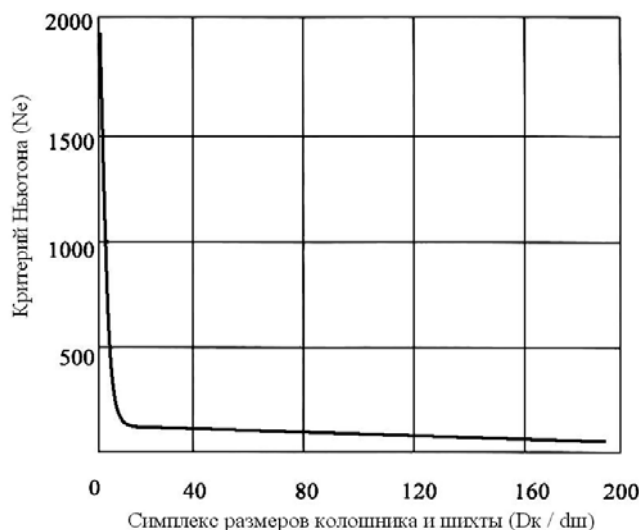
$$L = \frac{R \cdot (h_y + h_c)}{h_c + h_n}, \quad (4)$$

где  $h_y, h_c, h_n$  – высота слоя материала соответственно в центральной, серединной и периферийной зонах колошника.

Тогда

$$Ne = \frac{g \cdot \tau^2 \cdot (h_c + h_m)}{R \cdot (h_y + h_c)}. \quad (5)$$

После проведения серии экспериментов на модели колошника доменной печи, связанных с изучением распределения на нем шихтовых материалов, получили зависимость  $Ne = f(D_k/d_{ш})$ , представленную на рис. 3.



**Рисунок 3** – Зависимость критерия Ньютона  $Ne$  от симплекса размеров колошника и шихты  $D_k/d_{ш}$

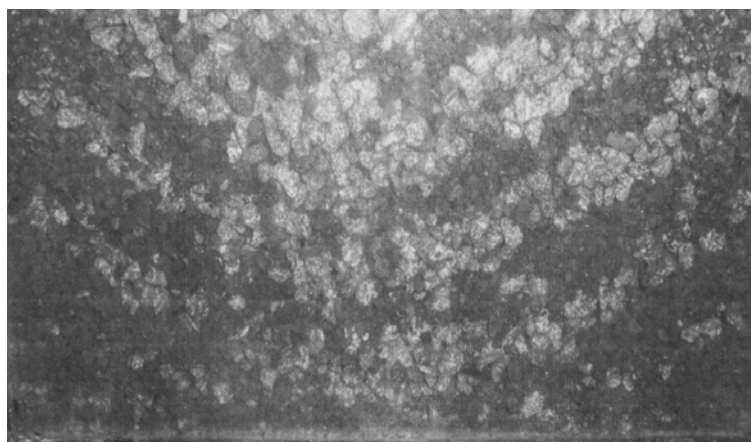
Автомодельная область, где  $Ne = \text{const}$  (что свидетельствует об отсутствии влияния стенок модели на движение частиц по откосу) отвечает крупности частиц менее 15 мм ( $D_k/d_{ш} > 35, D_k = 310$  мм). Согласно полученным результатам, крупность частиц кокса составляет 10...15 мм, агломерата – 3...5 мм.

На втором этапе исследований на модели производили загрузку шихтовых материалов по схеме «ААКК↓» – 3 подачи, «КААК↓» – 2 подачи. Уровень засыпи изменяли от 40 до 80 мм для каждой последующей подачи. Изменение массы железорудной составляющей подачи шихты составляло  $\pm 4,5$  % от средней величины.

Распределение шихтовых материалов после загрузки цикла подач представлено на рис. 4.

Как показали проведенные исследования, изменение параметров загрузки шихтовых материалов в доменную печь сопровождается изменением их распределения, как по сечению, так и по высоте печи, что, в свою очередь, приводит к рациональному пере-

распределению газового потока, увеличению как длительности его пребывания в печи, так и степени использования его тепловой и химической энергии и, как следствие, снижению расхода кокса.



**Рисунок 4** – *Распределение агломерата и кокса при одновременном изменении массы железорудной составляющей подачи и уровня засыпи в цикле подачи*

*Заключение.* Путем периодического изменения уровня засыпи шихтовых материалов и массы железорудной составляющей в схеме подачи достигается перераспределение данных материалов и газового потока в доменной печи и, тем самым, улучшаются технико-экономические показатели доменной плавки.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Металлургия чугуна* [Текст] / *Е. Ф. Вегман, Б. Н. Жеребин, А. Н. Похвиснев и др.* : учебник / под ред. Ю. С. Юсфина. – 3-е изд. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 774 с. – Библиогр. : с. 767. – ISBN 5-94628-120-8.
2. *Большаков, В. И.* Теория и практика загрузки доменных печей [Текст] / *В. И. Большаков.* – М. : *Металлургия*, 1990. – 256 с. – Библиогр. : с. 248-255.
3. *Федоренко, Г. И.* Рациональные программы и способы загрузки доменных печей [Текст] / *Г. И. Федоренко.* – Киев : *Техніка*, 1982. – 121 с. – Библиогр. : с. 117-118.
4. *Спосіб завантаження шихтових матеріалів у доменну піч* [Текст] : пат. 39596 А Україна: МПК С 21 В 7/00, 7/20 / *Булава В. Н, Крутас М. В., Фоменко О. П., Громак Г. А.* – Заявник і патентоволодарь ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь». – № 2000116153; заявл. 01.11.2000, опубл. 15.06.2001.
5. *Исследование работы доменной печи с периодически изменяемой массой железорудной части подачи* [Текст] / *Г. А. Громак, А. П. Фоменко, Н. В. Крутас, А. В. Казьмин* // *Металл и литье Украины.* – 2008. – № 10. – С. 20-21.
6. *Ковшов, В. Н.* Моделирование доменного процесса [Текст] / *В. Н. Ковшов, В. А. Петренко, В. И. Верещак.* – Днепропетровск : *Институт технологии*, 1997. – 109 с. – Библиогр. : с. 106-107. – ISBN 966-95214-0-8.
7. *Ковшов, В. Н.* Постановка инженерного эксперимента [Текст] / *В. Н. Ковшов.* – Киев : *Вища школа*, 1982. – 120 с. – Библиогр. : с. 117-119.

Стаття надійшла до редакції 26.10.2012 р.  
Рецензент, проф. С.А. Воденніков