

## ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОСТУПЛЕНИЯ АГЛОМЕРАТА РАЗЛИЧНОЙ КРУПНОСТИ ИЗ БУНКЕРА БЗУ ЛОТКОВОГО ТИПА

Харченко Е.О., Сидоров М.В., Сибгатуллина М.И., Миникаев С.Р.,  
Кузнецов Д.М.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет  
имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

*Проведением физического моделирования на лабораторной установке БЗУ лоткового типа исследовали действие расхода и последовательности размещения в бункере крупной и мелкой фракции агломерата на коэффициент равномерности его поступления в колошниковое пространство.*

*Ключевые слова:* БЗУ лоткового типа, шихтовые материалы, загрузка.

*By conducting the industrial tests on the blast furnaces of OJSC "MMK" volume 1370 m<sup>3</sup> the role of the ratio of consumption of natural gas and blowing to tuyeres to the course of blast furnace melting was investigated. With increasing uniformity coefficient from 0.91 to 0.95, conditions were created to increase natural gas consumption by 500 m<sup>3</sup>/hr with replacement ratio them coke equal to 0.72 kg/m<sup>3</sup>.*

*The effect of the consumption and sequence of the placement in the hopper of the large and fine fraction of sinter by a factor of uniformity of its revenues into the throat space was investigated by the physical modeling conduct in the laboratory bell-less charging device of a gutter type.*

*Keywords:* bell-less charging device of a gutter type, charge materials, load.

От равномерности распределения материалов по окружности колошника зависит ход доменной плавки. При ее повышении улучшается газораспределение по окружности печи, образуется более равномерный химический состав жидких продуктов плавки. Это приводит к улучшению фильтрации чугуна и шлака через слой коксовой насадки, снижению удельного расхода кокса и повышению производительности печи. Однако современные бесконусные загрузочные устройства лоткового типа не обеспечивают необходимого окружного распределения многокомпонентной шихты [1]. Одним из способов регулирования его воздействия на последовательность набора компонентов шихты в бункер БЗУ в зависимости от расхода материалов.

Для определения влияния этих факторов на равномерность распределения применили планирование эксперимента [2, 3]. Для составления матрицы планирования использовали полный двухфакторный план при варьировании на трех уровнях:

- соотношение агломерата крупностью более и менее 10 мм;
- расположение агломерата крупностью более 10 мм в слое агломерата крупностью менее 10 мм;

В качестве выходного параметра, т.е. параметра оптимизации, использовали коэффициент равномерности, который получили путем вычитания коэф-

коэффициента вариации из единицы [4]:

$$\hat{E} = 1 - \frac{\sigma_i}{A_{cp}} \quad (1)$$

где  $\sigma_i$  – среднее квадратическое отклонение  $i$ -ых порций;  $A_{cp}$  – среднее значение поступающих из бункера порций.

Для математического описания выходного параметра от указанных факторов выбран полином второй степени:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_{12} + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (2)$$

где  $x_1, x_2$  – факторы, влияния которых на параметр исследуются;  $b$  – коэффициенты уравнения регрессии.

Исследования провели на физической модели однотокового компактного загрузочного устройства, изготовленного в масштабе 1:5 по отношению к линейным размерам БЗУ доменных печей № 4 и 6 ОАО «ММК» [5].

В процессе эксперимента в бункер БЗУ загружали агломерат крупностью +10 мм и –10 мм в количестве 128 кг. Соотношение исследуемых фракций составляло 90:10; 50:50; 10:90, при этом в первой серии экспериментов агломерат крупностью – 10 мм располагали внизу бункера, в середине объема агломерата фракции +10 мм, поверх ее, а во второй серии экспериментов наоборот. При угле открытия шихтового затвора 50° производили выпуск материала. По ходу выпуска отбирали пробы, рассеивали агломерат на классы: 1–3; 3–5; 5–8; 8–10; 10–12; 12–15; 15–17,5; 17,5–25; >25. Определяли долю агломерата крупностью – 10 мм по ходу выпуска и затем по формуле (1) рассчитывали коэффициент равномерности поступления агломерата фракции –10 и +10 мм из бункера БЗУ. Далее определяли их среднее значение.

В ходе анализа экспериментальных данных были определены коэффициенты уравнения, значимость которых оценили по критерию Стьюдента.

Коэффициент равномерности для проведенных экспериментов описывается следующим полиномом:

$$\hat{E}_A = 0,792 + 0,047\dot{A}_{>10} - 0,095\dot{A}_{>10}\dot{A}_{<10} - 0,338\dot{A}_{>10} - 0,047\dot{A}_{<10}, \quad (3)$$

где:  $\dot{A}_{>10}$  – доля агломерата фракции +10 мм, располагающаяся под агломератом фракции –10 мм, %;  $\dot{A}_{<10}$  – доля агломерата фракции –10 мм от его общего количества, %.

Все факторы записаны в кодированной форме и изменяются от –1 до 1.

По критерию Фишера произвели проверку адекватности модели и убедились в том, что уравнение соответствует экспериментальным данным. Коэффициент детерминации  $R^2$ , равный 0,90, показывает, что построенная регрессия объясняет более 90 % разброса значений переменной  $\hat{K}_{KO}$  относительно среднего.

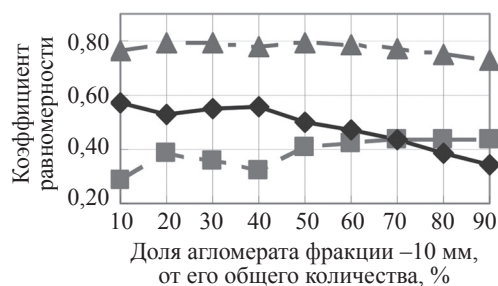


Рис. 1. Зависимость равномерности поступления агломерата из бункера БЗУ от доли фракции 10 мм при расположении ее в среднем слое фракции +10 мм (—▲—), под ней (—■—), на ней (—◆—)

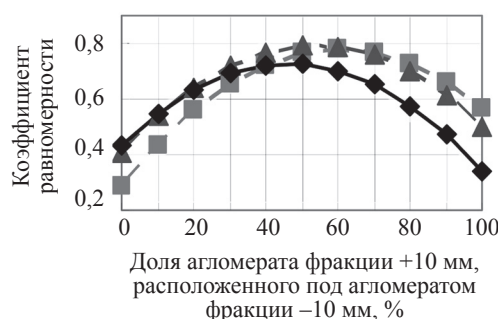


Рис. 2. Зависимость равномерности поступления агломерата из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи от доли фракции +10 мм, расположенной под фракцией -10 мм при содержании в шихте последней: 10 % (—■—), 50 % (—▲—) и 90 % (—◆—)

Согласно рис. 1 расположение в нижней части бункера БЗУ агломерата фракции +10 мм в количестве 90 %, а поверх нее фракции -10 мм в количестве 10 % обеспечило величину коэффициента равномерности поступления агломерата из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи, равную 0,57. Наиболее высокий коэффициент равномерности, равный 0,79, наблюдали при расположении фракции -10 мм в середине объема фракции +10 мм (рис. 1, 2).

### Выводы

1. Расположение агломерата одной крупности в середине объема агломерата другой крупности обеспечивает наиболее высокий коэффициент равномерности его поступления из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи.

2. При загрузке материалов в бункер БЗУ для обеспечения более высокого коэффициента равномерности целесообразно в нижней части бункера располагать материал расход, которого наиболее высокий, а поверх него наиболее низкий.

### Список использованных источников

1. Пыхтеева К.Б., Загайнов С.А., Тлеугабдулов Б.С., Филиппов В.В., Журавлев Д.Л., Николаев Ф.П. Анализ особенностей формирования порций и истечения материалов из бункера БЗУ при загрузке шихты // *Сталь*. – 2008. № 6. – С. 14–19.
2. Спирин Н.А. Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. Конспект лекций. Екатеринбург ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 257.
3. Логические основы распознавания вида отклонения доменной плавки от нормального режима. Онорин О.П., Спирин Н.А., Павлов А.В., Лавров В.В. и др. Известия высших учебных заведений. – Черная металлургия, 2014. – № 8. – С. 42–47.
4. Влияние последовательности загрузки компонентов шихты в бункер БЗУ на равномерность их поступления в колошниковое пространство доменной печи / Сибгатуллин С.К. Теплых Е.О., Харченко А.С. Теория и технология металлургического производства, 2011. – № 11. – С. 12–16.
5. Зависимость равномерности поступления агломерата и окатышей в колошниковое пространство печи от последовательности размещения их в бункере БЗУ. Сибгатуллин С.К. Теплых Е.О., Харченко А.С. Теория и технология металлургического производства. 2012. – № 12. – С. 16–21.