

Г.А. Громак <sup>(1)</sup>, ст. преподаватель

В.Н. Ковшов <sup>(2)</sup>, профессор, д.т.н.

А.П. Фоменко <sup>(3)</sup>, гл. специалист

А.В. Харченко <sup>(1)</sup>, доцент, к.т.н.

## СПОСОБЫ ЗАГРУЗКИ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ В УСЛОВИЯХ ОАО «МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ ЗАПОРОЖСТАЛЬ»

<sup>(1)</sup> Запорожская государственная инженерная академия,

<sup>(2)</sup> Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепрпетровск,

<sup>(3)</sup> ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь»

Проведено аналіз способів завантаження доменних печей, які обладнані завантажувальними пристроями різної конструкції. Наведені лабораторні та дослідно-промислові дослідження роботи доменної печі з одночасним змінюванням параметрів завантаження.

Проведен анализ способов загрузки доменных печей, оборудованных загрузочными устройствами различной конструкции. Приведены результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний работы доменной печи с одновременным изменением параметров загрузки.

*Введение.* В доменных печах, оборудованных типовыми загрузочными устройствами, закономерности движения шихтовых материалов и технологических газов изучены в достаточной степени [1-3]. Однако управление распределением указанных материалов и газов в рабочем пространстве печей при помощи типового загрузочного устройства достаточно затруднено. Поэтому оптимизация распределения шихтовых материалов по окружности и радиусу печи с целью повышения эффективности использования тепловой и химической энергии технологических газов остается и в настоящее время весьма актуальной.

*Анализ достижений.* В последние годы благодаря улучшению подготовки шихтовых материалов и улучшению их качественных показателей, интенсификации доменного процесса путем вдувания углеводородных добавок с высокой концентрацией кислорода в дутье, а также значительному увеличению температуры дутья удается существенно снизить расход кокса на выплавку чугуна и повысить производительность доменных печей [4,5]. В свою очередь, снижение удельного расхода кокса сопровождается уменьшением его слоя между железорудными материалами, который служит разрыхлителем столба шихтовых материалов, и, как следствие, приводит к увеличению количества железорудной части в осевой зоне, где содержание диоксида углерода повышается от 4...5 до 10...14 %.

Проблемы распределения шихтовых материалов в доменных печах эффективно решаются путем применения бесконусных загрузочных устройств и конусных устройств с подвижными колошниковыми плитами [6,7]. Эти загрузочные устройства практически полностью удовлетворяют технологическим требованиям обеспечения устойчивого хода доменной печи, но являются дорогостоящими. Так, срок окупаемости для доменных печей с полезным объемом более 2000 м<sup>3</sup> составляет 6...8 лет, а для печей среднего и малого объемов – практически не достигается за весь период кампании.

В связи с этим на доменных печах №№ 2-4 ОАО «Металлургический комбинат

«Запорожсталь» с полезным объемом 1513 м<sup>3</sup> были установлены трехконусные загрузочные устройства с технологическим отверстием в большом конусе, обеспечивающем подачу части кокса в центральную часть колошникового устройства [8].

Подачу части кокса в центральную часть печи при эксплуатации вышеуказанного загрузочного устройства осуществляют путем использования пятискиповых подач шихтовых материалов в цикле с типовыми четырехскиповыми подачами:

$$k \text{ ААКК} \downarrow m \text{ КААК} \downarrow n \text{ КААКК} \downarrow ,$$

где  $k$ ,  $m$  и  $n$  – количество подач шихтовых материалов в цикле соответственно.

Такая система загрузки шихтовых материалов в доменную печь позволяет формировать осевой столб материалов, конфигурация которого определяется системой загрузки (количеством прямых и обратных четырехскиповых подач в комплексе с количеством пятискиповых подач), размером подачи и величиной уровня засыпи. Применение загрузочных устройств такого типа позволило снизить удельный расход кокса на 1,5...2,5 кг/т чугуна.

На доменной печи № 5 с полезным объемом 1513 м<sup>3</sup>, оборудованной бесконусным загрузочным устройством типа «воронка-склиз» и конвейерной подачей шихтовых материалов к скиповому подъемнику, успешно опробованы и внедрены режимы загрузки с периодически изменяемой массой железорудной части подачи в количестве  $\pm 4,5$  % от средней величины при постоянной массе кокса в подаче [9,10]. Применение данного режима загрузки привело к увеличению степени использования технологических газов на 0,7 %, стабилизации хода доменной печи и нагрева продуктов плавки, что, в свою очередь, сопровождалось снижением общего перепада давления газового потока по высоте рабочего пространства печи и удельного расхода кокса, а также повышением производительности печи.

Таким образом, можно сделать вывод, что в вопросах управления распределением шихтовых материалов по радиусу доменной печи существуют определенные резервы.

*Постановка задачи.* Целью данной работы является исследование влияния комплексного изменения параметров загрузки шихтовых материалов в доменную печь на технико-экономические показатели доменной плавки в условиях ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь».

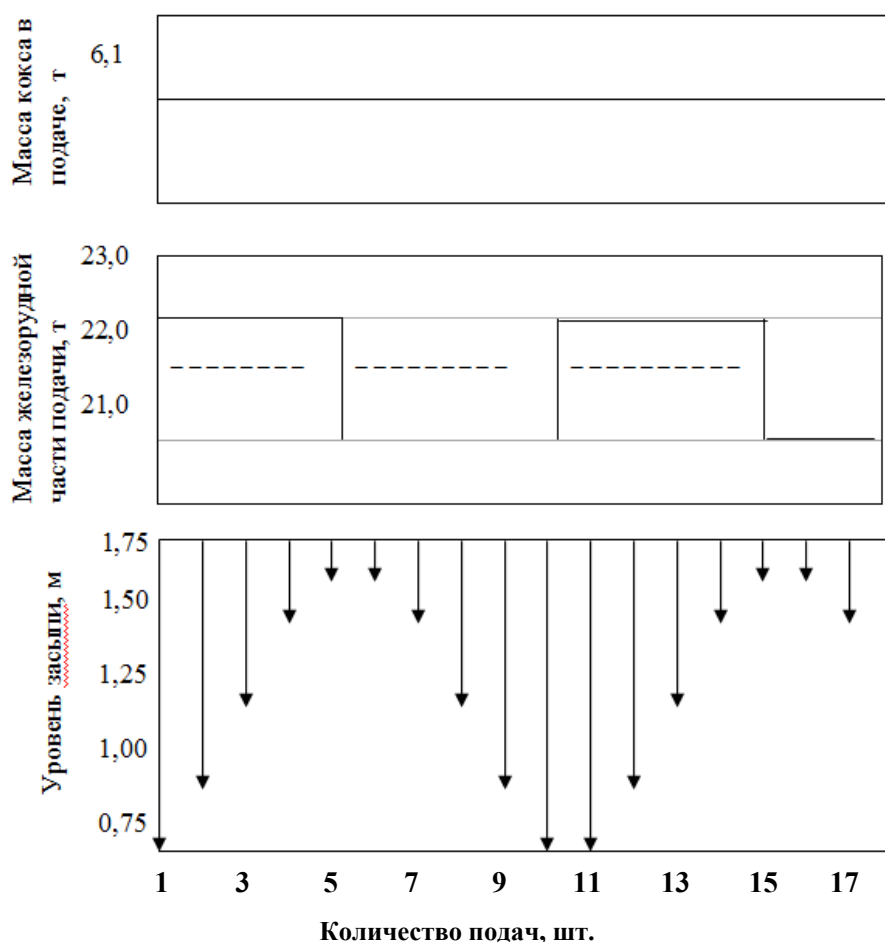
*Основная часть исследований.* С целью определения влияния совместного изменения параметров загрузки доменной печи – массы подачи шихтовых материалов и уровня их засыпи, – на показатели выплавки чугуна на первом этапе были проведены лабораторные испытания на прозрачной модели колошникового устройства доменной печи в масштабе 1 : 22.

Экспериментальная установка состояла из цилиндра, изготовленного из органического стекла, в котором размещены две емкости, скрепленные поясом и частично заполненные окатышами. На цилиндре установлена модель двухконусного загрузочного устройства, которая выполнена из воронки с большим конусом, воронки с малым конусом и балансиров, обеспечивающих поддержание закрытого состояния конусов. Воронка малого конуса может перемещаться относительно воронки большого конуса на любой угол, необходимый для обеспечения заданного окружного распределения шихтовых материалов. Размер частиц материалов подбирали согласно принципу автомодельности. С этой целью предварительно были проведены эксперименты по определению распределения частиц разной крупности (сегрегации), которое характеризовали критерием Ньютона ( $Ne$ ). Автомодельная область, для которой значения

данного критерия были практически неизменными (о чем свидетельствует отсутствие влияния стенок модели на движение частиц шихтовых материалов по откосу) отвечает крупности кусков менее 15 мм. Исходя из полученных результатов, для лабораторной модели была определена крупность частиц кокса 10...15 мм, агломерата 3...5 мм.

Объемное соотношение агломерата и кокса (первоначально заданное) в шихте устанавливали 1 : 1. Их подачу с заданной очередностью скипов осуществляли в воронку малого конуса, которую поворачивали на угол 60°. Опускание конусов осуществляли вручную продолжительностью 2...3 с для малого конуса и 4...6 с для большого конуса, что соответствует реальным значениям для доменных печей ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь».

Схема загрузки шихтовых материалов при совместном изменении ее параметров, соответствующих реальным значениям для доменной печи, представлена на рис. 1.



**Рисунок 1** – Схема загрузки шихтовых материалов при совместном изменении ее параметров

Опытно-промышленные испытания на доменной печи № 5 с полезным объемом 1513 м<sup>3</sup> ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» производили следующим образом: систему загрузки и средний размер железорудной части подачи (22,0 т), расход кокса в подаче (6,1 т) и величину уровня засыпи (1,25 м) сохраняли неизменными. Амплитуда изменения массы агломерата в подаче составляла ± 4,5 % или ± 1,0 т в цикле подач. Период изменения уровня засыпи шихтовых материалов одновременно с изменением рудной нагрузки в цикле составлял десять подач:

«А»:  $AAKK_{\downarrow 0,75} AAKK_{\downarrow 1,00} AAKK_{\downarrow 1,25} KAAK_{\downarrow 1,50} KAAK_{\downarrow 1,75}$

$$\sum P = 23,0 \text{ т};$$

«Б»:  $AAKK_{\downarrow 1,75} AAKK_{\downarrow 1,50} AAKK_{\downarrow 1,25} KAAK_{\downarrow 1,00} KAAK_{\downarrow 0,75}$

$$\sum P = 21,0 \text{ т}.$$

Основные показатели работы доменной печи № 5 для периода, предшествующего исследованиям, а также периода опытно-промышленных испытаний, приведены в табл. 1.

**Таблица 1** – Основные показатели работы доменной печи № 5

| Показатели  | Базовый период | Исследуемый период | Приведенный к базовому периоду |
|---|----------------|--------------------|--------------------------------|
| Продолжительность периодов, сутки   | 31             | 31                 | 31                             |
| Производство чугуна, т/сутки  | 2948           | 2984               | 3001                           |
| Расход кокса, кг/т чугуна   | 506            | 492                | 488                            |
| Расход природного газа, м <sup>3</sup> /т чугуна                          | 79             | 74                 |                                |
| Расход кислорода, м <sup>3</sup> /т чугуна                                | 29             | 26                 |                                |
| Температура дутья, °С   | 1183           | 1181               |                                |
| Простои, %  | 1,43           | 1,57               |                                |
| Выход шлака, кг/т чугуна  | 457            | 459                |                                |
| Степень использования газа $CO_2 / (CO + CO_2)$ , %                       | 42,4           | 44,3               |                                |
| Количество выпусков чугуна, укладываемых в пределы 0,6...0,9 % по кремнию | 49,6           | 51,6               |                                |

Анализ работы данной печи показывает, что периодическое изменение циклов подачи загрузки с изменением массы подачи и уровня засыпи шихтовых материалов приводит к перераспределению материалов по радиусу доменной печи и соответственно газового потока и, как следствие, увеличению степени использования тепловой и химической энергии газов на 1,9 %, стабилизации нагрева продуктов плавки (количество выпусков, укладываемых в пределы 0,6...0,9 % по кремнию повысилось на 2,0 %).

*Выводы.*

1. На доменных печах, оборудованных типовыми загрузочными устройствами, существуют значительные резервы для оптимизации распределения шихтовых материалов по окружности и радиусу их рабочего пространства.

2. Внедрение бесконусных загрузочных устройств для доменных печей среднего объема экономически нецелесообразно из-за их дороговизны, несмотря на технологическую эффективность их использования.

3. Работа доменных печей, оборудованных типовым загрузочным устройством с технологическим отверстием, выполненным в нижнем конусе, и загрузкой части кокса в центральную часть печи показала преимущества такого загрузочного устройства по сравнению с типовым загрузочным устройством.

4. Распределение материалов на колошнике доменной печи путем совместного изменения параметров загрузки, как в лабораторных исследованиях, так и в опытно-промышленных испытаниях, показало эффективность регулирования хода доменной

печи путем выбора более оптимальных систем загрузки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Грузинов, В. К.* Управление газовым потоком в доменной печи программной загрузкой [Текст] / В. К. Грузинов. – Свердловск : ГНТИЛЧЦМ, 1960. – 214 с. – Библиогр. : с. 207-212.
2. *Большаков, В. И.* Теория и практика загрузки доменных печей [Текст] / В. И. Большаков. – М. : Metallurgia, 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. Metallurgia чугуна [Текст] / *Е. Ф. Вегман, Б. Н. Жеребин, А. Н. Похвиснев* и др. : учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Под редакцией Ю. С. Юсфина. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 774 с. – Библиогр. : с. 767. – ISBN 5-94628-120-8.
5. Коксозамещающие технологии в доменной плавке [Текст] / *В. П. Лялюк, И. Г. Товаровский, Д. О. Демчук* и др. – Днепропетровск : Пороги, 2006. – 276 с. – Библиогр. : с. 267-274. – ISBN 966-525-749-8.
6. *Тарасов, В. П.* Загрузка доменных печей [Текст] / В. П. Тарасов. – М. : Metallurgia, 1967. – 128 с. – Библиогр. : с. 125-127.
7. *Еремеева К. Н.* Загрузочные устройства зарубежных доменных печей [Текст] / *К. Н. Еремеева, Р. М. Жак.* – М. : ЦНИИЧерметинформация, 1973. – Серия 4, Выпуск № 3. – 21 с. – Библиогр. : с. 21.
8. Загрузочное устройство доменной печи Тарасова [Текст] : пат. 2344177 Рос. Федерация: МПК С 21 В 7/20 / *Тарасов В. П., Тарасов С. В.* – Заявители и патентообладатели В. П. Тарасов, С. В. Тарасов. – № 20071036337/02 ; заявл. 31.01.2007 ; опубл. 10.08.2008.
9. 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.
10. Исследование способов загрузки доменных печей [Текст] / *С. А. Воденников, Н. В. Крутас, Г. А. Громак* и др. // *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії.* – Запоріжжя : ЗДІА. – 2010. – Вип. 22. – С. 20-25.