

С.А. Воденников⁽¹⁾, зав. кафедрой, д.т.н. профессор

Н.В. Крутас⁽²⁾, начальник цеха

Г.А. Громак⁽¹⁾, ассистент

С.А. Гаврилко⁽¹⁾, профессор, к.т.н.

Н.В. Личконенко⁽¹⁾, ст. преподаватель

Ю.В. Моисейко⁽¹⁾, ст. преподаватель

Т. С. Цаплина⁽¹⁾, ассистент

Ю.С. Гаврилко⁽²⁾, инженер II категории

В.М. Печенникова⁽¹⁾, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ЗАГРУЗКИ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

⁽¹⁾ Запорожская государственная инженерная академия

⁽²⁾ ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь», г. Запорожье

Наведено існуючі способи завантаження доменних печей з перемінним рудним навантаженням. Виконано аналіз роботи доменної печі № 5 ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» з масою завантаження залізорудної частини шихти, що періодично змінюється. Робота доменної печі за запропонованим режимом дозволила сягати більш рівного ходу, стабілізувати виплавляння чавуну, зменшити питомі витрати коксу на 17 кг/т чавуну та збільшити її продуктивність на 10,8 %.

Приведены существующие способы загрузки доменных печей с переменной рудной нагрузкой. Проведен анализ работы доменной печи № 5 ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» с периодически изменяемой массой загрузки железорудной части шихты. Работа доменной печи в предложенном режиме позволила достичь более ровного хода, стабилизировать выплавку чугуна, уменьшить удельный расход кокса на 17 кг/т чугуна и увеличить ее производительность на 10,8 %.

Введение. Улучшение технико-экономических показателей доменной плавки определяется более тщательной подготовкой сырьевых материалов, работой доменных печей при повышенном давлении газа на колошнике, применением коксозаменяющих добавок, улучшением качества распределения шихтовых материалов на колошнике и т.д. Особое значение при этом имеет применение более рациональных методов распределения шихтовых материалов по радиусу колошника доменной печи, успешными исследованиями по совершенствованию которых во многом объясняется прогресс доменного производства [1-3].

Анализ достижений. Повышения газопроницаемости столба шихтовых материалов по высоте доменной печи и степени использования тепловой и химической энергии газов можно достичь применением периодических режимов загрузки, когда размещение шихтовых материалов в рабочем пространстве печи характеризуется чередованием слоев с различной объемной долей кокса, а, следовательно, с различной разрыхленностью. Такая структура шихты способствует периодическому перераспределению газового потока по сечению печи, повышает длительность его контакта с шихтовыми материалами, а также обеспечивает более высокую, чем при обычной системе загрузки, газопроницаемость слоя шихтовых материалов по высоте рабочего пространства печи.

Зависимость относительных потерь напора газового потока в слое шихтовых материалов от объемной доли крупного компонента для смеси агломерата и кокса, отличающихся по размерам более чем в три раза, имеет максимум при содержании крупной фракции в слое, равном 45...55 %.

Экспериментальными результатами работы [4] установлено, что с уменьшением отношения потерь напора газового потока в слое крупной фракции к его потерям в слое мелкой фракции, то есть с уменьшением отношения диаметров частиц мелкой и крупной фракции d_m/d_k , потери напора газового потока в слое смеси этих фракций возрастают. При величине этого отношения, равной 0,08...0,20, что характерно для средних диаметров агломерата и кокса, величина максимальных потерь напора газового потока в слое из смеси двух фракций в 1,4...2,0 раза превышает потери напора в слое только мелкой фракции и в 10...20 раз потери напора в слое только крупной фракции.

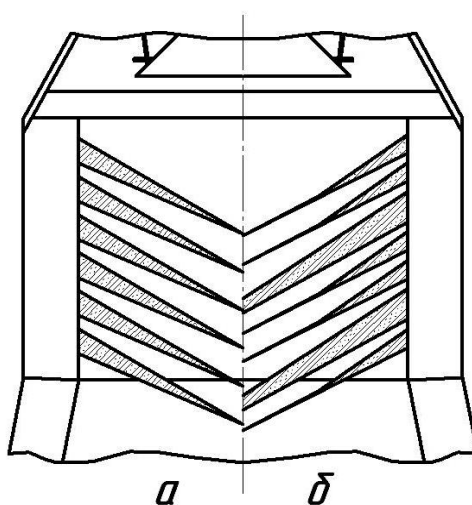


Рисунок 1 — *Распределение материалов на колошнике доменной печи при обычной (а) и циклической (б) загрузках*

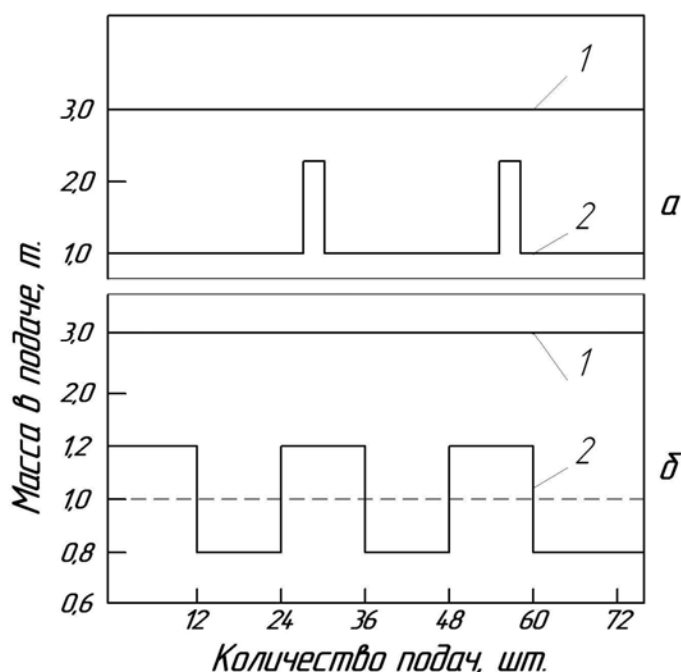
При рудных нагрузках 3,0...4,0, характерных для работы большинства доменных печей, объемная доля кокса в шихте составляет 45...55 %, то есть отвечает наиболее неблагоприятной газопроницаемости для слоя из равномерной смеси по объему агломерата и кокса.

Избежать этого можно при применении периодических режимов их загрузки – циклической загрузки, импульсного режима загрузки кокса и режима с переменной рудной нагрузкой.

Впервые циклическую загрузку доменной печи осуществили на Мариупольском металлургическом комбинате имени Ильича [2] путем реализации различных по массе подач кокса с последующим повторением цикла. Соотношение числа подач в цикле определяли опытным путем. На рис. 1 представлена схема расположения материалов при обычной (а) и циклической (б) загрузке шихты (две подачи меньшего и одна подача большего объема).

При циклической загрузке шихтовых материалов достигается более равномерное их распределение, и газовый поток, поднимающийся по каналу печи, имеет большую площадь соприкосновения с железорудной частью шихты, благодаря чему возрастает степень косвенного восстановления оксидов железа.

Применение циклической загрузки позволило снизить расход кокса на 4,4 % и увеличить производительность печи на 15,1 % [2].



1 - масса железорудной части в подаче; 2 - масса кокса в подаче

Рисунок 2 — Режимы загрузки доменных печей при импульсной подаче (а) и переменной рудной нагрузке (б):

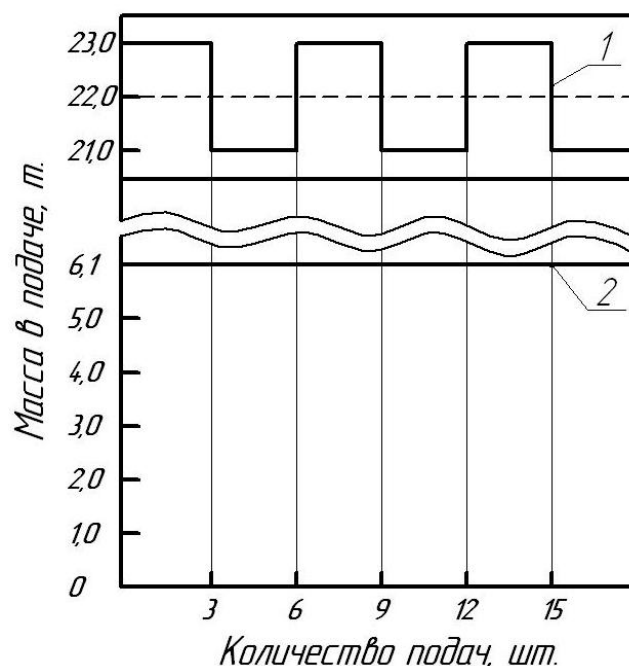
Импульсный режим характеризуется периодической загрузкой части кокса в виде холостых подач («импульсов») при поддержании суммарного количества кокса, загружаемого в печь за весь период повторения импульсов, на уровне, обеспечивающем необходимую рудную нагрузку [4].

Режим с переменной рудной нагрузкой реализуют путем загрузки в доменную печь циклов подач шихтовых материалов с различной долей кокса при сохранении рудной нагрузки за период изменений на уровне, обеспечивающем реализацию заданного режима нагрева данных материалов и получение необходимого состава чугуна [5].

Режимы загрузки доменных печей в импульсном режиме и с переменной рудной нагрузкой представлены на рис. 2.

Опытные плавки чугуна, проведенные на ОАО «Металлургический комбинат «Криворожсталь», показали, что реализация периодических режимов загрузки не вызывала никаких трудностей. При этом достигнуто снижение расхода кокса на 2,1...2,8 % и увеличение производительности печи на 3,2...4,0 % [5].

Однако, применение режимов загрузки путем изменения массы подаваемого кокса ранее сдерживалось по причине периодических превышений подач железорудных материалов, что сопровождалось снижением температуры в рабочем пространстве доменной печи. В настоящее время такой способ также имеет серьезные недостатки из-за существенных колебаний показателей качества кокса, вызванных постоянным снижением свойств и количества коксующихся углей.



1 - масса железорудной части в подаче; 2 - масса кокса в подаче

Рисунок 3 — Режим загрузки доменной печи с периодически изменяемой массой железорудной части подачи:

Задачей исследования является совершенствование технологии выплавки чугуна путем изменения системы загрузки шихтовых материалов.

Основная часть исследований. На современных доменных печах, оборудованных конвейерной подачей шихтовых материалов к скиповому подъемнику, исключается вероятность влияния человеческого фактора, что позволяет внедрить систему загрузки с переменной рудной нагрузкой.

На доменной печи № 5 ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь», оборудованной также бесконусным загрузочным устройством типа «воронка-скилиз», опробованы режимы загрузки с периодически изменяемой массой железорудной части шихты при постоянной массе кокса в подаче [6,7].

Параметры режима загрузки шихты с периодически изменяемой массой ее железорудной части (агломерата), представленного на рис. 3, характеризуются следующими величинами:

— система загрузки:

«А» — АА↓ КК↓ АА↓ КК↓ АА↓ КК↓ $1,25 \text{ м}^3$;

«Б» — КК↓ АА↓ КК↓ АА↓ КК↓ АА↓ $1,25 \text{ м}^3$;

— амплитуда колебаний изменения массы агломерата в железорудной части подачи составляет $\pm 4,5 \%$;

— период изменения рудной нагрузки равен шести подачам, что практически соответствует периоду между выпусками чугуна;

— состав шихты: агломерат — 96 %, окатыши — 3,4 %, железная руда — 0,6 %.

Технико-экономические показатели работы доменной печи с периодически изменяемой массой рудной загрузки в сравнении с базовым периодом приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Технико-экономические показатели работы доменной печи
в базовый период (I) и период работы с периодически
изменяемой массой железорудной части шихты (II)

Показатели	I	II
Длительность периода, сутки	365	365
Производство чугуна, т/сутки	2378	2483
Расход кокса сухого, кг/т чугуна	526	509
Содержание железа в железорудной части шихты, %	55,18	55,86
Расход природного газа, м ³ /т чугуна	104	95
Содержание кислорода в дутье, %	23,3	22,9
Расход дутья, м ³ /мин	2709	2777
Температура дутья, °С	1065	1090
Давление дутья, кПа	252	248
Давление газа на колошнике, кПа	122	124
Общий перепад давления газового потока, кПа	130	124
Содержание кремния в чугуне, %	0,78	0,80
Расход, кг/т чугуна:		
- агломерата	1668	1735
- окатышей	139	61
- железной руды	12	11
- силикомарганцевого шлака	9	14
- известняка	28	30
Выход шлака, кг/т чугуна	448	438
Степень использования газа, $CO_2 / (CO + CO_2)$, %	46,1	46,8
Количество выпусков чугуна, которые укладываются в пределы 0,6...0,9 % по кремнию, %	50,1	55,0
Количество подвисаний шихты в печи	30	6

Работа доменной печи с измененным способом загрузки шихтовых материалов позволяет повысить степень использования газа на 0,7 % и стабилизировать ход и прогрев печи: количество подвисаний шихты снизилось с 30 до 6, а количество выпусков чугуна, характеризующегося содержанием кремния 0,6...0,9 %, увеличилось на 4,9 %. Это, в свою очередь, сопровождается снижением общего перепада давлений газового потока на 6 кПа, расхода кокса на 17 кг/т чугуна и увеличением производительности печи на 10,8 %.

Выводы

1. Применение режимов загрузки с периодически изменяемой рудной нагрузкой сопровождается увеличением степени использования газа, повышением стабильности состава и прогрева чугуна, снижением расхода кокса и увеличением производительности печи.

2. Рассматриваемая система загрузки вследствие изменения распределения газового потока по сечению и высоте печи и снижения общего перепада его давления будет рациональной и при увеличении давления газа на колошнике выше 150 кПа, а

также при значительном сокращении удельного расхода кокса, когда снижается разница между объемами подаваемой рудной и коксовой части шихты.

3. Исследования работы доменной печи № 5 ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» с периодически изменяемой рудной нагрузкой позволили снизить удельный расход кокса на 17 кг/т чугуна и повысить производительность печи на 105 т/сут, то есть на 10,8 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грузинов В. К. Управление газовым потоком в доменной печи программной загрузкой / В. К. Грузинов. – Свердловск: Metallurgizdat. 1960. – 214 с.
2. Тарасов В. П. Загрузка доменных печей / В. П. Тарасов. – М.: Metallurgiya, 1967. – 128 с.
3. Федоренко Г. И. Рациональные программы и способы загрузки доменных печей / Г. И. Федоренко. – Киев: Техніка. 1982. – 121 с.
4. Работа доменной печи с переменной рудной нагрузкой / А. Н. Похвиснев, И. Ф. Курунов, В. А. Шатлов, А. И. Истеев // Черная металлургия. – 1977. – № 12. – С. 40-42.
5. Курунов И. Ф. Работа доменной печи с периодически изменяемой рудной нагрузкой / И. Ф. Курунов, В. В. Ермолаев, В. И. Плешков // Metallurg. – 1978. – № 3. – С. 12-15.
6. Пат. 39596 Україна, МПК C21 B7/00, C21 B7/20. Спосіб завантаження шихтових матеріалів у домену піч / Булава В. М., Крутас М. В., Громак Г. А. [та ін.]; заявник і патентоволодарь ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь». – № 2000116153; заявл. 01.11.2000; опубл. 15.06.2001.
7. Исследование работы доменной печи с периодически изменяемой массой железорудной части подачи / А. П. Фоменко, Н. В. Крутас, А. В. Казьмин, Г. А. Громак // Металл и литье Украины. – 2008. – № 10. – С. 20-21.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2010 р.
Рецензент, проф. М.Ф. Колесник