



Большаков В.И. /д.т.н./, Муравьева И.Г. /к.т.н./, Семенов Ю.С., Шулико С.Т.
Институт черной металлургии НАНУ

Оценка положения центра воронки поверхности засыпи шихты относительно оси печи

Представлены результаты исследований положения воронки профиля поверхности засыпи относительно оси печи, полученные с помощью радиолокационной системы измерения профиля засыпи при различных условиях работы доменной печи объемом 5000 м³. Результаты исследований могут быть использованы при представлении информации о состоянии профиля засыпи. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 9 назв.

доменная печь, профиль поверхности засыпи, радиолокационный профилемер, воронка профиля поверхности засыпи, уровень засыпи шихты

К основным параметрам, характеризующим состояние поверхности засыпи шихты на колошнике

доменной печи, относятся глубина и объем осевой воронки поверхности засыпи и ее смещение относительно оси печи. Под осевой воронкой или осевым возвышением принято подразумевать относительно узкую воронку или возвышение в непосредственной близости к оси печи. Осевая воронка характеризуется большими, чем на остальной части радиусов, значениями углов откоса материала при развитом осевом газовом потоке печи, а возвышение образуется при концентрированной загрузке материалов в осевую зону [1]. Глубина осевой воронки профиля поверхности засыпи определяется как разность значений уровня засыпи в осевой зоне и среднего значения уровня засыпи в пе-

риферийной зоне.

Расширение применения профилемеров обеспечило возможность изучения особенностей формирования профиля поверхности засыпи в доменных печах при использовании различных программ загрузки. Появилась возможность контроля и коррекции реального расположения шихтовых материалов на поверхности засыпи не по результатам расчетов и моделирования, где вводится большое количество различных допущений, а по фактическому результату их загрузки на известный исходный профиль поверхности. Кроме того, стало возможным определять скорости опускания поверхности в различных зонах по радиусу и окружности печи [2]. В связи с этим возникла необходимость разработки методических основ и алгоритмов обработки и представления информации профилемеров в удобном виде для её практического использования как технологическим персоналом доменной печи, так и учеными с целью поиска их связи с параметрами процесса плавки и обобщения результатов измерений [1-3]. В 1994 г. на доменной печи № 3 АК "Тулачермет", оснащенной конусным загрузочным устройством (ЗУ) выполнены исследования формирования профиля поверхности засыпи с помощью радиоизотопного профилемера РИАП-2М и была предпринята попытка установить связь изменений профиля с параметрами доменной плавки [3]. На доменной печи завода "Rogesa" были установлены линейный профилемер DDS с радаром-измерителем, перемещаемым по радиусу над поверхностью засыпи, стационарный радарный уровнемер для непрерывного измерения уровня засыпи в центре печи, "Спиротерм", измеряющий распределение температур на поверхности засыпи и радиальный зонд, измеряющий распределение химсостава газов и температуру в столбе шихты под поверхностью засыпи. Результаты исследования изменений профиля засыпи на германских доменных печах, оснащенных бесконусными загрузочными устройствами с лотковым распределителем и автоматизированной системой обработки информации [4] были направлены на совершенствование обработки и представления информации, а также на поиск связи изменений профиля с особенностями хода доменной плавки. Распределение шихтовых материалов оценивалось показателем отношения массы кокса к общей массе кокса и рудной части $K/(K+P)$ в подаче или в цикле загрузки. Результаты измерений и расчетов использовались для оценки и корректировки применяемых программ загрузки [4]. Круг вопросов, которые могут изучаться с помощью информации профилемеров, достаточно широк [5].

В настоящей работе рассматривается лишь один аспект формирования и изменения профиля поверхности засыпи в доменной печи, к которому неоднократно обращались исследователи [2, 3, 5-8], но который в настоящее время остается малоизученным — это положение, размеры основания опрокинутого конуса и глубина (высота конуса) осевой воронки, являющейся важным элементом профиля засыпи, тесно связанным с особенностями хода печи.

В значительной части исследований профиля поверхности засыпи воронка выглядит в виде опрокинутого конуса, основание которого простирается от одной до другой стенки колошниковой защиты, либо между гребнями профиля, расположенными вблизи колошниковой защиты [4, 5, 7]. В то же время, результаты наших исследований, выполненных на ДП-9 "Криворожстали" объемом 5000 м³, оснащенной бесконусным ЗУ [1, 8, 9], показывают, что в пределах цикла загрузки в определенные моменты на поверхности засыпи формируется достаточно узкая осевая воронка с диаметром основания опрокинутого конуса, равным 0,3-0,5 диаметра колошника. На ДП-9 для интенсификации осевого потока газов применяются специальные программы загрузки с подачей одной или двух порций кокса в цикле загрузки в осевую зону, что приводит после их загрузки к образованию осевого возвышения, а после выгрузки последующих порций образуется узкая осевая воронка. Вершина опрокинутого конуса осевой воронки не всегда совпадает с осью печи, а её отклонения зависят от достаточно большого количества факторов, влияние и сочетание которых пока остается неопределенным. Выяснению указанных взаимосвязей путем оценки и обсуждения изменения положения воронки поверхности засыпи, измеренной с помощью радиолокационной системы контроля профиля во время работы ДП-9 "Криворожстали" при различных режимах загрузки, посвящена настоящая работа.

Исследования формирования профиля поверхности засыпи шихтовых материалов на колошнике доменной печи №9 ОАО «Криворожсталь» позволили установить образование воронки поверхности засыпи и ее смещение от оси печи для двух условий: загрузки печи перед ее задувкой после капитального ремонта и в условиях работающей печи. После проведения капитального ремонта 1-го разряда в 2003 г. на ДП-9 ОАО "Криворожсталь" сотрудниками ИЧМ был выполнен ряд исследований при загрузке печи перед ее задувкой, в том числе были выполнены инструментальные измерения профиля поверхности засыпи шихты после выгрузки исследовательских порций. Эти измерения позволили оценить глубину воронки профиля поверхности засыпи и ее смещение относительно оси печи. Было отмечено, что при выгрузке в печь на уровень засыпи 2,5 м кокса массой 31,9 т (порция №100) из Б1 на 8...4 угловые положения лотка, из-за аварийной остановки привода вращения лотка в процессе выгрузки, часть порции массой $\approx 10-12,5$ выгрузилась из 5...4 позиций лотка в сектор печи 210-270°(Б1) — 300°, что привело к перекосу уровня засыпи на 0,8-1,5 м в сторону понижения его в секторе печи: 0°(ПУ)—90°(Б2)—180°(ШП). Образованная в результате разницы выгруженного материала воронка была смещена в сторону понижения профиля засыпи. Исследования показали, что ось воронки профиля засыпи шихты по диаметру Б1 (270°) — Б2 (90°) была смещена по отношению к оси печи на 0,5-0,8 м в сторону пониженного уровня засыпи — Б2 (90°)

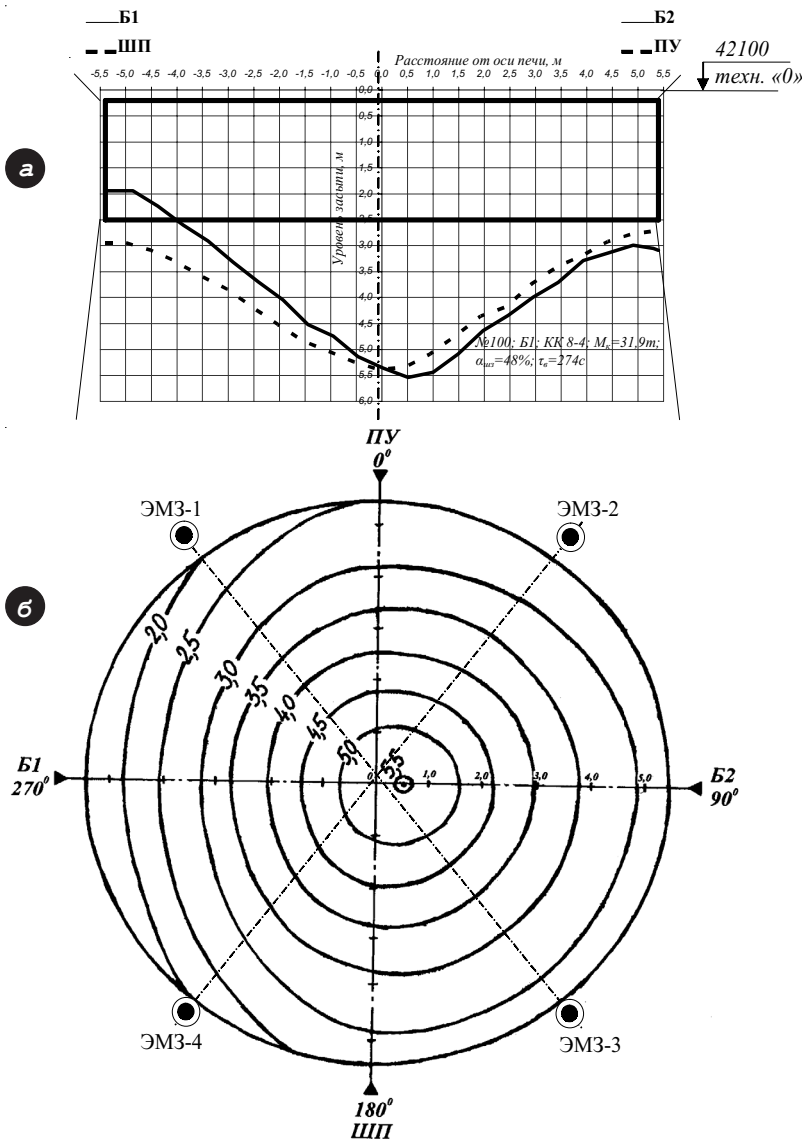


Рис. 1. Профиль поверхности засыпки на колошнике ДП№9 после выгрузки порции кокса в период загрузки печи перед ее задувкой: а) вертикальные сечения Б1-Б2 и ШП-ПУ; б) горизонтальный разрез (числовые значения около линий – уровень точек поверхности засыпки), м

(рис.1). Диаметр воронки (между точками геометрических гребней профиля засыпки) достигал 9,2-10,0 м. Наличие значительной объемной осевой воронки с углами откоса 27–35° и глубиной более 2,0 м создало предпосылки для попадания значительной части крупных фракций кокса и рудных материалов, а также окатышей в центральную зону печи при выгрузке их на низкий уровень засыпки из 8...7 угловых положений лотка БЗУ.

В 2004 г. согласно технологическому заданию ИЧМ на колошнике ДП-9 впервые в СНГ была установлена радиолокационная система измерения профиля поверхности засыпки (рис. 2). После сдачи системы в эксплуатацию и последующей ее доработки с целью совершенствования алгоритмов представления информации, появилась возможность проведения исследований, направленных на оценку состояния параметров профиля поверхности засыпки и скоростей опускания шихты по радиусам и окружности колошника печи [1]. Ниже представлены

результаты анализа смещения (эксцентриситета) воронки профиля поверхности засыпки относительно оси печи.

Оценка выполнялась с помощью радиолокационной системы измерения профиля засыпки шихты, при используемых на ДП-9 программах загрузки и параметрах дутьевого режима для четырех периодов стабильной работы печи:

- период I (16.10.04, смена 3) – загрузка 10 циклов по программе: К 3-1; АШ₀ 9-6; К 8-5; АО 9-3; КО 3-1; КШ₀ 8-4; АО 8-4; К 8-4; АО 9-3, где К, А, О, Ш₀ – кокс, агломерат, окатыши, шлак обогащенный; 9...1 – угловые позиции наклона лотка БЗУ; масса рудной части подачи (M_p) – 120,7 т, рудная нагрузка – 3,81 т/т кокса. Выгрузка шихты в печь осуществлялась при вращении лотка БЗУ против часовой стрелки (левое вращение) в течение 8-16 часов;

- период II (16.11.04, смена 1) – загрузка 13 циклов по программе: К 3-1; АШ₀ 9-6; АО 6-3; К 8-4; А 9-6; АО 6-3; К 8-4; (загрузка порций АО 6-3 с целью поддержания заданного уровня засыпки осуществлялась «следом» без «меры»); M_p = 163,6 т, рудная нагрузка – 3,80 т/т кокса; загрузка шихты при левом вращении лотка БЗУ, в течение 16-24 часов;

- период III (25.03.05, смена 1) – загрузка 9 циклов по программе: К 3-1; АШ₀ 9-5; К 8-4; АО 9-4; К 4-1; К (Ш₀) 8-4; АО 9-4; К 8-4; АО 9-3; M_p = 115 т, рудная нагрузка – 3,86 т/т кокса. Вращение лотка БЗУ правое в течение 16-24 часов.

- период IV (24.06.05, смена 1) – загрузка 9 циклов по программе: К 3-1; А 9-5; К 8-4; АО 9-3; К 4-1; К 8-4; АШ₀ 9-4; К 7-3; АО 9-3; вращение лотка БЗУ – правое.

Информация о состоянии профиля поверхности засыпки представляется по двум диаметрам (измерения по 8-ми радиусам уровней засыпки приводятся к двум диаметрам). Профили поверхности засыпки образуются в результате кусочно-линейной интерполяции точек поверхности засыпки, полученных в результате измерений с помощью радиолокационных измерителей. Координаты (X,Y) центральной точки профиля поверхности засыпки (X_u, Y_u), где X – смещение точки профиля поверхности засыпки относительно оси печи, Y – расстояние от технологического нуля до поверхности засыпки, рассчитываются в соответствии с разработанной методикой [9]:

– в случае выгрузки осевых порций шихты на угловых позициях лотка 41 координаты (X,Y) точки поверхности засыпки в осевой зоне печи могут быть получены с помощью приведенных ниже выражений:

Таблица. Пределы изменения положения центральной точки профиля поверхности засыпи относительно оси печи для различных периодов ее работы

Период работы печи, дата	Программа загрузки: угловые позиции лотка БЗУ: 9...1								
	Шихтовые материалы: А – агломерат, О – окатыши, Ш ₀ – шлак обогащенный, К – кокс.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отклонение центра воронки профиля поверхности засыпи относительно оси печи, м $X_{II}^{\min} - X_{II}^{\max} / \sigma_{X_{II}}$									
	К 3-1	АШ ₀ 9-6	К 8-5	АО 9-3	КО 3-1	КШ ₀ 8-4	АО 8-4	К 8-4	АО 9-3
Период I, 16.10.04	0,000-0,000	-0,340-0,268 0,227	-0,429-0,377 0,250	-0,291-0,307 0,218	0,000-0,000 0,000	-	-0,130-0,55 0,295	0,491-0,532 0,013	-0,282-0,040 0,093
	К 3-1	АШ ₀ 9-6	К 8-5	АО 9-3	КО 3-1	КШ ₀ 8-4	АО 8-4	К 8-4	АО 9-3
	0,000-0,000	-0,35-0,533 0,264	-0,391-0,436 0,270	-0,397-0,099 0,099	0,000-0,000 0,000	-0,121-0,55 0,324	-0,4-0,018 0,218	0,415-0,584 0,046	-0,387-0,091 0,102
Период II, 16.11.04	К 3-1	АШ ₀ 9-6	АО ¹⁾ 6-3	К 8-4	А 9-6	АО ¹⁾ 6-3	К 8-4	-	-
	0,000-0,000	-0,160-0,418 0,181	-0,343-0,367 0,222	-0,186-0,408 0,175	-0,201-0,022 0,076	-0,280-0,107 0,104	-0,41-0,440 0,245	-	-
Период III, 25.03.05	К 3-1	АШ ₀ 9-6	АО ¹⁾ 6-3	К 8-4	А 9-6	АО ¹⁾ 6-3	К 8-4	-	-
	0,000-0,000	-0,4-0,4 0,217	-0,4-0,383 0,374	-0,317-0,043 0,086	-0,252-0,340 0,163	-0,4-0,4 0,302	-0,42-0,184 0,197	-	-
Период IV, 24.06.05	КО 3-1	А 9-5	К 8-4	АО 9-4	К 4-1	КШ ₀ 8-4	АО 9-4	К 8-4	АО 9-3
	0,000-0,000	-0,133-0,116 0,086	-0,201-0,128 0,116	-0,206-0,311 0,162	0,000-0,000 0,000	-0,283-0,441 0,226	-0,139-0,433 0,181	-	-0,145-0,260 0,160
Период V, 24.06.05	КО 3-1	А 9-5	К 8-4	АО 9-4	К 4-1	КШ ₀ 8-4	АО 9-4	К 8-4	АО 9-3
	0,000-0,000	-0,288-0,160 0,146	-0,154-0,133 0,010	-0,205-0,278 0,183	0,000-0,000 0,000	-0,174-0,075 0,088	-0,193-0,301 0,218	-0,095-0,058 0,019	-0,158-0,083 0,096
Период VI, 24.06.05	КО 3-1	А 9-5	К 8-4	АО 9-3	К 4-1	КШ ₀ 8-4	АШ ₀ 9-4	К 7-3	АО 9-3
	0,000-0,000	-0,216-0,229 0,198	-0,389-0,196 0,136	-0,381-0,257 0,272	0,000-0,000 0,000	-0,321-0,214 0,179	-0,245-0,181 0,158	-0,518-0,388 0,127	-0,239-0,018 0,106
Период VII, 24.06.05	КО 3-1	А 9-5	К 8-4	АО 9-3	К 4-1	КШ ₀ 8-4	АШ ₀ 9-4	К 7-3	АО 9-3
	0,000-0,000	-0,205-0,114 0,042	-0,117-0,139 0,132	-0,291-0,117 0,147	0,000-0,000 0,000	-0,368-0,221 0,214	-0,400-0,388 0,272	-0,409-0,089 0,267	-0,277-0,006 0,130

¹⁾ Загрузка порций АО 6-3 без «меры»

X_{II} соответственно по диаметрам МЗ-1–МЗ-3 и МЗ-2–МЗ-4 для первого периода работы печи. Как видно из рис. 3 и 4 смещение центра воронки относительно оси печи наблюдается по диаметру МЗ-2–МЗ-4, в то время как по диаметру МЗ-1–МЗ-3 центр воронки смещен на величину 0,5 – 0,55 м от оси, в направлении МЗ-3. Одним из возможных объяснений этого может быть влияние выпусков продуктов плавки, которые производились в этот период на 2-ую и 4-ую летки, расположенные по диаметру МЗ-2–МЗ-4. Причиной смещения центра воронки по радиусу ось–МЗ-3 (рис. 3) может быть некорректное измерение уровня одним из измерителей, вызванное установкой под ним защитной пластины, не соответствующей заданным требованиям. Однако, для трех остальных периодов работы печи, однозначной зависимости смещения центральной точки профиля поверхности засыпи от работы леток не наблюдалось, что может быть объяснено влиянием ряда технологических параметров процесса, отличных от первого периода.

Исследования четырех периодов работы доменной печи позволили определить возможные пределы изменения положения центральной точки профиля поверхности засыпи относительно оси печи при ровном ее ходе и определить наибольшую величину ее смещения, составляющую 0,5 м. Изучение зависимости положения воронки от работы чугуна леток, а также определение других технологических параметров, влияющих на положение воронки, требуют проведения дополнительных исследований на основе представительной выборки статистических данных о профилях поверхности засыпи при различных параметрах доменного процесса.

Выводы

В работе представлены экспериментальные данные измерения особенностей смещения центра воронки относительно оси печи большого объема при ста-

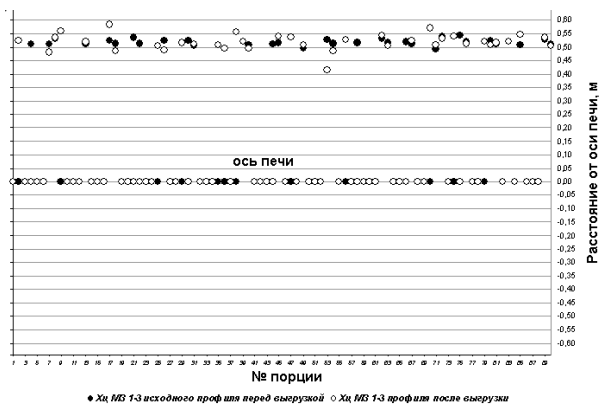


Рис.3. Изменение координаты центральной точки профиля поверхности засыпи шихты по диаметру М3-1–М3-2 для первого периода работы печи

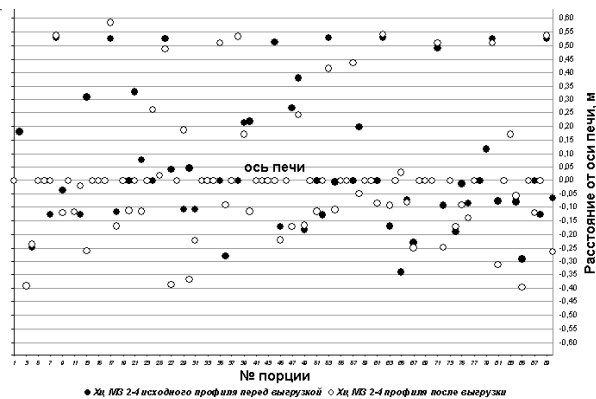


Рис.4. Изменение координаты центральной точки профиля поверхности засыпи шихты по диаметру М3-2–М3-4 для первого периода работы печи

бильном ее ходе и при использовании различных программ загрузки. Эти данные, полученные с помощью автоматизированной системы измерения профиля и обработки измерений при помощи специального программного обеспечения, открывают новые возможности анализа особенностей изменения профиля, образования и смещения осевой воронки при различных режимах работы печи. Получение, обработка и анализ таких данных позволят установить связь изменений профиля поверхности засыпи с технологическими параметрами хода доменной плавки.

Библиографический список

1. Доменное производство "Криворожстали". Монография колл. авторов под ред. чл.-корр. В.И.Большакова. ИЧМ НАНУ, "Криворожсталь". Дн-ск, Кр. Рог. 2004. – 378 с.
2. Особенности представления информации, полученной радиолокационным профилемером / В.И. Большаков, Ю.С.Семенов, И.Г.Муравьева // Тр. ИЧМ. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Вып. 9. 2004. - С.45–50.
3. Поверхность засыпи шихты и её связь с параметрами доменной плавки / С.А.Бадин, М.Т.Бузовера, Г.Ю.-Воронин, С.Т.Шулико. // Сб. тр. ИЧМ Фундаменталь-

ные и прикладные проблемы черной металлургии. К.: Наукова думка, 1995. – С.77–85.

4. Integrated Use of Burden Profile Probe and In-Burden Probe gas flow control in the Blast Furnace / F. Boedemann, W.H.Hartig, H.J.Grisse et al. // Ironmaking Conference Proceedings, 1995. v.54. P.259–270.
5. Большаков В.И., Муравьев И.Г. Перспективы управления ходом доменной печи с использованием результатов измерения профиля засыпи // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2004. - № 4. – С.81–84.
6. Пугачев А.В., Воронов Ю.Г. Влияние положения воронки засыпи шихты на производительность доменной печи // Сталь. - 1966. - № 10. – С.883 – 884.
7. Халецкий Б.Е. Идентификация состояния поверхности шихтовых материалов на колошнике доменной печи // Сталь. – 1982. - № 5. – С.10–11.
8. Формирование рационального столба шихтовых материалов в доменной печи / В.И.Большаков, Н.А.Гладков, С.Т. Шулико, Ф.М. Шутьев и др. // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2004. - № 5. – С.7–12.
9. Способ определения профиля поверхности засыпи шихты на колошнике доменной печи / В.А. Шермет, В.С. Листопадов, В.И. Большаков и др. / Декл. пат. №9308, Бюл. №8, 2005. Опубл. 15.09.05.

Поступила 30.01.06



Научно-технический и производственный журнал "МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ И ГОРНОРУДНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ"

Единственное в Украине специализированное издание, освещающее все проблемы горно-металлургического комплекса!

Продолжается подписка на журнал
"МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ И ГОРНОРУДНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ" на 2006 г.
Стоимость 1 экз. журнала - 200 грн.; 1 комплекта на год - 1200 грн.
Индекс в каталоге "Укрпочта", "Роспечать" 74311
Подписаться можно в редакции, перечислив на р/с ООО "НИИ
"Укрметаллургинформ" необходимую сумму.
Контактный телефон 0562-46-12-92, факс 46-12-95

На сайте www.metinfo.dp.ua - содержание последнего номера журнала с аннотацией на русском и английском языках.

Журнал для тех, кто работает в металлургии и для металлургии !