

А.С. Заспенко, К.Г. Низяев, Л.С. Молчанов, Б.М. Бойченко,

А.Н. Стоянов, Е.В. Синегин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ГЛУБИНЫ ВАННЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРОВ МАЛОЙ ЕМКОСТИ

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме анализа геометрических параметров рабочего пространства кислородного конвертера в ходе эксплуатации. В ней представлена математическая модель зависимости глубины конвертерной ванны от длительности эксплуатации конвертера. Полученная модель базируется на статистических данных о средней скорости разрушения огнеупорной футеровки в кислородных конвертерах.

Ключевые слова: кислородный конвертер, футеровка, глубина ванны, математическая модель, рабочее пространство.

Постановка проблемы

На современном этапе развития производства стали очень остро становиться вопрос эффективности и согласованности работы всего комплекса технологического оборудования. Особенно усложняется данная ситуация при использовании кислородных конвертеров. При этом производственный цикл всего сталеплавильного передела лимитируется стойкостью огнеупорной футеровки [1, 2]. В сложившейся ситуации, для более эффективной организации производственного цикла (снижения времени простоев основного и вспомогательного технологического оборудования, минимизации преждевременного выхода из строя технологического оборудования) большую ценность представляют сведения позволяющие прогнозировать изменение геометрических параметров рабочего пространства кислородного конвертера.

Анализ публикаций по теме исследования

На современном этапе развития сталеплавильного производства процессы производства стали в кислородных конвертерах являются

достаточно изученными [3 – 5]. При этом основное внимание авторов направленно на изучение физико-химической [4 – 8] и тепловой [9, 10] сторон данного процесса.

Таким образом на современном этапе существует достаточно полная и подробная физико-химическая модель разрушения переклазоуглеродистых огнеупорных материалов в процессе эксплуатации [11 – 13]. В соответствии с ней основной механизм разрушения осуществляется за счет взаимодействия углеродистой связки с оксидами железа шлаковой фазы и окислительной газовой фазой.

Цель и задачи исследований

Динамика изменения геометрических параметров рабочего пространства кислородного конвертера в процессе разрушения огнеупорной футеровки является малоизученной, поэтому целью данного исследования является получение математической модели изменения глубины ванны в процессе эксплуатации футеровки.

Основная часть

В ходе эксплуатации футеровка кислородного конвертера разрушается неравномерно. Так скорость разрушения околоаппенных зон и днища очень розниться. Ввиду этого в производственных условиях учет разрушения футеровки проводят посредством измерения толщины рабочего слоя огнеупорных материалов в указанных зонах. При этом полученные результаты совмещаются с масштабным чертежом рабочего пространства (рисунок 1). Как видно из приведенных на нем данных разрушение футеровки, наиболее значимо влияет на изменение глубины ванны (исходя из постоянства ёмкости металлургического агрегата).

Данные о средней скорости разрушения огнеупорных материалов в рабочем пространстве кислородного конвертера приведены в таблице 1. С целью проведения расчётов, для новой футеровки конвертера, объём ванны был разделен на 4 элементарные цилиндрические участка. Для каждого из которых было установлено фактическое значение. Далее исходя из данных таблицы 1 определяли, на сколько увеличиться диаметр каждого из цилиндров. На дальнейшем этапе рассчитывался текущий объём и, исходя из разницы между ним и объёмом новой футеровки конвертера, определяли изменение глубины конвертерной ванны. Численное значение изменения глуби-

ны конвертерной ванны рассчитывалось по средству платформы «Поиск решения» Microsoft Excel.

Таблица 1

Анализ влияния длительности эксплуатации на скорость износа футеровки (мм / плавку) кислородных конвертеров

№ п/п	Сведения о компании	Длительность кампании, %		
		30	60	100
1	Конвертер 50 т. Дюферко – 1730пл.	0,8	0,75	н/д
2	Конвертер 50 т Далмонд – 2046пл.	0,86	0,58	н/д
3	Конвертер 50 т Hagima – 2075пл.	0,58	0,51	0,48
4	Конвертер 50 т RXI – 2259пл.	0,49	0,39	0,38
5	Конвертер 50 т Далмонд – 2273пл.	н/д	0,37	0,32
Среднее значение		0,6825	0,52	0,3933

н/д – нет данных.

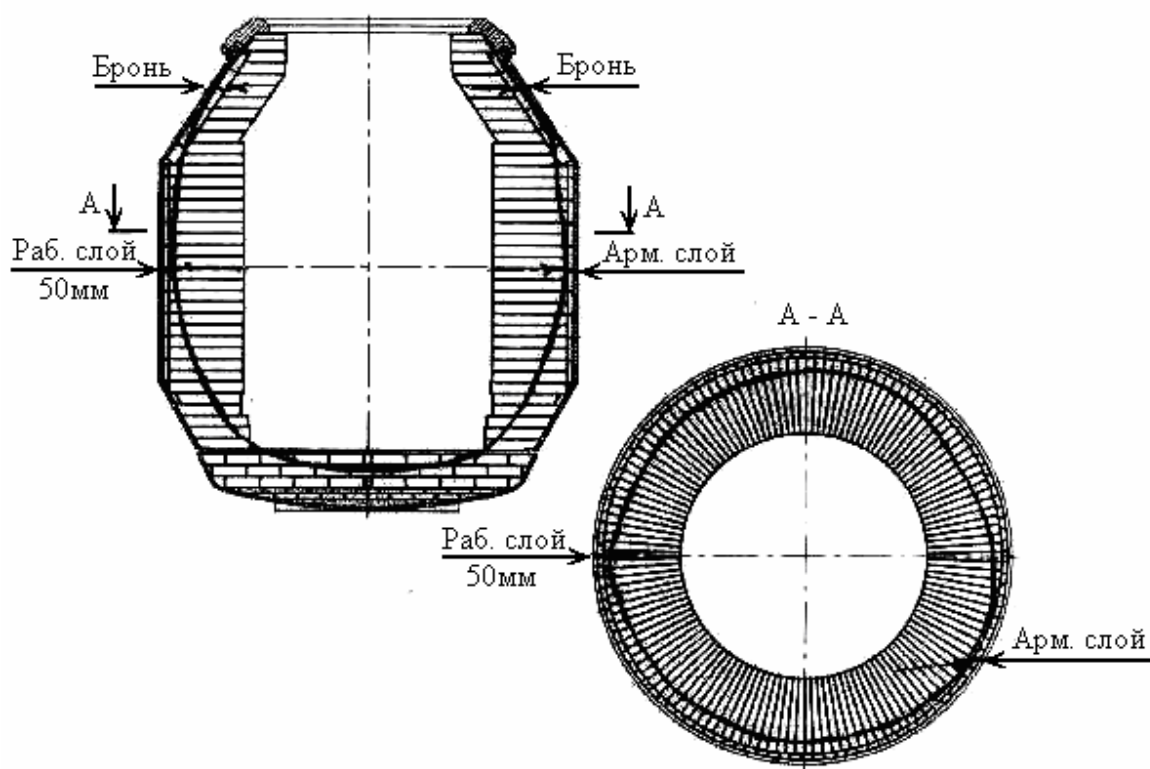


Рисунок 1 – Топография разрушения футеровки «Долмонд» 50 т конвертера, находившегося в процессе эксплуатации в течение 2273 плавов

Кроме того, анализ данных (представленных в таблице 1) показывает что, скорость износа футеровки является неравномерной на протяжении всей кампании конвертера. Наибольший износ претерпевает футеровка в первой трети кампании эксплуатации кислородных конвертеров. С одной стороны это может быть объяснено более интен-

сивным применением операции по раздувке конечного шлака во второй половине кампании конвертера с целью поддержания состояния футеровки в рабочем состоянии. Однако нельзя пренебрегать и характером взаимодействия кислородной струи с жидкой ванной.

Учитывая выше изложенные сведения, была построена модель изменения глубины ванны в процессе эксплуатации конвертера (рисунок 2). Полученные результаты показывают, что по ходу кампании конвертера жидкая ванна углубляется почти на 20 мм. При этом в значительной степени изменяется структура реакционной зоны и характер взаимодействия кислородных струй с жидким металлом.

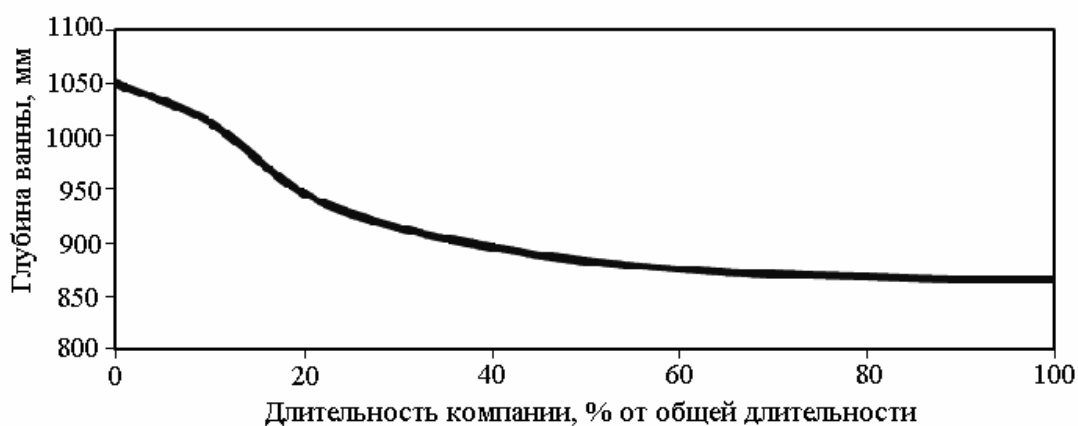


Рисунок 2 – Зависимость глубины ванны кислородного конвертера от длительности эксплуатации

Полученная зависимость изменения глубины ванны кислородного конвертера позволила сделать вывод о необходимости корректировки дутьевого, шлакового и шихтового режимов конвертерной плавки. Проведение корректировочных операций позволяет оптимизировать гидродинамические и тепло- массообменные процессы, протекающие в конвертере в различные периоды его эксплуатации.

Учитывая, что графическая интерпритация полученной зависимости сложна для задействования в АСУ ТП кислородного конвертера, то по средству их аппроксимации было получено следующее математическое уравнение:

$$L_{pz} = 0,000209346 \cdot e^{\frac{\tau}{100000}} + 0,000555 \cdot \tau^2 + 450,3635, \text{ мм}, \quad (1)$$

где L_{pz} - глубина реакционной зоны, мм;

τ - длительность эксплуатации огнеупорной футеровки конвертера, % от общей длительности.

В качестве параметра, определяющего адекватность полученной математической модели, использовался коэффициент детерминации, который составил 0,99993, что свидетельствует о высокой точности полученного уравнения.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

1. На основании выполненных исследований установлен неравномерный характер динамики разрушения футеровки кислородного конвертера.

2. Расчётным путём, на основании статистических данных, получена зависимость глубины ванны конвертера от длительности эксплуатации футеровки.

3. Полученная математическая зависимость отличается высокой достоверностью и пригодна для прогнозирования глубины ванны 50 т кислородных конвертеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойченко Б.М. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2006. – 456с.
2. Баптизманский В. И. Теория кислородно-конвертерного процесса. — М.: Металлургия, 1975.—375с.
3. Аксельрод Л.М., Лаптев А.П., Устинов В.А., Геращук Ю.Д. Повышение стойкости футеровки конвертеров: огнеупоры, технологические приемы // Металл и литье Украины. – 2009. - № 1-2. – с.9-15.
4. Шульга В. О. Исследование условий эксплуатации огнеупорной футеровки конвертера // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. - № 6/5. – с.6-8.
5. Датукашвили Д.О., Можжерин А.В., Дука А.П., Мусевич В.А. Опыт эксплуатации рабочей футеровки 350-т конвертера в КЦ-2 ОАО «НЛМК» // Новые огнеупоры. – 2011. - № 11. – с.3-5.
6. Гуденау Х.В., Х. Нефе, Р. Хёффкен, А. Бааске, Р. Бертлинг. Методы исследования характера износа огнеупорных футеровок конвертеров // Черные металлы. – 1997. - №5. – с. 23-29.
7. Валуев А. Г., Говгаленко И. В., Афанасьев И. Г. Опыт эксплуатации периклазоуглеродистой футеровки конвертера из изделий производства РНИ // Новые огнеупоры. – 2011. - №3. - с.103-105.

8. Чиграй И.Д., Нехорошев А.Н., Колпаков С.В., Борисов В.Г. Андрющенко А.Н. Исследование зависимости стойкости футеровки от технологических параметров плавки // Сталь. – 1971. - №9. - с.798-801.
9. Колпаков С.В. Технология производства стали в современных конвертерных цехах / Колпаков С.В., Старов Р.В., Смоктий В.В. - М.: Машиностроение, 1991. – 464с.
10. Величко А.Г., Бойченко Б.М., Низяев К.Г., Стоянов А.Н., Ситало А.А., Молчанов Л.С. Оценка тепловой работы 350-т конвертеров. // Теория и практика металлургии. – 2011. - №5 – 6. – С. 8 – 11.
11. Зражевский А.Д., Альперович Я.Л., Егоров Ю.Г., Охотский В.Б. Анализ причин износа футеровки конвертера // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 1996. - №.4. - С. 16-18.
12. Пищида В.И., Бойченко Б.М., Низяев К.Г., Кравец С.Н., Тарнавский М.С., Шибко А.В. Служба периклазоуглеродистых огнеупоров в горловине конвертера // Новые огнеупоры. - 2005. - №2. - с.23-25.
13. Пищида В.И., Бойченко Б.М., Низяев К.Г., Кравец С.Н. Служба периклазоуглеродистых огнеупоров в шлаковом поясе конвертера // Новые огнеупоры. - 2005. - №1. - с. 29-31.