

Секція: ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 669.184:658.012.011.66

В.С. Богусhevский, докт. техн. наук, проф., К.В. Егоров

Национальный технический университет Украины «КПИ», Украина

**КОМПЛЕКСНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ И ИХ СВЯЗЬ С
ПРОЦЕССОМ**

V.S. Bogushevskiy, Dr., Prof., K.V. Egorov

**THE COMPLEX PARAMETERS OF THE BOF MELTING AND THEIR
RELATIONSHIP WITH THE PROCESS**

Известно большое количество методов контроля параметров ванны. Методы основаны на законах термодинамики [1], кинетики [2], использовании статистических зависимостей [3]. Как правило, известные методы являются достаточно сложными, характеризуются отсутствием обратной связи от хода процесса, приводят к удовлетворительным результатам только в узком диапазоне изменения начальных и конечных параметров процесса. Часто эти методы позволяют контролировать только один выходной параметр – содержание углерода в ванне или ее температуру.

Таким образом, использование известных методов приводит к ошибкам в результатах измерения и как следствие к неоптимальному управлению конвертерной плавкой.

Целью исследований является непрерывное получение информации о ходе конвертерного процесса по косвенным параметрам плавки.

Общую схему управления динамикой кислородно-конвертерной плавки можно представить в виде программного управления по ходу продувки и корректирующего регулирования на основе контроля выходных параметров объекта.

Нами проведены исследования по выявлению связей между выходными параметрами процесса и косвенными измерениями. Так, по данным, полученным на 160-тонном конвертере, сделан вывод, что температурный перепад охлаждающей воды на кессоне Δt_k тесно связан со скоростью обезуглероживания v_c (взаимнокорреляционная функция $R_{\Delta t_k v_c}$ характеризуется коэффициентом корреляции 0,965 с временем запаздывания сигнала $\Delta \tau = 0,67$ мин), равно как и температурный перепад на фурму ($R_{\Delta t_{\text{ф}} v_c} = 0,825$; $\Delta \tau = 1,3$ мин). При этом время чистого запаздывания для фурмы составляет 10 с, для кессона 30 с. Исследована связь между скоростью обезуглероживания ванны конвертера и давлением отходящего газа в переходном газоходе. Установлено, что давление газа p отражает изменение скорости обезуглероживания ванны конвертера на всем протяжении продувки ($R_{pv_c} = 0,96$; $\Delta \tau \approx 0$).

Возможны два подхода к определению выходных параметров: построение многоканальной системы распознавания технологических ситуаций или составление системы уравнений контроля по ходу продувки с использованием нескольких параметров.

При использовании принципа двухуровневого распознавания на нижнем уровне осуществляется распознавание ситуации отдельно по каждой измеряемой переменной, а окончательное решение формируется на втором этапе с учетом общего числа обрабатываемых косвенных параметров и информативности каждого из них. Повышение надежности достигается за счет структурной избыточности многоканальных систем контроля и независимости выборки индивидуальных решений по всем информационным каналам. При этом могут рассматриваться как некоторые расчетные величины (средние значения, дисперсии и т.д.), так и различного рода структурные признаки (координаты характерных точек и участков кривых). Общая постановка задачи двухуровневого распознавания соответствует модельной схеме теории группового выбора.

Первый подход был применен нами для определения момента перехода к периоду обезуглероживания ниже критических массовых долей, при которых остаточная доля углерода пропорциональна скорости его окисления. В качестве признаков z_i ($i = 1, \dots, 4$) использовали кривую изменения скорости обезуглероживания, определенную по анализу отходящего газа, поверхностные плотности теплового потока на фурму и кессон, давление отходящего газа в переходном газоходе. В качестве ситуаций a_j ($j = 1, 2$) приняли наличие перехода к периоду обезуглероживания ниже критических массовых долей. Этот подход позволил повысить точность контроля массовой доли углерода в металле в диапазоне его содержания 0,20...0,45 % на 0,015 %.

Реализация второго подхода осуществлена при определении динамических параметров плавки. Система уравнений включает четыре уравнения, составленных на основе баланса кислорода и тепловых балансов в ванне конвертера, газов на выходе из горловины конвертера и для участка переходного газохода охладителя конвертерных газов. Решая ее, определим скорость изменения температуры ванны, скорости обезуглероживания металла и выгорания железа и коэффициент, характеризующий степень дожига CO в CO_2 .

Экспериментальная проверка динамической модели показала удовлетворительное отражение системой процессов, происходящих в ванне конвертера. Модель позволяет непрерывно по ходу продувки определять скорости обезуглероживания со среднеквадратичным отклонением $\sigma = 0,0078$ %/мин, изменения температуры ($\sigma = 10,6$ °C) и окисления железа ванны ($\sigma = 0,82$ %), а также степень дожига CO в CO_2 в полости конвертера ($\sigma = 0,026$).

Непрерывное определение выходных параметров плавки позволяет организовать оптимальное управление последней, ибо изменение управляющих параметров может приводить к совершенно различному изменению выходных параметров процесса. Так, увеличение расхода дутья в разных интервалах его абсолютного значения приводит к противоположным результатам по эффективному усвоению кислорода ванной. То же касается расстояния сопла фурмы до уровня спокойной ванны.

Возможны два подхода к определению выходных параметров: построение многоканальной системы распознавания технологических ситуаций или составление системы уравнений контроля по ходу продувки с использованием нескольких параметров. Первый подход предпочтительный при нахождении узловых точек при определении характера изменения выходных параметров, второй – при исследовании динамики изменения взаимосвязанных параметров.

Литература

1. Богушевский В.С., Сергеева Е.А., Жук С.В. Модель переноса массы и теплоты в квазигомогенном приближении // MANTRIFLY VI MIEDZYNARODO- WEJ NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI “NAUKOWA PRZESTRZEC EUROPY-2010”, Przemysl, 7-12, 2010, Vol. 19, с. 27 – 32.
2. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С.: Підручник / Конвертерне виробництво сталі (теорія, технологія, якість сталі, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія). – Дніпропетровськ: РВА „Дніпро-ВАЛ”, 2004. – 454 с.
3. Реализация модели управления конвертерной плавкой в системе принятия решений / Богушевский В.С., Сухенко В.Ю., Сергеева Е.А., Жук С.В.// Автоматика. Автоматизация. Электричні комплекси та системи. – 2010. – № 1 (25). – С. 101 – 105.