

2. *Bogyshevskiy V., Sharbatian M., Sukhenko V.* System for the BOF Process Control // The advanced Science open access Journal. – V. 5. – 2013. – P. 23 – 27.

3. *Охотский В. Б., Рубан В. В.* Инфразвук в шуме продувки в конвертере // Известия вузов. Чер. металлургия. – 1990. - № 6. – С. 24 – 26.

4. *Богушевський В. С., Зубова К. М.* Математичне моделювання конвертерного процесу за енергозберігаючою технологією // Технологічні комплекси. – 2013. – № 2 (8). – С. 32 – 38.

5. *Богушевський В. С., Сергеева К. О.* Модель доводки киснево-конвертерної плавки сталі за заданою температурою і вмістом вуглецю // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2014. – №2. – С. 39 – 45.

УДК 669.184:001.891.573

В. С. Богушевский, В. Ю. Сухенко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев

КОНТРОЛЬ УРОВНЯ РАСПЛАВА В ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ

В настоящее время уровень жидкого металла в индукционных печах контролируется с использованием подвижного контактного электрода. Недостатком этого устройств является нестабильность контроля, связанная с изменением длины электрода в процессе эксплуатации (длина электрода увеличивается из-за «намерзания» на нем переплавляемого металла).

Целью исследований является повышение точности контроля уровня металла.

Результаты исследований. Переменный поток $\bar{\Phi}_1$, создаваемый током индуктора, индуцирует в садке вторичный ток, создающий магнитный поток $\bar{\Phi}_2$, компенсирующий поток $\bar{\Phi}_1$. Суммарный магнитный поток $\bar{\Phi}_\Sigma$, Вб, равный

$$\bar{\Phi}_\Sigma = \bar{\Phi}_1 + \bar{\Phi}_2, \quad (1)$$

наводит в измерительном витке, расположенном над индуктором и используемом в качестве датчика уровня ЭДС индукции E , В.

Рассматривая индукционную печь как воздушный трансформатор, действующее значение ЭДС, наводимой в витке, можно представить в виде

$$E = If(h) = \frac{U \cos \phi}{R_3} f(h), \quad (2)$$

где I – действующее значение тока индуктора, А; $f(h)$ – некоторая функция от уровня h , м, расплава, В/А; U – действующее значение напряжения питания индуктора, В; $\cos \phi$ – косинус сдвига фаз между током и напряжением (коэффициент мощности); R_3 – активное эквивалентное сопротивление системы индуктор-садка, Ом.

Таким образом, действующее значение ЭДС, наводимой в витке, прямопропорционально напряжению питания индуктора и коэффициенту мощности. Для исключения влияния этих параметров, изменяющихся в зависимости от условий работы печи, на точность контроля уровня расплава в качестве контролируемой величины выбрали величину ψ , равную отношению $E/(U \cos \phi)$

$$\psi = \frac{f(h)}{R_3}. \quad (3)$$

По ходу расплавления шихты (твердой фазы) значительно изменяется активное эквивалентное сопротивление R_3 системы индуктор-садка.

Поэтому достоверно уровень расплава можно контролировать после полного расплавления шихты, т.е. когда R_3 практически уже не изменяется.

Допуская, что магнитное поле равномерно распределяется по всей высоте как индуктора, так и садки, глубина проникновения тока в садке мала, и, пренебрегая активным сопротивлением садки, величину ψ можно представить в виде

$$\psi = k \left(D - \frac{d^2 H}{DH} \right), \quad (4)$$

где k – коэффициент пропорциональности, м^{-1} ; D – внутренний диаметр индуктора, м; d – средний диаметр садки, м; H – высота индуктора, м.

Отсюда статическую зависимость для определения уровня расплава в тигле можно представить в виде

$$h = k_1 k_2 \psi = k_1 \frac{k_2 E}{U \cos \phi}, \quad (5)$$

где k_1 , k_2 – статистические коэффициенты, зависящие от геометрических размеров и электрических характеристик индуктора и садки, м.

Так как тигель с течением времени изнашивается, то по мере износа его внутренний диаметр (средний диаметр садки) увеличивается. В первом приближении влияние износа футеровки на величину уровня расплава, рассчитанную по формуле (5), можно учесть введением поправки

$$h = k_1 \frac{k_2 E}{U \cos \phi} + \Delta N, \quad (6)$$

где Δ – средняя за сутки поправка величины уровня расплава, вызванная износом футеровки тигля, м; N – количество суток с начала кампании печи.

В соответствии с экспериментальными данными, полученными для печи ИАТ-1: $k_1 = 1,36$ м; $k_2 = 4,7$ м; $\Delta = 7,6 \cdot 10^{-4}$ м.

Применение устройства в составе АСУ ТП индукционной печи дает возможность вести процесс плавки металла и его хранения с меньшими энергозатратами.

Список литературы

1. *Богушевский В.С., Ларионов А.А., Буга И.Д., Рюмшин Н.А., Сорокин Н.А.* АСУТП конвертерного производства и специальной электрометаллургии. - К.: НПК «Киевский институт автоматики», 1997. — 292 с.

УДК 669.184

В. С. Богушевский, Ю. И. Сырбу

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ СТАЛИ

Себестоимость единицы продукции аддитивно отражает все виды затрат: материальные, энергетические, трудовые и др. Основная часть затрат состоит из расходов на сырье и материалы (82 – 88 %). Расходы по переделу и общезаводские составляют 10 – 15 %. Наибольшие затраты – на металлошихту, особенно на переделный чугун. Поэтому возникает необходимость в выборе оптимального соотношения чугуна и лома в шихте.

Как правило, для сведения теплового баланса используют охлаждающие добавки извести, известняка или железной руды. При этом снижают массу перерабатываемого лома, что вызывает увеличение себестоимости стали. При избыточной массе загружаемого лома продувка протекает с отрицательным