

3. Василенко Л.Б. Основи безпеки життєдіяльності. 10 клас. Матеріали до уроків: посібник для вчителя. – Харків: Веста: Видавництво «Ранок», 2011. – 208 с.
4. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підруч. для студ. вищих навч. закладів. За ред. М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2004. – 408 с.
5. Джигирей В.С., Жидецький В.Ц. Безпека життєдіяльності. Підручник. – Львів: Афіша, 2009. – 256 с.
6. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України I-IV рівнів акредитації / За ред. Є.П. Желібо. – К.: «Каравела», 2008. – 328 с.
7. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. – Львів: Піча Ю.В., 2002. – 328 с.
8. Збірник нормативних документів з безпеки життєдіяльності. – К.: Основа, 2004. – 880 с.
9. Коденко Я.В. Основи медичних знань: навч. посіб. для 10-11 кл. серед. загальноосвіт. шк. – К.: Арт – Освіта, 2004. – 159 с.
10. Носенко Е.Л. До проблеми зміни освітньої парадигми // Педагогічний процес: теорія і практика. – К., 2002. – Вип. 2. – С. 77-80.

Петрик А.А.

аспірант,

Запорожская государственная инженерная академия

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДУТЬЕВОГО УСТРОЙСТВА

Размеры и форма реакционной зоны, характер протекающих в ней физических явлений при продувке расплава во многом определяют рациональный подход к выбору конструкции кислородных фурм.

С целью определения оптимальных вариантов конструкции сопел и головки дутьевого устройства, анализа и количественной обработки данных, определения параметров дутьевого режима плавки при продувке металла необходимо выполнить численно – аналитические исследования изучаемого процесса [1].

Движение жидкого металла в зоне продувки можно представить, как циркуляцию расплава конвективными потоками, определяемую теплофизическими и технологическими процессами в реакционной зоне.

Интенсивность перемешивания ванны сталеплавильного агрегата определяется двумя факторами: действием кислородной струи и работой реакции обезуглероживания.

Степень воздействия кислородной струи оценивается на основании величины глубины лунки, а работа реакции обезуглероживания – диаметром реакционной зоны (зоны взаимодействия струи кислорода с расплавом) при сравнении данных величин в одинаковые отрезки времени, при сопоставимой интенсивности продувки и высоте положения фурмы над расплавом.

С целью определения оптимальных характеристик кислородной фурмы, для достижения наилучшего тепломассообмена в сталеплавильной ванне выполнено определение оптимальных диаметров и углов наклона сопел кислородной фурмы к поверхности расплава.

Длину струи газа от сопла до поверхности жидкости, м, находили по формуле:

$$L_c = \frac{H_\phi}{\cos\alpha}, \quad (1)$$

где H_ϕ – высота фурмы над жидкостью, м;

α – угол наклона сопла кислородной фурмы к поверхности расплава, град.

Мощность перемешивания ванны пузырями СО равна работе архимедовых сил при всплывании пузырей. Численное значение критерия Архимеда при образовании лунок на поверхности металла находили по известной формуле:

$$Ar = \left(\frac{\rho_\Gamma}{\rho_{ж}}\right) * \left(\frac{U^2}{g * d_0}\right), \quad (2)$$

где U – скорость струи на уровне входа в жидкость, м/с;

d_0 – характерный линейный размер (диаметр сопла), м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$\rho_{ж}$ и ρ_Γ – плотность жидкости (расплав чугуна и лома) и газа (кислород), кг/м³;

Максимальную скорость (м/с) на оси струи на уровне входа ее в жидкость определяли по формуле Г.И. Абрамовича [2]:

$$U = U_0 * 0.96 * (d_0/2)/(a_0 * L_c), \quad (3)$$

где a_0 – коэффициент (принимается по [3]);

U_0 – начальная скорость струи на выходе из сопла, м/с;

d_0 – диаметр сопла фурмы, м.

Начальную скорость струи на выходе из сопла (м/с) рассчитывали по выражению:

$$U_0 = \varphi * \sqrt{2 * g * \left(\frac{k}{k-1}\right) * R * T_0 * \left(1 - \frac{p_\infty}{p_{O_2}}\right)^{\frac{(k-1)}{k}}}, \quad (4)$$

где p_∞ и p_{O_2} – давление окружающей среды и газа перед соплом, Па;

k – коэффициент (для кислорода принимается по [3]);

T_0 – начальная температура струй дутья, К;

φ – коэффициент скорости, (принимается по [3]).

Импульс газа (Н) рассчитывали по выражению:

$$I_{O_2} = U * \rho_\Gamma * Q_\Gamma, \quad (5)$$

где Q_Γ – интенсивность подачи кислорода, м³/с.

Коэффициент проникновения струи в жидкость:

$$N_p = \frac{1}{(1,43 * Ar^{0,4})}. \quad (6)$$

Диаметр пятна продувки на поверхности жидкости рассчитывали по формуле:

$$d_x = \left(\frac{U_0}{U}\right) * d_0 * \left(\frac{\rho_\Gamma}{\rho_{\Gamma(x)}}\right)^{0,5}. \quad (7)$$

Радиус пятна продувки на поверхности жидкости рассчитывали по формуле:

$$r_m = d_x/2. \quad (8)$$

Взаимосвязь между величиной глубины проникновения струи в ванну ($h_{л}$) и скоростным напором струи на уровне ванны равна:

$$h_{л} = N_p * \rho_{г(x)} * \frac{U^2}{2} * g. \quad (9)$$

Отсюда взаимосвязь глубины лунки ($h_{л}$) с другими параметрами имеет вид:

$$h_{л} = \left[\frac{1}{(1,43 * Ar_x^{0,4})} \right] * \left(\left(\frac{\rho_{г(x)}}{\rho_{ж}} \right) * \frac{U^2}{2} * g \right). \quad (10)$$

Определение суммарной поверхности лунок для непересекающихся струй при любом количестве сопел в головке фурмы:

$$S_{р.з.} = m * \pi * h_{л} * \left[0,77 * \left(\frac{r_m}{h_{л}} \right)^{1,12} + 0,48 \right]. \quad (11)$$

Или после подстановки уравнения (9) в (11) получим

$$S_{р.з.} = 0,805 * m * \pi * r_m^2 * Ar_x^{0,6} * [Ar_x^{-0,672} + 0,417]. \quad (12)$$

Таким образом, для случая, когда струи на уровне ванны не взаимодействуют друг с другом:

$$S_{р.з.} = 0,805 * F_{г.л.} * Ar_x^{0,6} * [Ar_x^{-0,672} + 0,417]. \quad (13)$$

Из уравнения (13) следует, что на поверхность лунки при продувке, кроме параметров дутьевого режима ($I_{O_2}, N_{ф}, m$), определяющих площадь горячего пятна в реакционной зоне, влияют также скоростные характеристики струи на уровне ванны.

Важнейшим параметром реакционной зоны при продувке ванны сталеплавильного агрегата кислородом является ее диаметр ($D_{р.з.}$), площадь поверхности зоны продувки ($S_{р.з.}$) и глубина внедрения струй дутья ($h_{л}$) в металл [4].

Реакционная зона продувки определяется диаметром. В этой зоне в основном протекает реакция обезуглероживания металла, с выделением максимального количества монооксида углерода (CO).

Диаметр барботажной зоны продувки равен, м:

$$D_{р.з.} = 1,129 * \sqrt{0,805 * \pi * r_m^2 * Ar_x^{0,6} * [Ar_x^{-0,672} + 0,417]}, \quad (14)$$

В условиях, когда струн на уровне ванны не касаются друг друга суммарная площадь реакционной зоны равна сумме реакционных зон от каждой струи.

$$D_{р.з.} = \sum m * D_{р.з.i}, \quad (15)$$

где m – число струй дутья

Глубину лунок ($h_{л}$), м, определяем по формуле Б.Л. Маркова [5], которая устанавливает взаимосвязь между глубиной лунки в металле, длиной струи дутья и потоком импульса дутья:

$$h_{л} = \frac{I_{O_2}}{(\rho_{ж} * g)^{1/3}} * 3,25 * e^{-\frac{0,21 * Lc}{I_{O_2}}} * (\rho_{г} * g)^{1/3}. \quad (16)$$

Выводы:

1. На основании вышеуказанной методики расчета зоны продувки ванны сталеплавильного агрегата струями кислорода при проведении анализа полученных результатов можно подойти вплотную к вопросу определения оптимальных характеристик дутьевого устройства с различными параметрами (углами наклона, диаметрами выходных сопел и др.).

2. Для обеспечения оптимального процесса тепло- и массопереноса в исследуемых агрегатах, необходимо подбирать такие углы наклона и диаметры сопел, чтобы обеспечить оптимальное соотношение «диаметр реакционной зоны-глубина лунки».

Список использованных источников:

1. Марков Б. Л. Физическое моделирование в металлургии / Б.Л. Марков, А.А. Кирсанов. – М.: Металлургия, 1984. – 118 с.
2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович, Т.А. Гиршович, С.Ю. Крашенинников. – М.: Наука, 1984. – 716 с.
3. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука. – 1976. – 888 с.
4. Протопопов Е.В. Вклад кафедры черных металлов в развитие теории и техники высокотемпературного моделирования конвертерной ванны / Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г., Фейлер С.В. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2015. – Том 58. – № 5. – С. 299–308.
5. Марков Б.Л. Методы продувки ванны. – М.: Металлургия, 1975. – 280 с.

Пирогов В.В.

кандидат фізико-математичних наук, доцент;

Якушева Н.О.

студентка,

Центральноукраїнський національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНІВ СТІРЛІНГА

Сучасний розвиток цивілізації не можливий без розвитку двигунів, які, як відомо, використовують для отримання механічної і електричної енергії, світла, тепла і т.д. Найбільш розповсюджений на сьогодні двигун внутрішнього згорання. Але незважаючи на це він має ряд суттєвих недоліків: низький коефіцієнт корисної дії, який досягає в найкращих конструкціях 25–35%, виділення великої кількості шкідливих газів, значний шум і вібрації при роботі, використання великої кількості палива і т. д. Альтернативою двигунам внутрішнього згорання є двигуни зовнішнього згорання Стірлінга, які сьогодні в багатьох розвинутих країнах розглядають як «двигуни XXI століття» [1–4]. До переваг двигуна Стірлінга можна віднести наступні: