

Всплески жидких фаз при верхней кислородной продувке

Составлена модель всплескообразования при верхней кислородной продувке, соответствующая экспериментальным данным.

Ключевые слова: конвертер, кислород, всплески

Выбросы металла и шлака при продувке металла в конвертере являются значительным осложнением процесса, их изучали в технологиях сначала донной, а затем боковой и верхней продувки. Механизм их возникновения может иметь химическую и физическую (механическую) природу. В первом случае они связаны со степенью окисленности металла и шлака, а во втором – с механическим воздействием дутья на ванну, вызывающим всплески жидких фаз.

Так сложилось, что механизм всплескообразования изучали преимущественно японские исследователи как на холодных моделях [1-3], так и в тиглях с жидким металлом [4], обобщив экспериментальные данные выражениями размерного и безразмерного вида. В работе [5] на основе законов сохранения массы и энергии предоставлены экспериментальные данные о всплескообразовании, полученные на кислородных конвертерах (КК) верхнего дутья различной садки. Целесообразно проанализировать процесс с позиций теории волн ускорения [6].

Модель

Когда струя газа плотностью ρ_{ex} , истекающая со скоростью W_{ex} из вынесенного над ванной на высоту h_c сопла диаметром d_{ex} , ударяется о поверхность жидкости плотностью ρ_1 , происходит всплеск, после чего возникающая волна ускорения λ_a вколачивает его назад в ванну со скоростью $u_a = (a\lambda_a / 2\pi)$ (a – ускорение волны, которое зависит от параметров струи по [6], в течение времени движения $\tau_{дв}$). Это вызывает рост нового всплеска высотой $h_{s1} = \lambda_a / \pi$ в течение времени $\tau_{рост}$ [6] от дна зоны взаимодействия глубиной L , а при глубине ванны $h_b < L$ – от дна конвертера. В конце этого роста струя распадается на капли, которые со скоростью u_a поднимаются еще на высоту $h_{s2} = u_a^2 / 2g$ (g – гравитационное ускорение), если пренебречь сопротивлением среды, например, газовой фазы в конвертере. Таким образом, формируется всплеск высотой

$$h_s = h_{s1} + h_{s2}. \quad (1)$$

Используя закономерности теории волн ускорения [6], после подстановки и преобразований можно получить

$$h_s = \pi^{1/2} (h_c + x) n^{1/4} / c_D^{1/2} \cos \alpha + c_D^{1/2} \cos \alpha (\rho W^2)_{ex} / 2\pi^{1/2} g \rho_1 h^{3/4}, \quad (2)$$

где x – меньшая из двух величин: L или h_b , n и $C_D - n_0$ [6].

Холодное моделирование

Холодное моделирование осуществляли вдуванием кислорода через сопло диаметром 0,80 мм под давлением 2-12 атм из баллона, расположенного на высоте $\bar{h}_c = 0-60$ калибров, в водяную ванну вместимостью 30 л. При этом фиксировали глубину зоны взаимодействия L и высоту сплошного всплеска h_{s1} . На рис. 1 показано, что область экспериментальных данных (обведено пунктиром) близка или совпадает с линией I , отвечающей высоте сплошного всплеска (первое слагаемое) в модели (2).

Горячее моделирование

В экспериментальных данных работы [5] выделены случаи, когда всплеск состоял: только из шлака – его высота номинировалась как $h_{ш}$; из шлака и металла – высота которых составляла $h_{шм}$ и $h_{мш}$; чисто металлический h_m (из-за сворачивания шлака). Глубину зоны взаимодействия рассчитывали по [5].

На рис. 2 представлены точки усредненных по абсциссе и ординате данных для 50-кг (А), 1- (Б), 28-50- (В) и 120-тонных (Г) конвертеров.

Для лабораторного конвертера (А) случаев чисто металлических всплесков не было, так как шлак формировался только за счет окисления примесей чугуна и не сворачивался благодаря высокой концентрации оксидов железа. Чисто металлических всплесков не было и тогда, когда глубина ванны h_b была меньше рассчитываемой величины L . Для

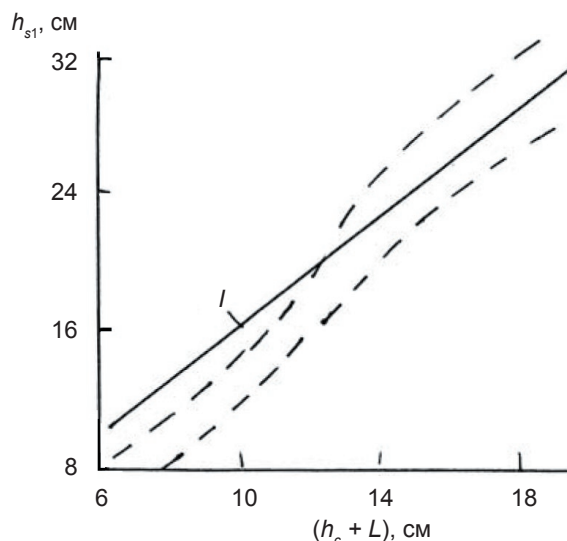


Рис. 1. Параметры всплесков при холодном моделировании

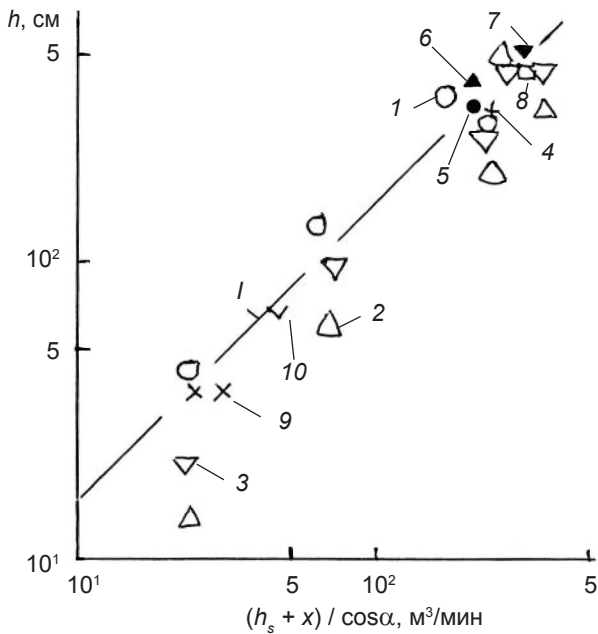


Рис. 2. Параметры всплесков при горячем моделировании: 1-4 – $h_{ш}$, $h_{шм}$, $h_{мш}$, h_m ; 5-7 – высота всплесков, заметалливающих фурмы 28-35-, 55- и 120-тонных кислородных конвертеров; 8 – $n_c = 3, 4, 5$ в 120-тонных кислородных конвертерах; 9 – по работе [4]; 10 – h_s в МП

остальных конвертеров высота чисто металлических всплесков h_m была максимальной из-за отсутствия сопротивления шлаковой фазы при сворачивании шлака. Для всех конвертеров высота чисто шлаковых всплесков $h_{ш}$ была несколько больше, чем $h_{шм}$ и $h_{мш}$ из-за вспенивания шлака. Изменение числа сопел в фурме 120-тонных конвертеров (3-5) не вызвало принципиальных отличий в расположении опытных точек.

Высота всплесков, в зависимости от их фазового состава, была несколько выше рассчитанной по первому слагаемому уравнения (2) линии 1 ($h_{ш}$, h_m) или ниже ее ($h_{шм}$, $h_{мш}$), однако соответствие составленной модели экспериментальным данным можно считать удовлетворительным.

На рис. 2 нанесены величины высоты всплесков, вызвавших заметалливание фурмы 28-35- и

120-тонных конвертеров, которые также соответствуют рассчитанной линии 1. Экспериментальные данные высоты всплесков металла при продувке чугуна кислородом в лабораторном конвертере [4] близки к данным 50-кг конвертера и отвечают модели (2). Ей соответствуют и данные о высоте всплесков при продувке кислородом мартеновской ванны.

Высота конвертера верхнего кислородного дутья H_k должна быть достаточной для того, чтобы возникающие при продувке всплески не вылетали за его пределы.

Для отечественных и зарубежных конвертеров по модели (2) рассчитали величины h_s и отношение $\bar{h}_s \equiv h_s / H_k$, которые представлены на рис. 3, в зависимости от садки конвертера T . В тех случаях, когда можно проследить эволюцию в параметрах работы конвертера, соответствующие точки соединены линиями, а стрелки указывают направление изменений.

При использовании одноканальных фурм ($n_c = 1$) в 50-х начале 60-х годов прошлого века и позже для конвертеров $T < 10$ т (рис. 3, а) заметна тенденция перехода от значительных величин \bar{h}_s , когда всплески вылетали за пределы конвертера к $\bar{h}_s \leq 1$. Только в особых случаях передела фосфористых чугунов (даже при $\bar{h}_s < 1$) наблюдается ее дальнейшее уменьшение.

В отечественной практике в 80-х годах прошлого века в процессе применения многоканальных фурм (рис. 3, б), вызванном стремлением максимизировать их производительность, наряду с такой же тенденцией ($\bar{h}_s \rightarrow 1$) для конвертеров средней садки (100-200 т) после периода уменьшения \bar{h}_s отмечен ее рост с одновременным увеличением садки. На сегодняшний день, в условиях избытка металла на внешних рынках и ограниченной загруженности производственных возможностей, эта тенденция, вызывающая увеличение потерь металла, очевидно, требует пересмотра. Для отечественных 350-тонных конвертеров величиной \bar{h}_s учтены эти обстоятельства так же, как для зарубежных 250-тонных.

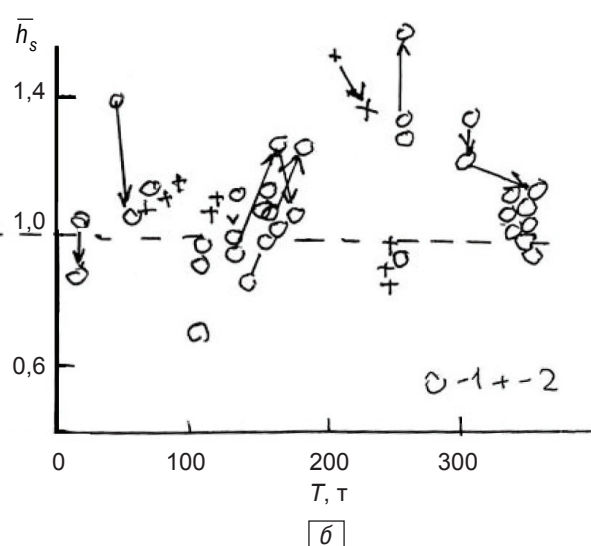
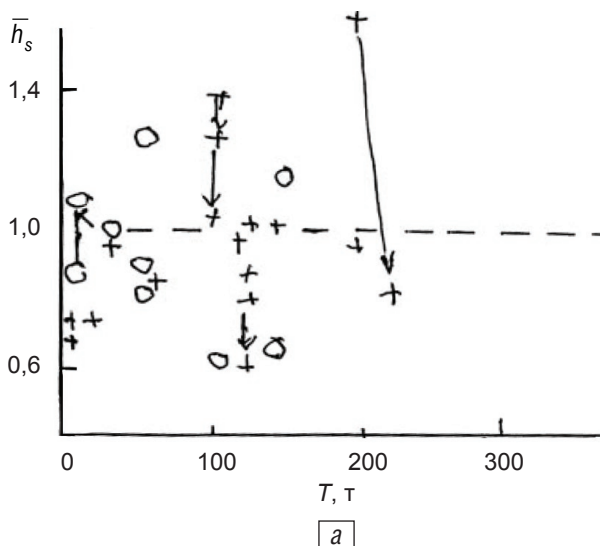
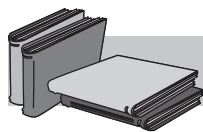


Рис. 3. Соотношение \bar{h}_s при одноканальных (а) и многоканальных (б) фурмах: 1, 2 – отечественные и зарубежные кислородные конвертеры

В целом, модель (2) можно использовать как для анализа существующей технологии, так и оценки новых проектных решений.

Выводы

Составлена модель образования всплесков жидких фаз при верхней кислородной продувке.



ЛИТЕРАТУРА

1. Shimada M. et al. // TtH. – 1958. – V. 44, № 9. – S. 1056-1058.
2. Ishikawa H., Mizoguchi S., Segawa K. // TtH. – 1972. – V. 58, № 1. – S. 76-84.
3. Nakao Y., Mimura M., Takeda Y. et al. // Trans. iSi Jap. – 1982. – V. 22, № 12. – S. 384.
4. Kitamura S., Okohira K. // TtH. – 1990. – V. 76, № 2. – S. 199-206.
5. Охотский В. Б. // Изв. вузов. Чер. металлургия. – 1977. – № 6. – С. 26-32.
6. Adelberg M. // AIAA J. – 1967. – V. 5, № 8. – P. 1408-1415.

Анотація

Охотський В. Б.

Сплески рідких фаз при верхній кисневій продувці

Створено модель сплескоутворення при верхній кисневій продувці, що відповідає експериментальним даним.

Ключові слова

конвертер, кисень, сплески

Summary

Okhotsky V. B.

Splashes of liquid phases at the top of the oxygen blowing

The model of vspleskoobrazovaniya at the top of the oxygen blowing corresponding experimental data.

Keywords

converter, oxygen, spikes

Поступила 05.02.13

К сведению читателей и подписчиков!

Телефон редакции

журнала «Металл и литье Украины»:

(044) 424-04-10