

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ УРОВНЯ КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННЫ

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

Як результат експериментальних плавень на 1,5-тоному конвертері встановлено, що величина напруги радіолокаційних сигналів, які одержано під час фіксації рівня ванни, у деяких випадках знижується практично до нуля. Домінуючим чинником цього явища ймовірно є інтенсивне зниження відбивної спроможності шлаку за його спінювання.

В результате экспериментальных плавов на 1,5-тонном конвертере установлено, что величина напряжения радиолокационных сигналов, полученных при фиксации уровня ванны, в некоторых случаях снижается практически до нуля. Доминирующим фактором этого явления предположительно является интенсивное снижение отражательной способности шлака при его вспенивании.

As a result of the experimental melting it is set on a 1,5-ton converter, that the size of tension of radio-location signals, got during fixing of level of bath, in certain cases goes down practically to the zero. The dominant factor of this phenomenon probably is an intensive decline of reflectivity of slag at his making foam.

Введение. Характерной особенностью конвертерного процесса является вспениваемость шлака, которая имеет свои позитивные и отрицательные стороны. При «сухом» шлаке увеличивается интенсивность выносов, что сопровождается заметалливанием металлоконструкций над конвертером, при чрезмерном вспенивании происходят выбросы. Поэтому одной из основных задач управления технологическим процессом плавки является непрерывный контроль уровня ванны (шлака), а, исходя из этой информации, технологического режима ведения плавки.

Анализ достижений. Параметры вспененного шлака малоизучены. Необходимость получения своевременной информации о шлакометаллической эмульсии синхронно с ее формированием (для своевременного осуществления корректирующих управляющих воздействий) определяет многочисленность попыток применения различных принципов измерения. Для решения задачи контроля шлакообразования используются как активные, так и пассивные методы измерения уровня шлака. К пассивным относятся методы, основанные на измерении вибрации, упругой деформации фурмы или корпуса конвертера, а также уровня шума или звукового давления у горловины конвертера [1-2].

К основным недостаткам данных методов относится то, что распространение акустических волн сопровождается поглощением их энергии в зависимости от изменения свойств среды, мощности излучения, удаленности приемной аппаратуры от источника колебаний и других причин. Сложность идентификации изменений звуковых характеристик по этим причинам приводит к наличию помех в регистрируемом сигнале.

В последнее десятилетие в ряде стран интенсивно отрабатываются новые дистанционные средства контроля уровня металла (как в спокойном состоянии, так и по ходу продувки) на основе микроволновой техники. Принцип действия этих средств

основан на радиолокации в процессе ввода в конвертер радиоволн с последующим приемом и регистрацией отраженных от поверхности радиосигналов. Так, применение микроволнового зондирования конвертерной ванны японскими, китайскими и немецкими разработчиками позволило практически полностью исключить выбросы шлака из конвертера.

Постановка задачи. Высокая интенсивность конвертерной плавки требует разработки надежных и точных средств контроля, а также способов автоматического управления процессом. Однако их эффективность выявляется только при наличии объективной информации о процессах, протекающих в конвертерной ванне. В первую очередь, это касается шлакообразования.

Хотя шлак и принято считать побочным продуктом конвертерной плавки, его роль и значение в ходе этого скоротечного процесса чрезвычайно велика. От состава и состояния шлака зависят степень и полнота удаления вредных примесей, способность поглощать металлические капли (выносы), окисленность металла, выбросы из конвертера, износ футеровки.

Основная часть исследований. Проверка применимости радиолокационного принципа измерения уровня конвертерной ванны при продувке была реализована в серии экспериментальных плавки на 1,5-тонном конвертере (рис. 1) института черной металлургии НАНУ. Для определения влияния факторов, воздействующих в период продувки, на характер радиолокационного сигнала были проведены эксперименты на порожнем (горячем) конвертере, а также после завалки в него металлолома. Радиолокационные сигналы фиксировали при различном положении фурмы (от нижнего уровня до среза горловины), изменении расхода кислорода (в пределах от 200 до 400 м³/мин), а также присадках добавок с каждой стороны конвертера.

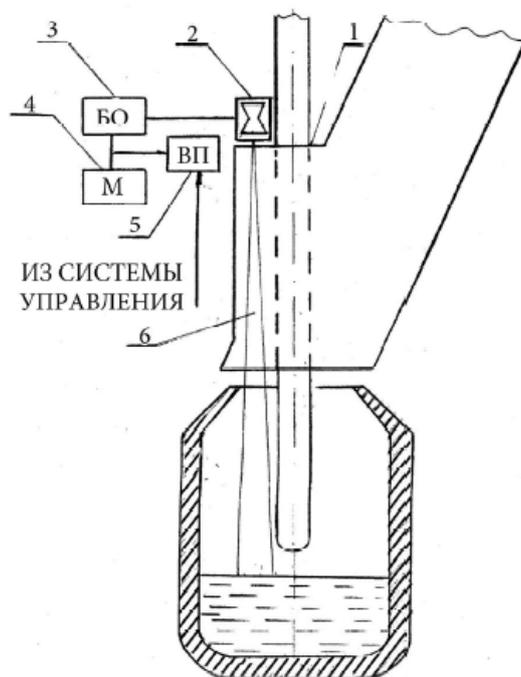


Рисунок 1 – Испытательная аппаратура на 1,5-тонном конвертере:
1 - фурменное окно кессона; 2 - сенсорный блок с устройством защиты;
3 - блок обработки информации с индикацией уровня; 4 - магнитограф;
5 - светолучевой осциллограф Н-117; 6 - микроволновое излучение

В рамках алгоритма цифровой обработки сигналов [3] решали три типа задач:

- исследование спектральных, энергетических и статистических характеристик сигналов системы;
- обнаружение информационной составляющей сигналов на фоне помех и шумов;
- оценка параметров отраженного сигнала.

Решение данных задач базировалось на спектральном анализе с использованием быстрого преобразования Фурье. При исследовании характеристик сигналов системы использовали также алгоритмы построения амплитудно-частотного спектра в заданном частотном окне, определения отношения сигнал/шум, вычисления среднего квадратического отклонения и функции регрессии статистик сигнала. Оценку параметров отраженного сигнала проводили с помощью алгоритмов сглаживания полученных массивов параметров.

В качестве примера на рис. 2 и 3 представлены кривые изменения (без сглаживания) уровня ванны по ходу продувки, полученные в результате стендовой обработки радиолокационных сигналов. Каждая точка получена в результате усреднений радиолокационного сигнала в течение 10 с методом скользящей медианной фильтрации по трем точкам. Зону нечувствительности системы устанавливали в пределах 0,5... 1,5 м от среза горловины.

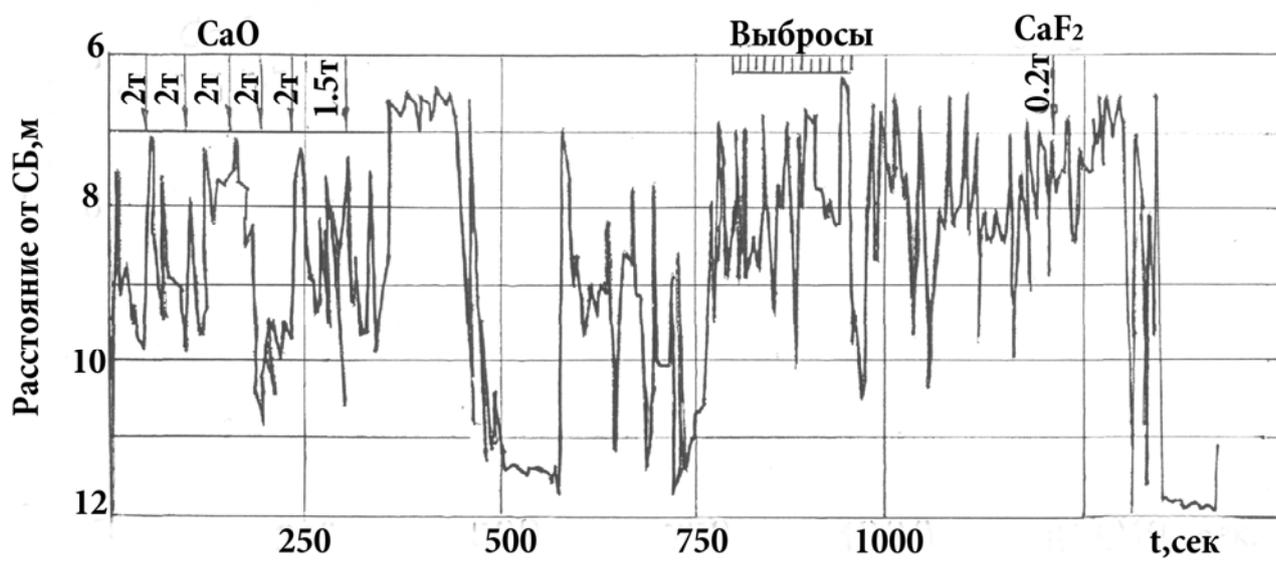


Рисунок 2 – Кривая изменения уровня ванны по ходу плавки

Приведенные кривые достоверно отражают ход плавки и в достаточной степени отвечают существующим представлениям и визуальным наблюдениям. Так, на рис. 1 четко зафиксирован момент остановки продувки по причине перегрева котла-утилизатора через 500 с.

Характер кривых изменения уровня ванны в первой половине плавки (см. рис. 2 и 3) не является истинным, так как включает моменты подачи добавок сыпучих материалов, при которых проявляется эффект экранирования радиолуча.

Вследствие высокой чувствительности радиолокационной системы возникновение таких ситуаций в дальнейшем необходимо исключить. Это достигается, например, другим расположением сенсорного блока (в стороне от труб подачи добавок). Одновременно можно использовать блокировки на измерение при подаче сыпучих материалов с интерполяцией изменения уровня в эти периоды.

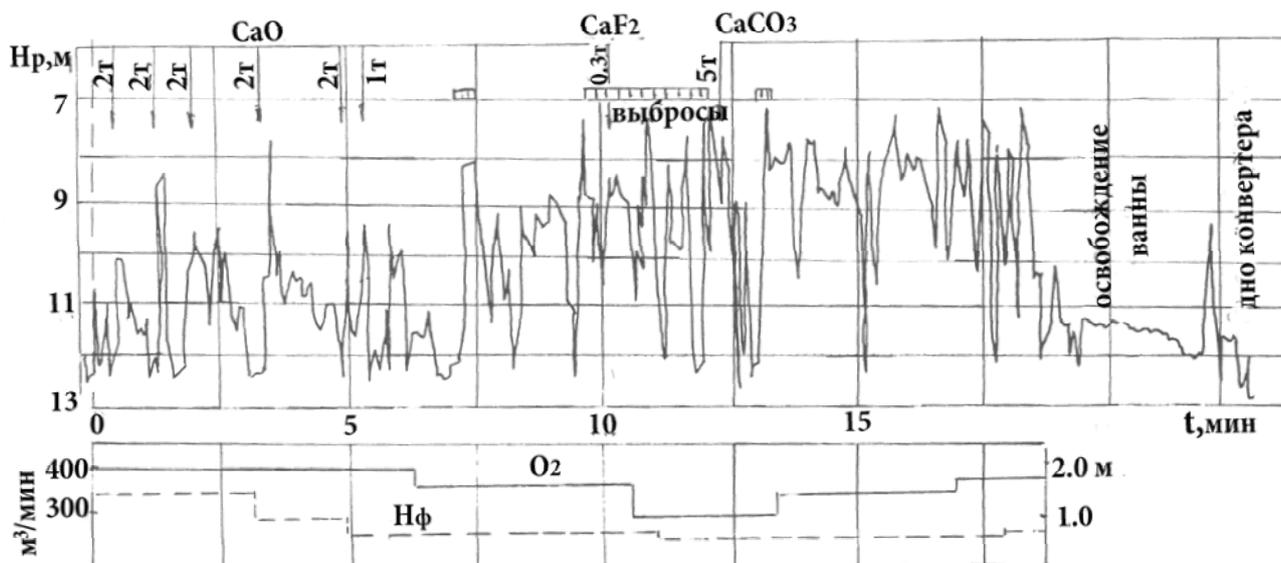


Рисунок 3 – Кривая изменения уровня ванны по ходу плавки

Независимо от характера продувки (спокойной или с выбросами) наблюдается общая тенденция увеличения уровня ванны к концу плавки. Надежность информации об уровне вспененной ванны подтверждается соответствием показаний системы по уровню в конвертере на отметке 6,5...7,0 м при выбросах и переливах шлака через горловину. По ходу кривых изменения уровня достаточно четко просматриваются реакции вспененной ванны на управляющие воздействия (подача сыпучих материалов, изменения расхода кислорода O_2 и положения фурмы H_{ϕ}).

Установлено, что в случае сильно вспененной ванны эффективность внешнего воздействия снижается – ванна достаточно быстро возвращается в прежнее (вспененное) состояние. Наличие таких ситуаций определяет задачу создания на основе системы протокола продувки с указанием всех управляющих воздействий для определения рационального режима ведения плавки.

Обработка радиолокационных сигналов 30 плавков показала в целом чрезвычайно сложный характер изменения амплитудно-частотных спектров в ходе продувки. Характер погрешности измерения определяется преобладающим влиянием помех, связанных с переотражениями в зоне от апертуры антенны до среза горловины, по мере снижения мощности радиосигнала, отраженного от расплава. С момента зажигания плавки и наведения шлака наблюдается резкое снижение амплитуды отраженного сигнала при увеличении интенсивности пламени. Характер изменения амплитуды сигнала индивидуален для каждой плавки. Время от начала продувки до резкого ослабления сигнала для одних плавков составляет секунды, для других – до 5 минут.

При исключении помеховых составляющих установлено, что величина напряжения радиолокационных сигналов, полученных при фиксации уровня ванны, в некоторых случаях снижается практически до нуля. Доминирующим фактором этого явления предположительно служит интенсивное снижение отражательной способности шлака при его вспенивании. Вследствие этого уверенно определить уровень ванны пока возможно в диапазоне до одного метра от горловины конвертера. Аналогичная картина просматривается по результатам, полученным японскими исследователями, хотя величина критического расстояния у них значительно больше – 2...3 м.

Лучшие показатели, полученные нами на этом конвертере, по-видимому, обусловлены, в первую очередь, более высокой частотой радиосигнала (37,7 ГГц в наших исследованиях против 24,1 ГГц) и, соответственно, меньшей длиной волны (8 мм против 15,5 мм), а также, возможно, более совершенными методами цифровой обработки сигналов.

Заключение. В результате проведенных исследований на некоторых плавках установлено резкое увеличение мощности отраженного сигнала в момент включения подачи кислорода. Природу данного явления выяснить не удалось. Возможно, это связано с облаком брызг, образующихся при начальном взаимодействии кислородной струи с поверхностью жидкого металла либо с изменением формы его поверхности (линзовый эффект), либо вследствие обоюдного влияния этих факторов.

Вместе с этим, подобная радиолокационная система промышленного назначения обеспечивает непрерывный контроль уровня расплава в конвертере в процессе продувки, обработку полученной информации, отображение состояния шлака оператору, хранение и выдачу на печать параметров уровня расплава и амплитуды отраженного сигнала каждой плавки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контроль и оценка факторов, влияющих на скорость вспенивания шлакометаллической эмульсии в кислородном конвертере / *М. И. Волович*, Г. С. Новожилов, Ю. А. Романов и др. // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1989. – № 10. – С. 28-31.
2. Система для измерения уровня ванны в конвертере / *В. И. Головкин*, О. Н. Кукушкин, А. В. Потапов и др. // Науч.-техн. сб. Электронная техника. – Сер. 1, СВЧ-техника. – Вып. 1 (471). – М. : ЦНИИ Электроника, 1998. – С. 17-25.
3. Радиолокационный контроль металлургических процессов / *В. И. Головкин*, О. Н. Кукушкин, Н. В. Михайловский и др. // Днепропетровск : Журфонд, 2010. – 428 с. – Библиогр. : с. 371-388. – ISBN 978-966-1696-29-6.