

## УПРАВЛЕНИЕ КОНВЕРТЕРНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск*

Статья посвящена проблеме управления кислородно-конвертерным процессом, связанной с недостаточной информированностью оператора о ходе конвертерного процесса. Показано, что используемые системы измерения уровня на сегодняшний день не обеспечивают достаточного уровня информативности процессов, протекающих в конвертерной ванне. Одним из предлагаемых средств решения данной проблемы является применение микроволновых измерителей уровня, главным достоинством использования которых является небольшая погрешность измерения, не превышающая для шлако-металлической эмульсии  $\pm 0,05$  м.

Статья посвящена проблеме управления кислородно-конвертерным процессом, связанной с недостаточной информированностью оператора о ходе конвертерного процесса. Показано, что используемые системы измерения уровня на сегодняшний день не обеспечивают достаточный уровень информативности процессов, протекающих в конвертерной ванне. Одним из предлагаемых средств решения данной проблемы является применение микроволновых измерителей уровня, главным достоинством использования которых является небольшая погрешность измерения, не превышающая для шлако-металлической эмульсии  $\pm 0,05$  м.

The article is devoted to the problem of oxygen-converter process control, related to the insufficient being informed of operator about motion of the converter melting. It is shown that the used systems of measuring of level to date do not provide the sufficient level of informing of processes, flowing in converter bath. One of the offered facilities of decision of this problem is application of microwave measuring devices of level, main dignity of the use of which is a small error of measuring, not exceeding a 0,05 m for slag-metal emulsion

Целью конвертерного процесса является получение стали заданного качества из сырья с известными свойствами. Известно, что ошибки при управлении данным процессом приводят к получению стали другого качества. Так как стоимость таких ошибок достаточно велика, то уменьшение их частоты приведет к повышению эффективности производства.

Несмотря на значительный научно-технический прогресс, в описании конвертерных процессов нет достаточно четких представлений о механизме их протекания. Параллельное развитие окислительно-восстановительных реакций (часть из которых является конкурирующими) с нагревом и шлакообразованием, а также наличие в процессе их эволюции целого каскада критических состояний, свидетельствует о том, что конвертер представляет собой сложную открытую сильно неравновесную систему с переменной структурой внутренних прямых и обратных связей. Исходя из практического применения, эффективность математических моделей, основанных на расчете материально-теплового баланса, редко превышает 70 % по достижению заданных пределов химического состава и температуры стали на момент первой повалки [1]. При этом вопросы надежного прогнозирования таких состояний как сворачивание

шлака, выбросы и переливы газо-шлако-металлической эмульсии до сих пор остаются нерешенными.

Существующие подходы, методы и формализованные алгоритмы управления сложными технологическими процессами, к числу которых следует отнести и кислородно-конвертерную плавку стали, базируются в основном либо на представлениях и моделях внутренних механизмов протекающих процессов, либо на функциональных зависимостях, отражающих вход-выходные соотношения для этих процессов. Процесс производства стали в кислородном конвертере характеризуется 71 признаком, отмеченным в паспорте плавки [2]. Данные признаки можно рассматривать как результаты пассивного наблюдения. При этом свойства различного рода внешних и внутренних возмущений, действующих на процесс, и особенно неконтролируемых возмущений учитываются в значительно меньшей степени. Одним из конструктивных подходов здесь можно считать косвенное оценивание так называемых приведенных возмущений с последующим их учетом при выработке управляющих воздействий. Однако при некоторых свойствах приведенных возмущений даже их полный учет не может привести к желаемой эффективности управления. Последнего можно достичь только с расширением пространства управляемых факторов, в данном случае за счет активного управляемого влияния на процессы приведенных возмущений. Таким образом, эффективность автоматизации выявляется только при наличии объективной информации о процессе, что в условиях высокотемпературного металлургического процесса связано с большими трудностями.

На сегодняшний день важной задачей является определение изменения уровня (расстояния) для металлургических расплавов в конвертерах в условиях нестационарной поверхности. Мониторинг динамики состояния металлургических расплавов и их физико-химических свойств в условиях шлакообразования, агрессивной среды, выбросов контролируемого вещества, низкотемпературной плазмы, интенсивного пылегазовыноса и ряда других факторов.

В связи с этим при автоматизации кислородно-конвертерного способа производства стали становится первостепенным поиск датчиков для сбора информации о процессах, протекающих в конвертерной ванне. Эта проблема может быть решена как методами непосредственного, прямого измерения параметров продуваемого металла, так и методами измерения косвенных величин, в той или иной степени характеризующими процессы, протекающие в ванне конвертера. При этом главное достоинство применения косвенных измерений - их сравнительная простота и более широкие возможности функционирования в условиях воздействия высокоагрессивных сред сталеплавильного процесса. Существующие средства измерения и контроля уровня материалов такие как пневмо- и электромеханические, электрические, оптоэлектронные, радиоизотопные, гидростатические, гидро- и газодинамические, акустические (ультразвуковые) и другие имеют ряд серьезных недостатков, связанных с сложностью конструкции, низкой надежностью, абразивным износом, высокой погрешностью измерений, ограниченностью применения в агрессивных средах, защитой измерительных элементов от высоких температур, вибрации, запыленности, а также с высокими капитальными затратами на их внедрение.

Вместе с этим последние годы все большее распространение получают различного рода микроволновые измерители – дальномеры. Они основаны на принципе ра-

диолокации, который состоит в излучении электромагнитных волн с целью определения расстояния до объекта по временному, частотному или фазовому сдвигу радиосигналов [1]. Перспективность широкого использования этого принципа при контроле параметров технологических процессов определяется его бесконтактностью, быстродействием, устойчивостью к влиянию внешних агрессивных факторов, экологичностью, возможностью дистанционного управления параметрами зондирующих сигналов, а также сравнительно низкой стоимостью. Этим требованиям практически в полной мере отвечает радиолокационный дальномер-уровнемер РДУ-Х2 [3], который прошел несколько этапов модернизации и применяется на многих металлургических и других промышленных предприятиях Украины, Российской Федерации и других стран СНГ. Следовательно, можно с уверенностью сказать, что использование радиолокационного дальнемера-уровнемера в качестве средства измерения уровня расплава в кислородных конвертерах позволит наладить управление конвертерной плавкой в динамическом режиме.

Взаимосвязь и изменение во времени состава, свойств и соотношения металлической, шлаковой и газовой среды во время ведения конвертерной плавки практически не изучены [4]. О свойствах шлаков и процессе шлакообразования обычно судят лишь приблизительно и интуитивно по косвенным признакам (шум, вибрация, выбросы и т.п.).

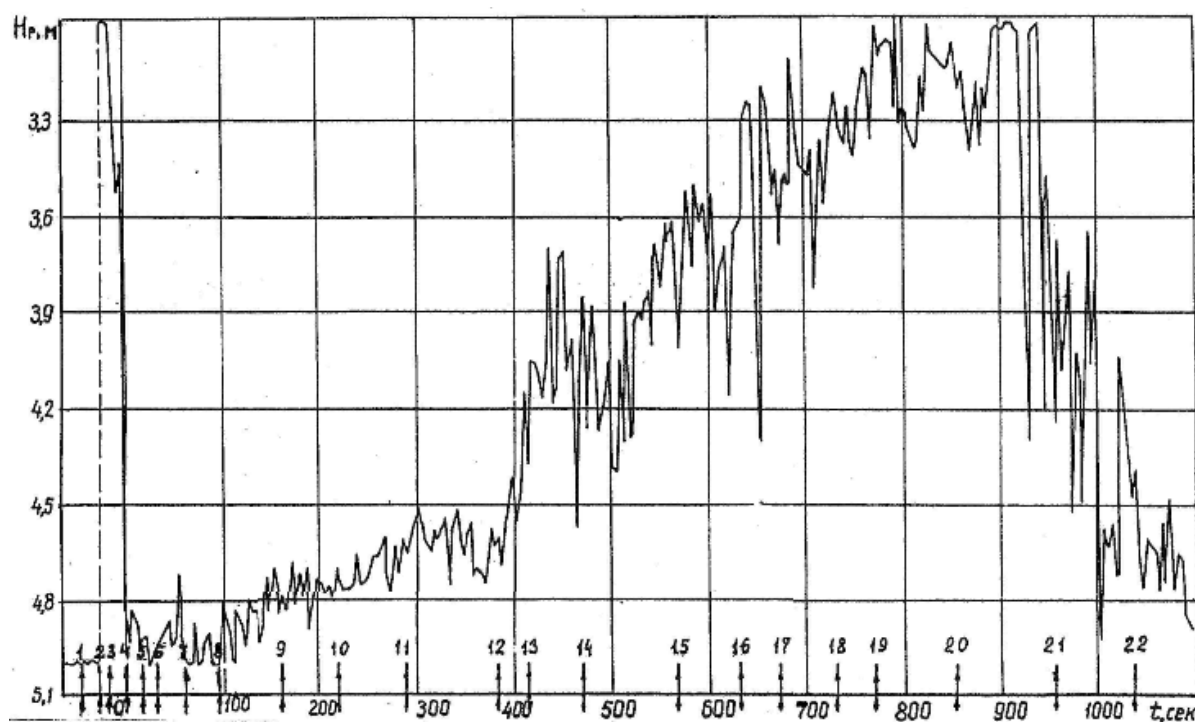


Рисунок 1 - Изменение уровня ванны в конвертере по ходу продувки

Анализ результатов зондирования конвертерной ванны предполагает взаимосвязь значений параметров радиолокационных сигналов с физико-химическими характеристиками процесса. Такими характеристиками могут быть химический состав и свойства шлака. Причем амплитудные характеристики сигнала определяются не только расстоянием до поверхности ванны, но и, в значительной степени, отражательной способностью шлака [5]. Наличие пыли в качестве помехи распространению радиоволн радара частотой 37,5 ГГц определяет некоторое ослабление сигнала. Ос-



троль уровня расплава в процессе плавки, обработку полученной информации, отображение состояния шлака оператору, хранение и выдачу на печать параметров уровня расплава и амплитуды отраженного сигнала каждой плавки. Применение радиолокатора обеспечит непрерывную работу системы управления, которая определяется кампанией работы конвертера до замены футеровки, и составляет 20...40 суток. При этом погрешность измерения расстояния по спокойной ванне, при соблюдении высокого коэффициента отражательной способности (потенциала П) расплава, не превышает  $\pm 0,05$  м.

Эффективность оценки состояния расплава при продувке можно увеличить путем совместного (конфлюэнтного [6]) анализа частоты и амплитуды отраженного сигнала.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жидков, В. Д. Динамика уровня расплава в конвертере при продувке / В. Д. Жидков, В. И. Соколов, Н. А. Кудрин и др. // Сталь. – 1987. – № 6. – С. 22-24.
2. Глинков, Г. М. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов / Г. М. Глинков, В. А. Маковский, С. Л. Лотман. – М. : Металлургия, 1970. – 412 с. – Библиогр. : с. 316-317.
3. Головкин, В. И. 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.
4. Применение МКВ-техники для определения физико-химических свойств шлака по ходу продувки в конвертере / В. В. Смоктий, В. И. Головкин, О. Н. Кукушкин и др. // Труды 3-го конгресса сталеплавильщиков. – М. : Черметинформация, 1996. – С. 128-131.
5. Верховская, А. А. Перспективы применения радиолокационной техники для управления кислородно-конвертерной плавкой / А. А. Верховская // Nowe technologie osiągnięcia w metalurgii i inżynierii materiałowej. Seria: Monografie nr 15. – Częstochowa : Politechnika Częstochowska, 2011. – S. 102-105.
6. Грешилов, А. А. Анализ и синтез стохастических систем. Параметрические модели и конфлюэнтный анализ / А. А. Грешилов. – М. : Радио и связь, 1990. – 320 с. – Библиогр.: с. 313-317. – ISBN 5-256-00293