

**А.А.Семикина, В.Ф.Поляков, Т.С.Кияшко, С.И.Семыкин,
Д.Н.Тогобицкая, А.В.Поляков**

Институт черной металлургии НАН Украины им.З.И.Некрасова

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛИЯНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ
НА ЕЕ ТЕПЛОВЫЕ И РАСХОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

Целью работы является повышение точности оценки теплового состояния и тепловых возможностей кислородно-конвертерной плавки путем выявления параметрических зависимостей и взаимного влияния показателей плавки. **Использован** расчетный метод приведения температурных и сырьевых параметров опытных плавок к уровню сравнительных параметров. Получены уравнения, позволяющие учитывать влияние основных технологических параметров на расход чугуна. Определены величины пересчетных коэффициентов для различных условий конвертирования, в том числе для варианта плавки с наложением низковольтного потенциала. При этом учитывались особенности процесса конвертирования, в частности применение низковольтного потенциала, различия в составе чугуна, содержании углерода на выпуске, расхода извести и т.п. Полученные зависимости позволяют осуществлять корректное сопоставление различных вариантов кислородно-конвертерной плавки при различающихся исходных шихтовых и технологических условиях.

Ключевые слова: кислородный конвертер, шихтовых и технологических условиях плавки, электрическое воздействие, сопоставительные параметры плавки

Состояние проблемы и постановка задачи. При анализе результатов исследований сопоставительного характера основная трудность состоит в том, что для корректной оценки нового варианта технологии или влияния изменения какого-либо параметра процесса требуется соблюдать условие постоянства остальных параметров.

Выполнение этого требования невозможно даже при проведении экспериментов в лабораторных и тем более в промышленных условиях. В полной мере это относится к конвертерному процессу выплавки стали, который по своей природе является многофакторным. Конвертерный процесс является замкнутым в тепловом и материальном отношениях, поэтому указанная трудность может быть в значительной мере устранена при допущении, что конкретному изменению величины одного из факторов соответствует определенная степень изменения других. Например, повышение температуры заливаемого в конвертер чугуна обуславливает при прочих равных условиях определенное изменение температуры расплава на выпуске из агрегата. То-есть расчетным путем могут быть определены пересчетные коэффициенты, определяющие влияние факторов друг на друга. В результате все варианты плавок могут быть искусственно приведены к одинаковым базовым показателям.

Этот подход считается общепринятым и нашел официальное отражение в «Типовой технологической инструкции по выплавке стали в конвертерах», в тексте которой имеется специальное «Приложение», где приведены значения упомянутых коэффициентов, рассчитанных на базе усредненных показателей отдельных предприятий [Минчермет СССР технологическое управление Институт черной металлургии - Типовая технологическая инструкция по выплавке стали в конвертерах ТТИ-1.3-15-22-86 – Днепропетровск 1986 г.].

В исследованиях отдела металлургии стали ИЧМ сопоставительного характера метод приведения расчетным путем температурных и сырьевых параметров опытных плавов к уровню сравнительных параметров широко использовался с применением содержащихся в «Типовой инструкции» пересчетных коэффициентов. Однако, при выполнении работ последнего периода на ПАО «Евраз ДМЗ им. Петровского» выявилось, что получаемые результаты не в полной мере соответствуют ожидаемым.

Выполненный анализ показал, что причиной этого являются, прежде всего, отличия в технологии конвертерной плавки на данном предприятии, не учтенные при составлении упомянутого «Приложения ТТИ» таблицы. К ним, в частности, относятся осуществляемое на данном предприятии наложение низковольтного электрического потенциала на расплав, применение операции промежуточного скачивания шлака, дополнительный ввод материалов, содержащих окислы железа, использование извести разных поставщиков и т.п.

В связи с этим актуальным является задача уточнения показателей оценки теплового состояния и тепловых возможностей плавки путем выявления более точных параметрических зависимостей взаимовлияния различных показателей.

Целью работы является изучение возможности повышения точности оценки теплового состояния и тепловых возможностей кислородно-конвертерной плавки путем выявления параметрических зависимостей и взаимного влияния показателей плавки.

Методика исследования. Был проведен статистический анализ массивов плавов, проведенных на ПАО «Евраз ДМЗ им. Петровского» в 2011 г., по вариантам: с применением низковольтного потенциала (отрицательной полярности в соответствии с принятой в цехе технологической инструкцией) и без электрического воздействия. Выполнен поиск количественных связей между различными технологическими факторами процесса конвертирования, такими как химический состав чугуна и металла на первой повалке, температурные показатели плавки, с одной стороны, и расходом чугуна, а, следовательно, и тепловыми возможностями конвертерной плавки с другой. Кроме того, с этой же целью, произведены расчеты материального и теплового балансов плавов, которые также характеризуют возможные изменения расхода чугуна и температуры расплава при изменении конкретного

технологического показателя плавки при допущении постоянства (на среднем для данного варианта процесса конвертирования уровне) остальных показателей. При расчете учитывались особенности варианта ведения процесса конвертирования, в том числе влияние низковольтного потенциала на степень дожигания, количество шлака и металлической части в шлаке в виде корольков, потерь металла с выбросами и пылью.

Изложение основных результатов работы. На рисунке, в качестве примера, представлены результаты расчета изменения расхода чугуна (ΔC) при изменении температуры металла (ΔT) (справа) и содержания углерода (ΔC_c) в чугуне на кислородно-конвертерных плавках (слева) с наложением электрических потенциалов. Из анализа представленных диаграмм следует, что полученные в результате расчета данные имеют достаточно высокую степень корреляции.

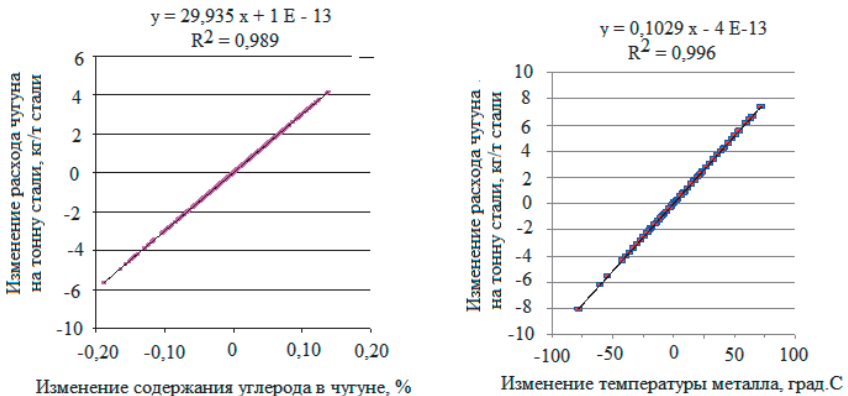


Рисунок. Связь изменения расхода чугуна с изменением температуры металла (справа) и изменением содержания углерода в чугуне (слева).

При этом для плавок с наложением электрических потенциалов указанные зависимости имеют следующий вид:

для температуры:
 $\Delta C_T^{\ominus} = 0,1029 \Delta T_c - 6E-14$ $R^2 = 0,987$

для углерода:
 $\Delta C_C^{\ominus} = 30,011 \Delta C_c + 3E-14$ $R^2 = 0,986$

а без наложения электрических потенциалов:

для температуры:
 $\Delta C_T = 0,1039 \Delta T_c - 4E-13$ $R^2 = 0,996$

для углерода:
 $\Delta C_C = 29,935 \Delta C_c + 1E-13$ $R^2 = 0,989$

На основе проведенного анализа были получены уравнения (табл.1), позволяющие учитывать индивидуальное влияние проявляющихся на

практике и характерных для изучаемого варианта процесса конвертирования изменений величины основных технологических параметров на расход чугуна.

С использованием этих зависимостей были получены величины пересчетных коэффициентов (табл.2), соответствующих условиям данного предприятия. Для сравнения в таблицу внесены также значения этих коэффициентов из «Типовой технологической инструкции».

Таблица 1. Зависимость расхода чугуна от температуры и состава чугуна

№	Плавки без электрического воздействия	Плавки с наложением электрического потенциала
1	$K=0,1029 \cdot dt -4E -13$	$K=0,1029 \cdot dt -6E-14$
2	$K=29,935 \cdot dC +1E-13$	$K=30,011 \cdot dC +3E-14$
3	$K=53,447 \cdot dSi -6 E-14$	$K=46,345 \cdot dSi +0,2542$
4	$K=12,658 \cdot dMn -4E-17$	$K=12,69 \cdot dMn +6E-16$

где, dt – изменение температуры металла;
 dC – изменение содержания углерода в чугуне;
 dSi – изменение содержания кремния в чугуне;
 dMn – изменение содержания марганца в чугуне.

Таблица 2. Величина пересчетных коэффициентов в зависимости от факторов технологии

Фактор	Измен. фактора	Расход чугуна, кг/т стали				
		по ТТИ	конв. №1	конв. №2 без возд.	конв. №2 с возд.	конв. №3
Температура стали	-10 °C	-5,8	-5,07	-5,61	-5,24	-5,40
Содержание углерода в чугуне	+0,1%	-3,0	-2,99	-2,99	-3,0	-2,98
Содержание кремния в чугуне	+0,1%	-5,4	-5,64	-5,34	-4,89	-4,63
Содержание марганца в чугуне	+0,1%	-1,9	-1,34	-1,26	-1,26	-1,26

Сопоставление полученных коэффициентов с аналогичными, имеющимися в технологической инструкции, показало, что для данного завода характерны более низкие значения изменения расхода чугуна при изменении технологических показателей конвертирования. Вероятнее всего это связано с наиболее низкой среди предприятий Украины садкой агрегата (60 т против 150-350 т), что обуславливает высокий уровень тепловых потерь при работе конвертера и соответственно меньший эффект по экономии чугуна за счет различного рода тепловыделяющих факторов. При этом для каждого из оцениваемых вариантов

конвертирования характерен свой уровень значений таких коэффициентов: при сопоставлении между конвертерами: более низкий для конвертера №3 (по сравнению с конвертерами № 1 и 2; для конвертера № 2 – более низкий уровень отмечен для варианта с наложением низковольтного потенциала по сравнению с вариантом без воздействия, указанные различия имеют определенные технические обоснования.

Заключение. Использование опробованных методик определения пересчетных коэффициентов позволило определить более точные значения сравнительных показателей конвертерной плавки и, как следствие, обеспечивать более корректное сопоставление изучаемых вариантов. Логичным является соображение о необходимости выполнении аналогичных расчетов для других предприятий, в первую очередь с существенно отличающимися условиями по величине садки конвертеров, особенностями по показателям шихтовки и т.п

Полученные зависимости позволяют осуществлять корректное сопоставление вариантов при различающихся исходных шихтовых и технологических условиях.

Статья рекомендована к печати докт.техн.наук А.С.Вергуном

*А.О.Семікіна, В.Ф.Поляков, Т.С.Кіяшко, С.І.Семикін,
Д.Н.Тогобицька, А.В.Поляков*

Визначення коефіцієнтів впливу технологічних параметрів конвертерній плавки на її теплові і витратні показники

Метою роботи є підвищення точності оцінки теплового стану і теплових можливостей киснево-конвертерної плавки шляхом виявлення параметричних залежностей і взаємного впливу показників плавки. Використано розрахунковий метод приведення температурних і сировинних параметрів дослідних плавок до рівня порівняльних параметрів. Отримано рівняння, що дозволяють враховувати вплив основних технологічних параметрів на витрати чавуну. Визначено величини перерахункових коефіцієнтів для різних умов конвертації, в тому числі для варіанту плавки з накладенням низьковольтного потенціалу. При цьому враховувалися особливості процесу конвертації, зокрема застосування низьковольтного потенціалу, відмінності у складі чавуну, змісті вуглецю на випуску, витрати вапна тощо. Отримані залежності дозволяють здійснювати коректне зіставлення різних варіантів киснево-конвертерної плавки при різних шихтових і технологічних умовах.