

**К. Ф. Чмырков, А. С. Заспенко, К. Г. Низяев*, Б. М. Бойченко*, В. А. Петренко*,
А. Н. Стоянов***

ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского», Днепропетровск

*Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Моделирование конвертерной плавки с использованием в шихте карбидокремниевых, железосодержащих брикетов

Выполнено моделирование конвертерной плавки с вводом в шихту железосодержащих (ЖСБ) и карбидокремниевых брикетов (БКЖС). Показано, что в зависимости от конъюнктуры цен на шихтовые материалы и соответственно поставленной задаче, тепловой баланс конвертерной плавки возможно эффективно корректировать присадками того или иного вида железосодержащих, карбидокремниевых брикетов.

Ключевые слова: моделирование, технология, конвертерная плавка, карбид кремния, брикеты

Состояние вопроса исследований. Работа конвертерного цеха ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» на современном этапе характеризуется широким спектром применяемых шихтовых материалов. Ранее была отработана технология конвертерной плавки с использованием брикетов, содержащих оксиды железа [1, 2]. Практика показала, что ЖСБ с расходом до 5 кг/т стали ускоряет процесс шлакообразования, особенно в начальный период продувки. Однако увеличение расхода до 10-20 кг/т стали негативно сказывается на тепловом балансе конвертерной плавки и требует увеличение расхода жидкого чугуна. В связи с этим весьма актуальным является выбор теплоносителя для компенсации тепловых затрат на усвоение конвертерной ванны ЖСБ.

Подробный обзор применения различных теплоносителей в шихте конвертерной плавки показан в работе [3]. Наибольший приход теплоты наблюдается от использования карбида кремния. Однако данный материал является дорогостоящим и его применение является экономически нецелесообразным. Вместе с тем при производстве карбида кремния образуются отходы в виде пульпы с содержанием SiC до 90 %. Удаление избыточной влаги является трудоемким и энергозатратным процессом. Целесообразнее ее связать, например, цементом, который будет одновременно выполнять роль связующего при изготовлении брикетов.

Определить эффективность применения того или иного материала на практике является весьма сложной задачей из-за бессистемности изменения и взаимного наложения условий ведения плавки.

Методика проведения исследований. В работе выполнено моделирование конвертерной плавки с вводом в шихту железосодержащих (ЖСБ) и карбидокремниевых брикетов (БКЖС) при помощи разработанной на кафедре металлургии стали НМетАУ программы расчета ее материального и теплового баланса.

Расчеты выполняли из условия получения на повалке: содержания углерода в стали – 0,18 %; темпе-

ратуры – 1640 °С; основности шлака – 3,0; содержания (Fe_{общ}) – 17,3 %.

Характеристика чугуна выбрана, исходя из текущих условий работы конвертерного цеха, и представлена в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав и температура чугуна

[Si], %	[Mn], %	[P], %	[S], %	T, °C
0,60	0,50	0,040	0,032	1270

Дополнительные условия плавки представлены в табл. 2.

Таблица 2

Дополнительные условия проведения плавки

Степень дожига CO до CO ₂	0,125
Доля легковесного скрапа	0,2
Количество миксерного шлака, %	0,5
Теплопотери конвертера, %	7
Загрязнения лома, %	3
Загрязнение легковеса, %	5
Окалина лома, %	1
Окалина легковеса, %	2

Химический состав исходных материалов для изготовления ЖСБ и БКЖС представлен в табл. 3.

Результаты исследований. Поскольку выплавка стали в конвертерах ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» производится по двум вариантам шихтовки – на 66,0 и 65,5 т металлошихты, были сопоставлены

Таблица 3

Химический состав исходных материалов

Материал	Содержание компонентов, %							
	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	S/Si*	C
Цемент	2,05	–	3,25	5,5	64,0	21,65	0,70	–
Окалина	–	67,10	28,50	–	0,30	0,42	0,34	1,34
Карбид кремния	–	–	2,35	–	–	4,33	76,05*	17,27

Варианты шихтовки плавки

Материал	Вариант 1		Вариант 2	
	Расход на плавку, т	Удельный расход, кг/т	Расход на плавку, т	Удельный расход, кг/т
Садка конвертера Металлошихта	66,0	1104,6	65,5	1104,7
Расход лома	11,00	184,11	10,92	184,17
Расход чугуна	55,00	920,56	54,58	920,56
Расход извести	3,62	60,59	3,60	60,72
Расход плавикового шпата	0,10	1,67	0,10	1,69
Расход магнезитового флюса	0,30	5,02	0,30	5,06
Расход кислорода, м ³	3450,00	57,74	3420,00	57,68

Таблица 5

Результаты плавки

	Вариант 1	Вариант 2
Содержание углерода в стали, %	0,18	0,18
Содержание серы в стали, %	0,023	0,023
Температура стали, °С	1640,00	1640,00
Масса стали, т	59,75	59,29
Содержание в шлаке CaO, %	53,48	53,48
Содержание в шлаке SiO ₂ , %	17,83	17,83
Содержание в шлаке FeO, %	11,40	11,42
Содержание в шлаке Fe ₂ O ₃ , %	5,18	5,19
Содержание в шлаке MgO, %	4,10	4,11
Основность шлака	3,00	3,00
Масса шлака, т	6,27	6,23
Выход жидкой стали	0,905	0,905

составе 0,3; 3 – БКЖС, с долей SiC в составе 0,4.

Каждый из рассмотренных вариантов конвертерной плавки имеет свои преимущества и недостатки. Так применение ЖСБ в завалку конвертерной плавки практически не влияет на расход извести и как следствие не приводит к увеличению массы конечного шлака. При этом за счет железа, содержащегося в брикетах, при увеличении расхода брикетов на 100 кг/плавку удельный расход металлошихты снижается на 1,08 кг/т стали, при увеличении расхода чугуна примерно на 3 кг/т стали и соответ-

ствующем снижении расхода металлолома.

Ввод в состав брикетов карбида кремния приводит к противоположным результатам. В зависимости от доли SiC в составе брикета 0,3 или 0,4 расход чугуна снижается примерно на 0,35 и 1,5 кг/т стали на каждые 100 кг вводимого брикета, расход металлолома повышается на 0,7 и 2,3 кг/т стали соответственно. Однако за счет возрастания массы шлака (расход извести увеличивается на 2,9 и 4,0 кг/т стали на каждые 100 кг вводимого брикета)

результаты расчета конвертерной плавки с охлаждением металлоломом по этим вариантам (табл. 4, 5). Сопоставление полученных результатов свидетельствует о незначительных отклонениях в значениях удельных расходов материалов и о практически одинаковых результатах конвертерной плавки.

Влияние расхода брикетов на удельные расходы шихтовых материалов представлено на рис. 1-4.

Цифры у кривых – варианты процесса с добавлением в шихтовку: 1 – ЖСБ; 2 – БКЖС, с долей SiC в

составе 0,3; 3 – БКЖС, с долей SiC в составе 0,4.

Каждый из рассмотренных вариантов конвертерной плавки имеет свои преимущества и недостатки. Так применение ЖСБ в завалку конвертерной плавки практически не влияет на расход извести и как следствие не приводит к увеличению массы конечного шлака. При этом за счет железа, содержащегося в брикетах, при увеличении расхода брикетов на 100 кг/плавку удельный расход металлошихты снижается на 1,08 кг/т стали, при увеличении расхода чугуна примерно на 3 кг/т стали и соответ-

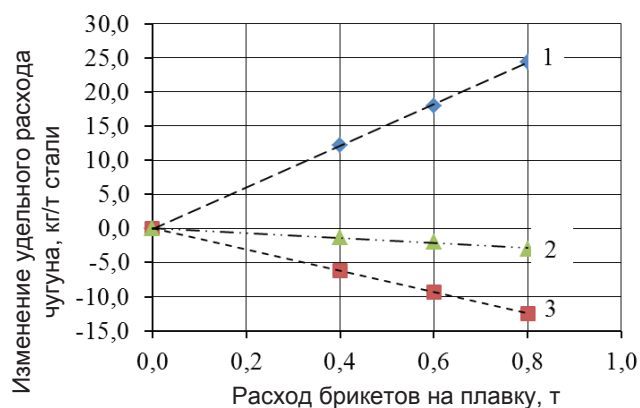


Рис. 1. Влияние расхода брикетов на удельный расход чугуна

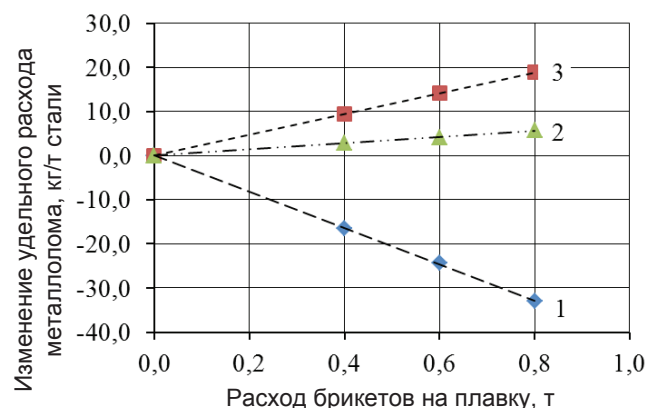


Рис. 2. Влияние расхода брикетов на удельный расход металлолома

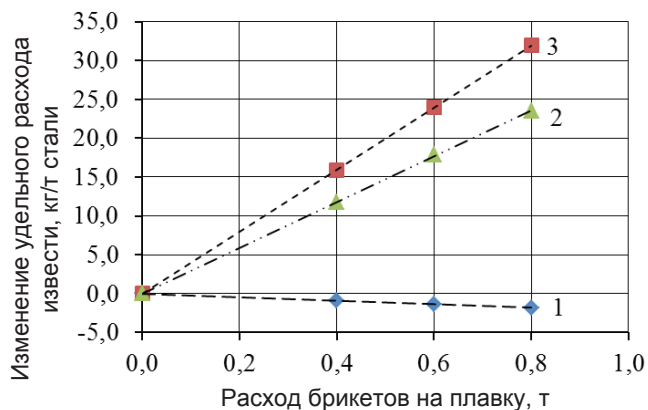


Рис. 3. Влияние расхода брикетов на удельный расход известь

и увеличения потерь металла со шлаком расход металлошхты увеличивается на 0,35 и 1,5 кг/т стали, соответственно.

Следует отметить, что в приведенных исследованиях не учитывали технологические свойства брикетов и их влияние на характер протекания конвертерной плавки (процесс шлакообразования, «зажигания» плавки, скачивания промежуточного шлака и др.). Поэтому на практике возможна корректировка и уточнение полученных численных значений влияния ввода в шихту конвертерной плавки железосодержащих, карбидокремниевых брикетов на ее показатели. Однако применение балансового метода исследова-

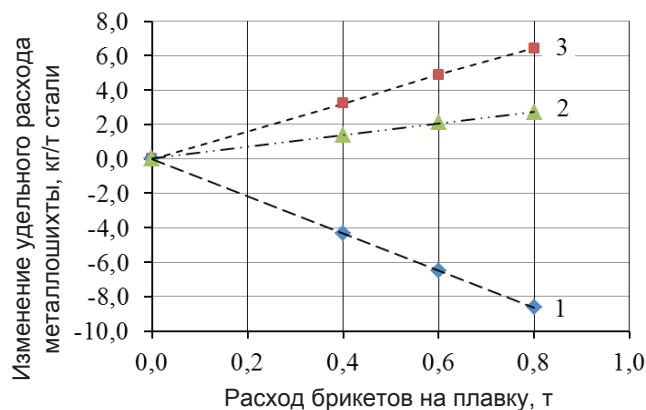
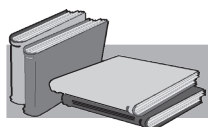


Рис. 4. Влияние расхода брикетов на удельный расход металлошхты

ний, при сохранении идентичности исходных данных, позволяет точно определить направление движения процесса и предсказать ожидаемые результаты.

Выводы

В зависимости от конъюнктуры цен на шихтовые материалы и, соответственно, поставленной задачи, тепловой баланс конвертерной плавки возможно эффективно корректировать присадками того или иного вида железосодержащих, карбидокремниевых брикетов.



ЛИТЕРАТУРА

1. Заспенко А. С., Шибко А. В., Чмырков К. Ф. Использование брикетов в конвертерном производстве ПАО «Евраз – ДМЗ им. Петровского» / *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2012. – № 3. – С. 12-13.
2. Чмырков К. Ф., Бойченко Б. М.. К вопросу об утилизации отходов металлургического производства методом их брикетирования / *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2010. – № 7. – С. 147-149.
3. Металлолом в шихте кислородных конвертеров / В. И. Баптизманский, Б. М. Бойченко, Е. В. Третьяков. – М.: Металлургия, 1982. – 136 с.

Анотація

Чмирков К. Ф., Заспенко А. С., Нізяєв К. Г., Бойченко Б. М., Петренко В. О., Стоянов А. М.

Моделювання конвертерної плавки з використанням в шихті брикетів, що містять карбід кремнію та залізо

Виконано моделювання конвертерної плавки з використанням в шихті залізовмісних (ЗВБ) та карбід-кремній-вмісних брикетів (ККВБ). Доведено, що в залежності від кон'юнктури цін на шихтові матеріали та відповідно поставленого завдання, тепловий баланс конвертерної плавки можливо ефективно корегувати присадками того чи іншого виду залізовмісних, карбід-кремній-вмісних брикетів.

Ключові слова

моделювання, технологія, конвертерна плавка, карбід кремнію, брикети

Modeling melting Converter with input in charge of the iron workers (FSW) and silicon carbide bricks (BCIS). It is shown that depending on a conjuncture of the prices for scrap materials and, accordingly, the tasks, the heat balance of the Converter melting possible to effectively adjust the additives of any species iron, silicon carbide bricks.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ И ПОДПИСЧИКОВ!**Порядок приёма статей в редакцию журнала****«Металл и литьё Украины»**

В журнале «Металл и литьё Украины» публикуются результаты исследований, которые ранее не издавались и законченные экспериментальные работы, оформленные в виде статей.

Статьи публикуются на русском языке.

Комплект документов, необходимых для регистрации статьи:

На бумаге подаются/присылаются:

- один экземпляр рукописи (включая: УДК; организацию; ФИО авторов, резюме и ключевые слова (не меньше 6-ти) на 3-х языках – русском, украинском и английском; текст статьи; таблицы; рисунки и подписи к ним, а также список литературы), пронумерованной с первой до последней страницы и подписанной на последней странице текста всеми авторами, а также электронный вариант статьи;*
- рецензия на статью и соглашение о передаче авторских прав, подписанное всеми авторами*
- сведения об авторах (ФИО – полностью)*

В электронном виде по e-mail: mlu@ptima.kiev.ua предоставляются:

- рукопись, идентичная бумажной версии (просьба называть файл по фамилии первого автора статьи, например, sidorov.doc или Сидоров.doc);*
- все иллюстрации в черно-белом варианте в одном из стандартных графических форматов «tif» или «jpeg»;*
- информация об авторах: фамилии, имена и отчества всех авторов, выделив одного из них, с кем следует вести переписку, факс и номер телефона (с кодом), а также названия учреждений, в которых выполнена работа.*