

Чмырков К. Ф.  
ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского»

Бойченко Б. М. /д. т. н./, Низяев К. Г. /д. т. н./,  
Стоянов А. Н. /к. т. н./  
НМетАУ

## Снижение расхода чугуна в шихте конвертерной плавки за счет использования железосодержащих карбидокремниевых брикетов

Выполнен анализ результатов использования железосодержащих карбидокремниевых брикетов в шихте конвертерной плавки. Показано, что разработанная технология обеспечивает снижение расхода жидкого чугуна на 1,97-2,63 кг/т стали при расходе брикетов 1 кг/т стали и соответствующем увеличении удельного расхода стального лома. Табл. 4. Библиогр.: 6 назв.

**Ключевые слова:** чугун, сталь, карбид кремния, брикет, технология, удельный расход

Outcome analysis of usage of iron-bearing silicon carbide briquettes in charge stock of converter operation is fulfilled. It is shown that developed technology provides reduction of liquid iron flow on 1,97-2,63 kg/t at briquette cost 1 kg/t of steel and corresponding increase of flow density of scrap steel.

**Keywords:** pig iron, steel, silicium carbide, briquette, technology, flow density

### Постановка проблемы

Снижение ресурсо- и энергозатрат при выплавке стали в кислородных конвертерах является жизненно необходимой задачей для современного состояния промышленности Украины. Основная доля в формировании энергоемкости стали принадлежит чугуну [1], поэтому снижение удельного расхода жидкого чугуна в шихте конвертерной плавки все время остается в зоне повышенного внимания металлургов.

### Анализ предыдущих исследований и публикаций

В условиях сложившейся структуры сталеплавильного производства на ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» решить эту задачу, за счет повышения теплосодержания шихтовых материалов, варианты и возможности которого раскрыты в работе [2], практически невозможно. Наиболее целесообразным решением является ввод дополнительного топлива. Ранее было показано, что наибольшее значение коэффициента использования топлива достигается при вводе в сталеплавильную ванну карбида кремния [2, 3]. Однако этот материал является достаточно дефицитным и дорогостоящим и экономическая эффективность его применения очень сомнительна.

### Изложение основных материалов разработки

В конвертерном цехе ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» внедрена технология плавки

с использованием в шихте железосодержащих карбидокремниевых брикетов (БКЖС) изготовленных из отходов собственного и смежных производств. Брикеты изготавливались на вибрационном прессе модели ПВ-02. Полученный брикет имел форму цилиндра с высотой 90 мм и диаметром 80 мм, с насыпной плотностью 1,44 т/м<sup>3</sup>. Согласно заводскому входному контролю химический состав брикетов изменялся в пределах (табл. 1).

В соответствии с разработанной технологией, БКЖС подавались по тракту сыпучих в конвертер в начальный период плавки не позднее 3-й минуты. При использовании БКЖС выполняли корректировку соотношения расхода жидкого чугуна, стального лома и добавок извести.

За 10 месяцев 2014 г. в конвертерном цехе ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» выплавлено ≈ 790 тыс. т стали (13 215 плавки). Для оценки эффективности использования БКЖС был выполнен сравнительный анализ технологических показателей выплавки стали полуспокойных марок 3ПС, 4ПС, 5ПС, S235JR. После анализа результатов плавки с точки зрения статистической достоверности и отсева параметров по грубым ошибкам, исследуемый массив выглядел следующим образом (табл. 2).

Минимальное, максимальное и среднее значение показателей работы конвертеров

Таблица 1

Химический состав БКЖС

Элемент	SiC	Fe <sub>общ</sub>	S	CaO	SiO <sub>2</sub>	W
Содержание, %	27,62-31,4	31,10-36,67	0,14-0,23	6,55-9,18	4,11-7,78	4,5-6,6

Таблица 2

Доля соответствующей марки стали и число плавов в анализируемом массиве

Плавки	Доля, %				Число плавов
	ЗПС	4ПС	5ПС	S235JR	
без БКЖС	68,98	0,81	17,15	13,06	10983
с БКЖС	70,14	11,88	5,65	12,33	686

в формате  $\frac{\text{мин} - \text{макс}}{\text{среднее}}$ , а также абсолютное изменение величины каждого показателя приведены в табл. 3.

Как следует из табл. 3, длительной работой цеха выявлено значительное, в целом, снижение удельного расхода чугуна на плавках с ис-

Таблица 3

Сравнение технологических показателей выплавки стали полуспокойных марок

Показатель	Значение показателя на плавках*		
	без БКЖС	с БКЖС	Изменение
1	2	3	4
Шихтовка плавки			
Количество плавов с предварительным прогревом лома, шт. (%)	1253; (11,49)	132; (19,24)	
Удельный расход жидкого чугуна (УРЖЧ), кг/т стали	$\frac{737 \div 1152}{920}$	$\frac{736 \div 1112}{900}$	-20
Удельный расход металлолома, кг/т стали	$\frac{0 \div 315}{132}$	$\frac{0 \div 307}{150}$	+18
Удельный расход твердого чугуна, кг/т стали	$\frac{8 \div 267}{108}; (31,28)$	$\frac{47 \div 274}{118}; (31,92)$	+10
Удельный расход скрапа, кг/т стали	$\frac{8 \div 179}{66}; (13,38)$	$\frac{19 \div 116}{58}; (12,24)$	-8
Удельный расход БКЖС, кг/т стали	-	$\frac{1,898 \div 10,215}{7,479}$	+7,479
Удельный расход извести (УРИ), кг/т стали	$\frac{4,93 \div 116,82}{57,82}$	$\frac{6,78 \div 103,66}{64,06}$	+6,22
Удельный расход известняка, кг/т стали	$\frac{1,65 \div 35,2}{9,18}; (4,82)$	-	-9,18
Содержание в чугуне, %:			
Si	$\frac{0,10 \div 2,47}{0,505}$	$\frac{0,18 \div 2,15}{0,59}$	+0,085
Mn	$\frac{0,10 \div 0,89}{0,384}$	$\frac{0,03 \div 0,68}{0,390}$	+0,006
S	$\frac{0,011 \div 0,089}{0,035}$	$\frac{0,014 \div 0,077}{0,032}$	-0,003
P	$\frac{0,019 \div 0,21}{0,107}$	$\frac{0,023 \div 0,207}{0,112}$	+0,005
Температура чугуна, °С:			
в доменном ковше	$\frac{1100 \div 1390}{1278}$	$\frac{1150 \div 1360}{1286}$	+10
в заливочном ковше	$\frac{1220 \div 1330}{1270}; (2,41)$	$\frac{1280 \div 1300}{1293}; (1,02)$	+23
Количество плавов с прямым переливом чугуна, шт. (%)	4085; (37,47)	437; (63,70)	
Показатели плавки			
Содержание на повалке, %			
C	$\frac{0,02 \div 1,68}{0,218}$	$\frac{0,03 \div 1,20}{0,220}$	+0,002
Mn	$\frac{0,01 \div 0,78}{0,138}$	$\frac{0,04 \div 0,28}{0,130}$	-0,008
S	$\frac{0,030 \div 0,047}{0,032}$	$\frac{0,010 \div 0,062}{0,032}$	0
P	$\frac{0,01 \div 0,147}{0,023}$	$\frac{0,004 \div 0,095}{0,022}$	-0,001
Температура стали на повалке, °С	$\frac{1514 \div 1719}{1641}$	$\frac{1528 \div 1698}{1641}$	0
Содержание оксидов железа в шлаке, %	$\frac{13,83 \div 43,69}{18,13}; (34,98)$	$\frac{7,78 \div 30,53}{17,50}; (36,59)$	-0,63
Основность шлака			
CaO/SiO <sub>2</sub>	$\frac{1,55 \div 8,52}{3,77}$	$\frac{1,89 \div 6,59}{3,34}$	-0,43
(CaO+MgO)/SiO <sub>2</sub>	$\frac{1,72 \div 11,00}{4,19}$	$\frac{2,12 \div 7,10}{3,68}$	-0,51
Удельный расход металлошихты, кг/т стали	$\frac{1047 \div 1190}{1094,5}$	$\frac{1045 \div 1199}{1094,2}$	-0,3
Выход годного, %	$\frac{84,1 \div 95,5}{91,37}$	$\frac{83,4 \div 95,7}{91,39}$	+0,02

Примечание. \* – В скобках доля плавов с соответствующим показателем в общем массиве.

пользованием БКЖС, оно составило 20 кг/т стали. Однако по результатам сделанного анализа количественная оценка эффективности применения БКЖС затруднена. Так, сопоставление остальных технологических показателей показывает, что на этих плавках выше относительная доля плавков с предварительным подогревом лома, выше расход твердого чугуна, ниже расход скрапа, выше содержание кремния в чугуне и его температура, ниже расход извести, ниже содержание в шлаке (FeO). Все эти параметры в значительной степени влияют на долю чугуна в шихте конвертерной плавки. Для учета вышеизложенного и обеспечения сопоставительных условий путем исключения влияния на расход чугуна большинства других параметров плавков, оба массива были разделены на группы:

1 – общий массив плавков без использования в шихте твердого чугуна и скрапа;

2 – плавки без использования в шихте твердого чугуна, скрапа и без предварительного прогрева лома;

3 – плавки без использования в шихте твердого чугуна, скрапа и с предварительным прогревом лома.

В табл. 4 представлены средние значения технологических показателей выплавки стали в указанных группах.

Таблица 4

**Значения технологических показателей выплавки стали в группах 1, 2, 3**

Группа плавков		УРЖЧ, кг/т	УРИ, кг/т	[Si], %	(FeO), %
1	без использ. БКЖС	934,0	57,82	0,51	18,33
	с использ. БКЖС	912,6	64,04	0,59	17,53
	Изменение	-21,4	+6,22	+0,08	-0,8
2	без использ. БКЖС	938,2	57,07	0,50	18,45
	с использ. БКЖС	920,1	61,94	0,57	17,60
	Изменение	-18,1	+4,87	+0,07	-0,85
3	без использ. БКЖС	904,3	56,96	0,54	17,64
	с использ. БКЖС	883,9	61,48	0,64	16,98
	Изменение	-20,4	+4,82	+0,1	-0,66

Согласно [4, 5] удельный расход чугуна:

– снижается при повышении содержания в чугуне кремния на 0,1 % на 5,4 кг/т стали, при увеличении расхода извести на 7 кг/т стали, и на 11,9 кг/т стали без увеличения расхода извести;

– повышается на 11,4 кг/т стали при увеличении расхода извести на 10 кг/т стали;

– снижается на 0,3 кг/т стали при повышении содержания (FeO) в конечном шлаке на 1,0 %.

С учетом этих данных на плавках с использованием БКЖС удельный расход жидкого чугуна снизился на 19,17; 15,38 и 13,88 кг/т стали в 1, 2, 3 группах соответственно, или на 1,97-2,63 кг/т стали на каждый 1 кг/т стали вводимого БКЖС. Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с данными моделирования конвертерной плавки [6].

### Вывод

Технология конвертерной плавки с использованием в шихте железосодержащих карбидокремниевых брикетов, изготовленных из отходов собственного и смежных производств, в условиях сталеплавильного производства ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» позволяет снизить удельный расход жидкого чугуна на 1,97-2,63 кг/т стали на каждый 1 кг/т стали вводимого БКЖС.

### Библиографический список

1. Баптизмантий В. И., Бойченко Б. М., Черевко В. П. Тепловая работа кислородных конвертеров. – М.: Металлургия, 1998. – 147 с.
2. Баптизмантий В. И., Бойченко Б. М., Третьяков Е. В. Металлолом в шихте кислородных конвертеров. – М.: Металлургия, 1982. – 136 с.
3. Steel Times. – 1978. – № 10. – Р. 853, 856-867, 858-869.
4. Технология производства стали в современных конвертерных цехах / С. В. Колпаков, Р. В. Старов, В. В. Смоктий и др.; Под общей ред. С. В. Колпакова. – М.: Машиностроение, 1991. – 464 с.
5. Типовая технологическая инструкция по выплавке стали в конвертерах ТТИ-1.3-15-23-86. Утв. Минчерметом СССР 24.08.1986 г. – Днепропетровск, 1986. – 60 с.
6. Чмырков К. Ф., Заспенко А. С., Низяев К. Г., Бойченко Б. М., Стоянов А. Н. Моделирование конвертерной плавки с использованием в шихте карбидокремниевых, железосодержащих брикетов // Металл и литье Украины. – 2014. – № 5-6. – С. 51-53.

**Поступила 27.01.2015**