

К. Ф. Чмырков

ПАО ЕВРАЗ-ДМЗ имени Петровского

Б. М. Бойченко /д. т. н./, К. Г. Низяев /д. т. н./,**А. Н. Стоянов /к. т. н./**Национальная металлургическая академия
Украины**А. А. Салей /д. т. н./**Украинский государственный химико-
технологический университет

Комплексные исследования служебных свойств брикетов, полученных из шлама карбидкремниевого производства и окалина

Приведены результаты лабораторных и промышленных исследований по определению эксплуатационных свойств железосодержащих карбидкремниевых брикетов: плотности, механической прочности, пористости и удельной теплопроводности. Установлены рациональные состав и технические характеристики брикетов. (Ил. 2. Табл. 3. Библиогр.: 5 назв.).

Ключевые слова: конвертер, брикет, плотность, механическая прочность, пористость, удельная теплопроводность.

The results of laboratorial and industrial tests to determine the density, mechanical strength, porosity and thermal conductivity of iron carbide briquettes. Installed rational composition and characteristics of briquettes for use them in the manufacture of converter

Key words: converter preform, the density, mechanical strength, porosity, thermal conductivity.

Актуальность и постановка задач исследования

На основании предварительно выполненных термодинамических исследований сформулированы основные требования к сырьевому (химическому) составу железосодержащих карбидкремниевых брикетов (БКЖС) [1]. Однако технологическая эффективность применения брикетов в конвертерном производстве определяется не только их химическим составом, но и служебными характеристиками. В процессе эксплуатации брикеты испытывают ударные нагрузки при перегрузках, загрузке расходных бункеров. Раздавливающим нагрузкам брикеты подвергаются в случае накопления в бункерах или штабелях, на складах и при перевозках в вагонах. Плотность и пористость брикетов определяют условия их усвоения сталеплавильной ванной. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований по определению эксплуатационных характеристик БКЖС, результаты которых представлены в настоящей работе.

Методика проведения исследований

Для выполнения лабораторных исследований были отобраны образцы из промышленной партии БКЖС, полученных методом вибропрессования. Визуальным осмотром установлено, что брикеты имеют правильную одинаковую заданную форму и фиксированный вес. Шихта для изготовления брикетов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение составляющих шихты БКЖС

№ образца	Содержание, %	
	Прокатная окалина	Шлам карбидкремниевого производства
1	30	70
2	40	60
3	50	50
4	60	40
5	70	30

Связующее (цемент) добавляли в количестве 10 % сверх веса сырьевого шихты.

Испытания на механическую прочность проводили на поверенном гидравлическом прессе в лаборатории кафедры химической технологии вяжущих материалов Украинского государственного химико-технологического университета (УГХТУ). Прочность на удар определяли путем сбрасывания промышленных образцов брикетов с двухметровой высоты на жесткую металлическую поверхность. При этом контролировали количество образующейся фракции размером менее 10 мм.

Открытую пористость, водопоглощение определяли по методике, изложенной в работе [2].

Экспериментальное исследование теплопроводности БКЖС проводили методом полого цилиндра со стационарным тепловым потоком, генерируемым электрическим током [3].

СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Промышленные испытания осуществлены в конвертерном цехе ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ имени Петровского». БКЖС вводили в ванну в ходе продувки по разработанному авторами режиму для снижения расхода энергоемкого чугуна через тракт сыпучих материалов [4]. Определено, что брикеты без каких-либо затруднений могут быть автоматически взвешены и перемещены в конвертер через тракт и выдвигной желоб.

Как ранее нами установлено [5], о составе пыли, уносимой потоками конвертерных газов, с достаточной для практики точностью можно судить по составу частиц, которые сначала захватываются отходящими газами, а затем возвращаются в полость конвертера.

Представительные частицы, определяющие запыленность элементов газоотводящего тракта конвертера, из-за наклона потока газов в кессоне и потери скорости ими вследствие подсоса воздуха, смещаются вниз от оси потоков, попадая в еще менее скоростные их слои. Те уже не имеют достаточного импульса для вовлечения в свое движение частиц фракцией 2–6 мм. Последние осаждаются в кессоне и скатываются по образующей цилиндра кессона. Пробоотборник устанавливали непосредственно под ней, осуществляя ежеминутный отбор проб пыли после ввода брикетов вплоть до середины продувки, когда скорость окисления углерода и выход конвертерных газов максимальны.

Результаты исследований

Результаты исследований по определению эксплуатационных характеристик и теплофизических свойств БКЖС в зависимости от состава представлены на рис. 1 и 2, а также в табл. 2 и 3.

Повышение концентрации прокатной окалины в составе брикета увеличивает его плот-



Рис. 1. Плотность БКЖС различного химического состава

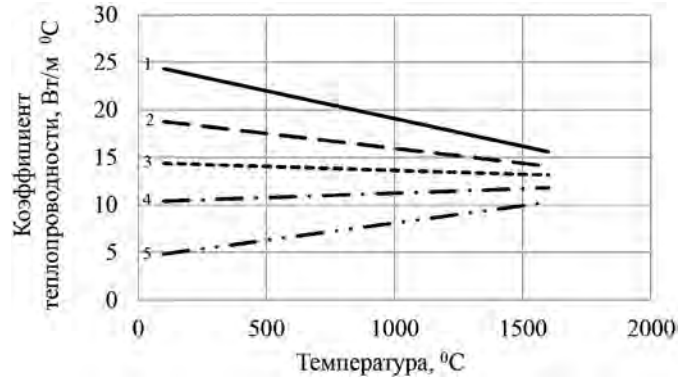


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности БКЖС от температуры и состава (цифры у кривых – № образца)

ность. Такой фактор положительно влияет на процесс усвоения брикета шлакометаллической эмульсией, однако повышенное содержание оксидов железа ухудшает его тепловую работу (теплотворную способность) в конвертерной ванне. Снижение количества прокатной окалины за счет увеличения доли шлама карбида кремния приводит к значительному снижению плотности брикета и предопределяет его контакт в основном со шлаковым расплавом, что не ис-

Таблица 2

Механическая прочность БКЖС

№ образца	Площадь поперечного сечения, см ²	Нагрузка разрушения, МПа	Прочность, МПа/см ²
1	53,43	176	3,30
2	53,43	164	3,07
3	53,43	188	3,52
4	53,43	168	3,15
5	53,43	165	3,09

Таблица 3

Результаты исследования водопоглощения (В) и пористости (Π_{ор}) БКЖС

№ образца	Масса образца, г			В, %	Π _{ор} , %
	m	m ₁	m ₂		
1	112,42	118,65	68,55	5,54	12,44
2	93,60	100,61	60,41	7,49	17,44
3	122,56	129,19	77,11	5,41	12,73
4	101,65	108,45	68,31	6,69	16,94
5	105,78	113,45	69,11	7,25	17,30

ключает возможность окисления карбида кремния газовой фазой, а это, в свою очередь значительно снизит эффективность тепло- и массообменных процессов в металлической ванне.

Предел механической прочности БКЖС составляет 3,07–3,52 МПа/см², количество фракции менее 10 мм при испытании БКЖС на ударную прочность составило 5,6–8,9 %, что обеспечивает возможность их использования по существующим в сталеплавильных цехах трактах подачи сыпучих материалов. Изменение прочностных характеристик брикета связано с изменением соотношения компонентов и количеством гидратной влаги. Установлено, что увеличение количества гидратной влаги в составе брикета приводит к увеличению механической прочности, однако это обстоятельство существенно снижает теплотворную способность брикета, а также может оказывать существенное влияние на процесс растворения брикета в конвертерной ванне.

Достаточная пористость 12–17 % предполагает быстрое взаимодействие брикета со шлакометаллической эмульсией в конвертере.

Согласно данным, представленным на рис. 2, наиболее целесообразным с позиций теплофизических характеристик материалов, применяемых в конвертерном производстве, является образец БКЖС состава № 3. Поскольку в данном случае прирост коэффициента теплопроводности определяется температурой, что позволяет материалу более равномерно взаимодействовать с компонентами металлического и шлакового расплавов.

Аппроксимация полученных экспериментальных данных позволила получить математическое уравнение зависимости коэффициента теплопроводности от состава БКЖС и температуры, которое имеет следующий вид:

$$\lambda = 17,9 \cdot Ц - 1,99 \cdot КШ - 0,19 \cdot ПО - 1,06 \cdot 10^{-15} \cdot T, \\ R^2 = 0,989,$$

где Ц, КШ и ПО – содержание цемента, карбидного шлама и прокатной окалины в БКЖС, %; T – температура, °С.

Промышленная апробация использования в составе шихты конвертерной плавки БКЖС разработанного состава с отбором проб пыли по вышеприведенной методике показала, что в отобранном материале функционального состава брикетов карбида кремния не обнаружено. Не обнаружено его и в шламе газоочистки конвертеров после проведения серии из 65 плавков. Полученные результаты свидетельствуют о практически полном усвоении БКЖС конвертерной ванной.

На специально выполненной повалке конвертера, по истечении 30 % длительности продув-

ки, а именно через 3 мин после присадки БКЖС, соответствующих образцу № 3 (см. табл. 1) отбирали из ванны пробу, в которую попали брикет с окружающим его металлом. Пробу охладили, разрезали пополам и проанализировали под микроскопом с 80-кратным увеличением. Температура ванны составляла 1470 °С. Результаты контроля показали, что сохранились лишь очертания периферии брикета и внутреннего его скелета из карбида кремния, проба расплава была почти однородна.

Выводы

На основании проведенных лабораторных и промышленных испытаний установлена применимость БКЖС в качестве шихты в конвертерном производстве стали.

Применение брикетов в заданном диапазоне соотношений железосодержащего материала и шлама карбида кремния расширяет методы для активизации процессов в конвертере (шлакообразование, приход теплоты) при практически неизменяющихся механических свойствах.

Брикеты разработанного состава прочны, не истираются в тракте сыпучих материалов и без потерь их массы попадают в ванну, не приводят к запылению в газоотводящем тракте, вследствие своей плотности располагаются на границе металла со шлаком и благодаря высокой теплопроводности и пористости с достаточной для практики скоростью способны увеличивать приходную часть теплового баланса конвертерной плавки.

Подтверждена экологическая безопасность брикетов (безотходность, отсутствие причин для образования вредных выделений при высоких температурах).

Наиболее рациональный, с точки зрения использования в конвертерном производстве, состав БКЖС, вес. %: шлам карбидкремниевый производства – 50, прокатная окалина – 50, связующее (цемент) – 10 сверх массы технологической шихты.

Библиографический список

1. Чмырков К. Ф. Моделирование конвертерной плавки с использованием в шихте карбидокремниевых, железосодержащих брикетов / К. Ф. Чмырков, А. С. Заспенко, К. Г. Низяев [и др.] // Металл и литье Украины. – 2014. – № 5–6. – С. 3–9.
2. ГОСТ 24409-80. Материалы керамические электротехнические. Методы испытаний.
3. Пустовалов В. В. Теплопроводность огнеупоров / В. В. Пустовалов. – М.: Металлургия. 1966. – 84 с.

4. Чмырков К. Ф. Снижение расхода чугуна в шихте конвертерной плавки за счет использования железосодержащих карбидокремневых брикетов / К. Ф. Чмырков, Б. М. Бойченко, К. Г. Низяев, А. Н. Стоянов // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2015. – № 2. – С. 21–23.

5. Бойченко Б. М. Целесообразные размеры кусков твердых материалов, используе-

мых при конвертерной плавке. Научные сообщения Десятой Всесоюзной конференции «Физико-химические основы металлургических процессов / Б. М. Бойченко, Ю. Н. Борисов, В. И. Баптизманский. – Москва: Черметинформация. – 1991. – Ч. II. – С. 187–189.

Поступила 22.01.2016



УДК 669.184

Наука

А. А. Похвалитый, А. Д. Кулик /к. т. н./,
Е. Н. Сигарев /д. т. н./, К. И. Чубин /к. т. н./,
М. А. Кашеев /к. т. н./

Днепродзержинский государственный
технический университет

А. Н. Стоянов /к. т. н./

Национальная металлургическая академия
Украины

Высокотемпературное моделирование выпуска плавки из конвертера с подачей аргона в полость летки

Выполнено высокотемпературное моделирование выпуска плавки из конвертера с обработкой металлического потока аргоном. Получены данные о поведении потока и отдельных его частиц при различных режимах обработки аргоном с учетом особенностей конструкции летки. (Ил. 5. Библиогр.: 5 назв.).

Ключевые слова: конвертер, летка, аргон, газо-металлический поток, углеродное раскисление, высокотемпературное моделирование.

High-temperature modeling of tapping from the converter with processing of a metal flow by argon is performed. Data on behavior of a flow and its particles at different modes of processing by argon taking into account features of taphole construction are obtained.

Key words: converter, taphole, argon, gas-metal flow, carbon deoxidation, high-temperature modeling.

Введение

Получение металлопродукции с высокими показателями качества во многом зависит от технологии производства. В сталеплавильном производстве повышение показателей чистоты стали по вредным примесям напрямую зависит от технологии раскисления. Наиболее распространенным является метод глубинного раскисления, когда кислород из металла удаляют с применением металлических раскислителей (Al, FeSi, FeMn и др.). При этом продукты раскисления удаляются в шлак не полностью и нередко становятся причиной брака заготовки по неметаллическим включениям (НВ). Для снижения количества НВ существует ряд технологий, применяемых на разных этапах производства стали, начиная от выплавки в конвертере и заканчивая разливкой и кристаллизацией.

Наиболее «чистой» (эффективной) технологией раскисления является углеродное раскисление. При этом продукты раскисления удаляются в газовую фазу в виде CO и CO₂. Согласно литературным данным при создании разрежения (вакуумировании) раскисляющая способность углерода может превосходить даже алюминий.

Многочисленные исследования свойств углерода указывают на возможность протекания углеродного раскисления при продувке аргоном без создания разрежения. Снижения окисленности достигают за счет послепродувочного перемешивания аргоном при комбинированной продувке конвертерной ванны с расходом газа 0,4–1,2 м³/т стали [1]. В конвертере степень раскисления металла снижается за счет активного перемешивания с высокоокисленным шла-