

Статья опубликована в журнале «Новые огнеупоры», №11 2008 г.

Опыт эксплуатации рабочей футеровки 350-т конвертера в КЦ-2 ОАО «НЛМК»

Датукашвили Д.О., к.т.н. Можжерин А.В., к.т.н. Дука А.П., к.т.н. Мусевич В.А.

ООО «Торговый дом «БКО»

Поминов В.В., Ганьшин Е.А.

ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат»

В условиях работы конвертерного цеха №2 ОАО «НЛМК» в 2007-2008 гг. испытаны периклазоуглеродистые футеровки из изделий поставки ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров». В статье проведен сравнительный анализ футеровок, определены направления совершенствования состава огнеупоров.

Специалисты ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (ОАО «НЛМК») постоянно уделяют повышенное внимание к требованиям качества и снижению себестоимости выплавляемой стали. Интенсификация технологических операций при производстве и переработке стали (аргонная продувка, химические подогревы) ужесточает условия службы огнеупорных футеровок в металлургических агрегатах: конвертеров, сталеразливочных ковшей, электропечей, установках печь-ковш и др. Стоимость огнеупорных футеровок, выполненных оксидоуглеродистыми огнеупорами и эксплуатирующихся в режимах интенсивного воздействия высоких температур, расплавов металла и шлаков, переменных газовых сред, термомеханических нагрузжений (табл. 1), затраты на ремонт и монтаж, составляют заметную часть в себестоимости выпускаемой продукции. Снижение удельных затрат на расход огнеупорных материалов и увеличение сроков службы футеровки агрегатов, позволяют повысить эффективность работы металлургических производств. Увеличение ресурсов безаварийной эксплуатации футеровок должно быть обеспечено совершенствованием технологии и повышением показателей технических свойств и качества применяемых огнеупоров.

ОАО "Боровичский комбинат огнеупоров" с 1998 года выпускает периклазоуглеродистые огнеупоры. Отсутствие в России разработанной высококачественной минеральной сырьевой базы вынуждало закупать сырье для производства периклазоуглеродистых огнеупоров (периклаз, графит) за границей, главным образом в Китае. Повышение китайской стороной пошлин на экспорт сырья заставило ОАО «БКО», начиная с 2007 года, перенести часть производства непосредственно в КНР и продолжать выпуск периклазоуглеродистых (ПУ) огнеупоров в рамках совместного производства. Контроль качества проводится как на китайской площадке (первичный контроль) специалистами ООО «ТД «БКО», так и непосредственно на ОАО «БКО» (повторный контроль). Ввиду полного совпадения результатов контроля качества, происходит постепенный перенос проведения контроля качества на китайскую площадку. Контроль качества продукции на совместном производстве осуществляется представителями ООО «ТД «БКО» по методикам, соответствующим ГОСТ Р.

Таблица 1 – Характеристика условий службы конвертерной футеровки в КЦ-2 ОАО «НЛМК»

1. Номинальная ёмкость	300				
2. Максимальное количество плавков в сутки	30				
3. Садка конвертера	360 т				
из них жидкий чугун	69-86 %				
металлошихта	14-31 %				
4. Температура чугуна	1320-1400 °С				
5. Продувка кислородом	20-30 мин				
6. Донная продувка	используется				
7. Температура стали перед выпуском	1640-1730 °С				
8. Количество «горячих» плавков за кампанию:					
более 1700 °С	24 %				
более 1730 °С	4-5 %				
9. Химический состав стали на выходе	С до 0.04 %				
10. Химический состав шлака, масс. %	CaO	SiO ₂	Al	Fe _{общ}	MgO
	40-55	15-25	1-3	16-25	3-10
11. Основность шлака	2,7-3,6				
12. Количество плавков, с додувками, %	12,5				

В период с 07.04.2008 по 05.08.2007 года в КЦ-2 эксплуатировалась футеровка конвертера поставки ОАО «БКО», выполненная из изделий марки ПУ-1 и ПУ-1П (табл. 2). Стойкость футеровки составила 2892 плавки, вывод конвертера на ремонт плановый. В ходе эксплуатации отмечено, что основной износ футеровки наблюдался в районе цапф (карманов) и сферы.

Таблица 2 – Физико-химические показатели периклазоуглеродистых изделий марок ПУ-1 и ПУ-1П

Показатели технических свойств (фактические)	ПУ-1	ПУ-1П
Содержание (на прокаленное в-во), масс. % MgO	≥90	≥90
Антиокислительные добавки	2,5	2,5
Содержание углерода С, масс. %	10-11	10-11
Кажущаяся плотность, г/см ³	3,03-3,05	3,03-3,05
Открытая пористость, %	3,3-5,1	2,6-4,2
Предел прочности при сжатии, МПа	41-46	40-47
Открытая пористость после коксующего обжига при 1000 °С*, %	7,4-9,1	7,1-8,6
Предел прочности при сжатии после коксующего обжига*, МПа	33-35	35-39
Предел прочности на изгиб при 1400 °С (в атмосфере Ar), МПа	≥8,5	≥10,5

* - выдержка $t_{max} = 5$ часов.

Для увеличения стойкости конвертера, а также для снижения количества используемых ремонтных материалов, специалистами ОАО «БКО» и ООО «Торговый дом «БКО» была разработана и испытана (24.11.2007 по 24.04.2008 г.) новая схема футеровки с расширенным усилением наиболее изнашиваемых участков футеровки огнеупорными изделиями марки ПУ-1П. Для повышения стойкости футеровки, в изделиях марки ПУ-1П была увеличена доля крупнокристаллического высокочистого периклаза с 40 до 60%, в изделиях марки ПУ-1 – до 30% при изменении фракционного состава обеих марок. В изделиях марки ПУ-1 и ПУ-1П была использована смесь антиокислительных добавок с оптимизированным составом, увеличено содержание высококачественного крупночешуйчатого графита. Физико-химические показатели усовершенствованных периклазоуглеродистых огнеупоров приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели усовершенствованных периклазоуглеродистых изделий марок ПУ-1 и ПУ-1П

Показатели технических свойств (фактические)	ПУ-1	ПУ-1П
Содержание (на прокаленное в-во), масс. % MgO	≥90	≥90
Антиокислительные добавки	3,0	3,0
Содержание углерода С, масс. %	12-13	12-13
Кажущаяся плотность, г/см ³	2,99-3,03	3,00-3,03
Открытая пористость, %	2,0-4,0	1,9-3,5
Предел прочности при сжатии, МПа	39-46	40-47
Открытая пористость после коксующего обжига при 1000 °С*, %	6,5-8,5	6,1-7,8
Предел прочности при сжатии после коксующего обжига*, МПа	33-35	35-39
Предел прочности на изгиб при 1400 °С (в атмосфере Ar), МПа	≥10	≥12

* - выдержка $t_{\max} = 5$ часов.

Рабочая футеровка стен конвертера выполнена насухо только клиновыми изделиями, что в сочетании с кольцевой кладкой, исключает возможность выпадения изделий из футеровки при эксплуатации конвертера. Рабочая футеровка днища выполнена изделиями длиной 450 мм в два оката. Общая толщина дна 900 мм. В днище установлено 10 продувочных фурм иностранного производства размерами 100×150×450 мм, для выполнения футеровки вокруг фурм использовались замковые изделия из комплекта поставки ОАО «БКО». Выполнение футеровки велось при постоянном контроле представителями ОАО «БКО» и ООО «Торговый дом «БКО». Стойкость новой футеровки составила 2987 плавов, вывод конвертера на ремонт плановый.

Уход за футеровкой конвертера осуществлялся по мере необходимости. В частности применялось: газодинамическое торкретирование (раздув шлака азотом для создания гарнисажа), факельное торкретирование и подварка сливной и загрузочной стороны, дна футеровки (вместе с традиционно применяемыми подварочными брикетами использовались и подварочные брикеты, изготовленные из некондиционных периклазоуглеродистых огнеупоров, производства ОАО «БКО», показавшие положительный результат). Также использовалось локальное полусухое торкретирование наиболее изношенных участков.

Применение новой футеровки конвертера позволило существенно сократить затраты основных материалов на уход за футеровкой (таблица 4).

Таблица 4 – Уход за футеровкой конвертеров поставки ОАО «БКО»

Наименование параметра	Значение параметра		Δ, %
1. Период эксплуатации	07.04.2007 - 05.08.2007	24.11.2007 - 24.03.2008	
2. Стойкость	2892	2987	+3,4
3. Средний вес плавки	318,5	318,5	
4. Подварка футеровки			
4.1 Начало подварки, пл.	204	304	
4.2 Количество операций подваривания, оп.	131	95	-27,5
4.3 Удельный расход подварочных материалов, кг/т	2,73	1,80	-34,0
5. Факельное торкретирование:			
5.1 Начало периода торкретирования, пл.	80	110	
5.2 Количество операций торкретирования, оп. ⁻¹	342	299	
5.3 Удельный расход торкрет массы на кампанию, кг/т	2,94	2,52	-14,3
6. Газодинамическое торкретирование			
6.1 Начало периода торкретирования, пл.	1	1	
6.2 Период торкретирования	2891	2944	
6.3 Удельный расход шлакообразующих материалов			
ДОШ	1,5	0,7	-53,3
ФОМ	0,18	0,09	-50,0
Известь	77,6	79,6	+2,5
7. Локальное торкретирование			
7.1 Начало периода торкретирования, пл.	600	603	
7.2 Период торкретирования	2292	2342	
7.3 Удельный расход торкрет массы на кампанию, кг/т	0,08	0,09	+12,5

Учитывая опыт эксплуатации футеровок, специалистами ОАО «БКО» и ООО «Торговый дом «БКО» для дальнейшего повышения стойкости рабочей футеровки конвертера до 3500 плавков постоянно проводятся работы по оптимизации состава периклазоуглеродистых огнеупоров марок ПУ-1 и ПУ-1П в Центре совершенствования технологий и производства ОАО «БКО». В частности, в шихте огнеупоров обеих марок увеличена доля углерода (до 14 масс. %) за счет дополнительного введения пековой добавки (аналог «Carbores P»), для марки ПУ-1П доля высокочистого крупнокристаллического периклаза доведена до 100%, для марки ПУ-1 – до 60%.

Наряду с материалами для рабочей футеровки конвертеров ООО «Торговый дом БКО» может предложить торкрет-массы и подварочные брикеты для ухода за футеровками конвертеров, а также материалы для выполнения арматурной части футеровки.

Выводы

По результатам эксплуатации рабочих футеровок 350-т конвертеров в условиях КЦ-2 ОАО «НЛМК» можно сделать следующие выводы:

1. Разработаны и постоянно совершенствуются качественные характеристики периклазоуглеродистых огнеупоров марок ПУ-1 и ПУ-1П для футеровок конвертеров в условиях Центра совершенствования технологии и производства ОАО «БКО»;
2. Применение высококачественных сырьевых компонентов, оптимизация фазового и зернового составов в сочетании с дифференцированной кладкой футеровки позволяют увеличить стойкость футеровки при одновременном снижении затрат на уход за футеровкой, что является одним из совместных направлений ОАО «БКО» и потребителями нашей продукции;

Данные факты свидетельствуют о целесообразности постоянного совершенствования состава и конструкции футеровки, что приводит к увеличению производительности цеха за счет сокращения количества перефутеровок при увеличении стойкости конвертеров.