

*Статья опубликована в журнале «Новые огнеупоры», № 1, 2011 г.*

**Совершенствование дизайна футеровки и повышение стойкости 90-т сталеразливочных ковшей ЗАО «МЗ Петросталь» поставок ОАО «БКО»**

К.т.н. Маргишвили А.П., к.т.н. Можжерин А.В., Межиев Р.М., к.т.н. Мусевич В.А., к.т.н. Дука А.П.

ООО «Торговый дом «БКО», г. Боровичи, Новгородская обл., Россия

Соколов А.И., Бубнов А.Н, Саломахин О.А. ЗАО «МЗ «Петросталь», г. Санкт-Петербург, Россия

*В условиях работы ЗАО «МЗ Петросталь» рассмотрены этапы совершенствования дизайна и стойкости оксидоуглеродистых футеровок поставок ОАО «БКО» в период 2004-2010 г.г. Проведен анализ эксплуатации рабочих футеровок 90-т сталеразливочных ковшей, определены основные направления совершенствования состава огнеупоров и дизайна кладки.*

Для производства стали на металлургическом заводе «Петросталь» (дочернее предприятие ОАО «Кировский завод») применяется мартеновский способ: цех содержит 4 мартеновские печи с основным подом вместимостью по 85 тонн. Годовой выпуск стали в сталеплавильном цехе составляет до 325 тысяч тонн годных слитков. Для выплавки стали используется скрап-процесс при твердой завалке шихты. В 2003 году введена в эксплуатацию установка печь-ковш (АКОС) для внепечной обработки стали, что позволило существенно расширить номенклатуру выплавляемых марок стали и улучшить качество. Внепечная обработка стали обеспечивает однородность химического состава стали и снижение содержания неметаллических включений, позволяет проводить глубокую десульфурацию стали до содержания серы максимум 0,012%, обеспечивает точность легирования и повышение уровня физико-механических свойств стали. На предприятии освоена сифонная разливка стали в 4 изложницы. Применение передовых технологий и высокоэффективного оборудования позволяют получать высококачественные стальные слитки с низким содержанием вредных примесей и газов.

Парк сталеразливочных ковшей ЗАО «МЗ Петросталь» емкостью 90 тонн составляет 7 единиц. Сталеразливочные ковши работают в следующих условиях: температура металла на выпуске из мартеновской печи 1570-1590 °С, на установке АКОС 1590-1610 °С, продолжительность обработки металла на установке пещковш 60 минут, продувки аргоном через пробку 55-60 минут, разливки металла из ковша 60-70 минут, нахождения металла в ковше не более 180 минут [1].

После внедрения в 2003 году в сталеразливочных ковшах оксидоуглеродистых огнеупорных футеровок, специалисты ЗАО «МЗ Петросталь» уделяют повышенное внимание к требованиям качества и снижению себестоимости выплавляемой стали. Интенсификация технологических операций при производстве и переработке стали в условиях ЗАО «МЗ Петросталь» ужесточает условия службы футеровок в сталеразливочных ковшах. Процесс внепечной обработки стали, отсутствие оборудования для отсечения шлака на выпуске стали из мартеновских печей, низкая степень чистоты извести и присутствие загрязнений в материалах для наведения шлака, высокая доля выплавки легированной стали (до 75-85 %) создают особо жёсткие условия службы огнеупоров в сталеразливочных ковшах. Снижение удельных затрат на расход огнеупорных материалов и увеличение сроков службы рабочих футеровок сталеразливочных ковшей позволяют повысить эффективность работы мартеновского цеха (МЦ) ЗАО «МЗ Петросталь». Увеличение ресурсов безаварийной эксплуатации рабочих футеровок 90-т сталеразливочных ковшей ЗАО «МЗ Петросталь» обеспечивается совершенствованием технологии и повышением показателей технических свойств и качества применяемых огнеупоров, непрерывной оптимизацией дизайна кладки рабочих футеровок, обеспечивающей одинаковую стойкость всех элементов футеровки и равномерный износ.

Специалистами ОАО «БКО» начиная с 1996 года разработаны и постоянно совершенствуются оксидоуглеродистые огнеупоры. Технология производства оксидоуглеродистых огнеупоров с полным контролем качества определяется специалистами ОАО «БКО» в зависимости от условий службы на том или ином предприятии. Комплексное решение проблем технологии оксидоуглеродистых огнеупоров позволяет осуществить дальнейшее совершенствование и улучшение

физико-химических и эксплуатационных свойств изделий, повысить стойкость элементов конструкций огнеупорных футеровок и экономическую эффективность производства стали [2-3].

Совершенствование и оптимизация дизайна рабочих футеровок поставок ОАО «БКО» (выбор качественного состава огнеупоров по зонам комбинированной кладки, подбор сырьевых материалов и функциональных добавок для производства конкретной марки огнеупорных изделий с необходимыми физико-химическими характеристиками) для 90-т сталеразливочных ковшей ЗАО «МЗ Петросталь» проходила в несколько этапов на основании полного инжиниринга и анализа эксплуатации футеровок.

#### I этап.

Осенью 2004 года на ЗАО «МЗ Петросталь» прошли испытания 3 комплекта сталеразливочных ковшей производства и поставки ОАО «БКО».

Согласно схеме рабочей футеровки, разработанной специалистами ОАО «БКО» совместно с техническими представителями ЗАО «МЗ Петросталь», кладка огнеупоров осуществлялась по следующей схеме:

- днище и стены в зоне металла – корундопериклазоуглеродистые изделия марки КПУ-80.
- шлаковый пояс – периклазоуглеродистые изделия марки ПУ-1.

Таблица 1 – Показатели физико-химических свойств изделий марки ПУ-1 и КПУ-80

Наименование показателя	Гарантируемые показатели для марок	
	ПУ-1	КПУ-80
1. Массовая доля, %, на прокаленное вещество: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MgO	3-6 >90	> 80 >5
2. Массовая доля углерода, %, С, не менее	10-13	5
3. Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup> , не менее	3,00	3,15
4. Открытая пористость, %, не более	6	9
5. Предел прочности при сжатии, Н/мм <sup>2</sup> , не менее	35	45

Эксплуатация ковшей осуществлялась в соответствии с действующими технологическими инструкциями по выплавке стали. Средняя стойкость составила **51,3 плавки** при 2-х промежуточных ремонтах шлакового пояса.

При эксплуатации футеровок было выявлено интенсивное спекание изделий на границе шлаковый пояс/стена. В результате этого возникли трудности при выполнении ремонтных работ шлакового пояса, в результате чего сопряжение основной и ремонтной футеровкой было неплотным. Вывод сталеразливочных ковшей на 2-й промежуточный ремонт шлакового пояса был обусловлен «раскрытием» горизонтального шва шириной 20-40 мм на границе между основной и ремонтной футеровкой. В бойном месте футеровки стены сталеразливочных ковшей отмечен опережающий износ футеровки, вызванный интенсивным механическим и эрозионным воздействием на огнеупорный материал падающей струи металла.

Выход сталеразливочных ковшей из эксплуатации был преимущественно обусловлен износом футеровки шлакового пояса (остаточная толщина <80 мм). В то же время изделия в зоне стены не исчерпали свой ресурс эксплуатации.

Для повышения стойкости было принято решение улучшить качество периклазоуглеродистых огнеупоров в шлаковом поясе.

## II этап.

Весной 2005 года в рамках продолжения испытаний на ЗАО «МЗ «Петросталь» было поставлено 5 комплектов футеровок сталеразливочных ковшей поставки с улучшенным качеством периклазоуглеродистых огнеупорных ПУ-1. При их производстве был использован плавленный периклаз повышенного качества. Средняя стойкость составила **52,8 плавков**. Основной причиной вывода сталеразливочной ковшей на промежуточный ремонт и их эксплуатации являлась низкая остаточная толщина футеровки шлакового пояса.

Средняя стойкость рабочих футеровок возросла на 3 %, при этом количество промежуточных ремонтов шлакового пояса снизилось с 2,0 до 1,2. Однако, по результатам эксплуатации футеровок сталеразливочных ковшей данной кампаний специалистами ЗАО «МЗ «Петросталь» был сделан вывод, что опытные ковши

производства ОАО «БКО» находились на одном уровне по стойкости с серийными поставщиками, но дальнейшие испытания не целесообразны по экономическим соображениям.

### III этап.

В 2008 году совместная работа между ОАО «БКО» и ЗАО «МЗ «Петросталь» в отношении поставок рабочих футеровок сталеразливочных ковшей была возобновлена. В результате на ЗАО «МЗ «Петросталь» в 4 квартале было поставлено 5 комплектов сталеразливочных ковшей с гарантированной стойкостью 55 плавов.

Учитывая опыт предыдущих поставок, а также консультации с техническими работниками и специалистами МЦ ЗАО «МЗ «Петросталь» дизайн футеровки сталеразливочного ковша был скорректирован. Предложены новые усовершенствованные огнеупорные изделия, адаптированные к условиям мартеновского производства ЗАО «МЗ «Петросталь», изготовленные на основе высококачественных сырьевых материалов и обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками. Согласно разработанному техническому предложению на поставку схема кладки рабочей футеровки следующая:

- днище – корундопериклазоуглеродистые изделия марки КПУ-60;
- стены в зоне металла – периклазошпинельноуглеродистые огнеупорные изделия марки ПШУ-50;
- шлаковый пояс – периклазоуглеродистые изделия марки ПУ-6.

Разработанные оксидоуглеродистые огнеупорные изделия марок ПУ-6, ПШУ-50 и КПУ-60 уже успешно зарекомендовали себя в рабочих футеровках шлакового пояса, стен и днища соответственно сталеразливочных ковшей на многих металлургических предприятиях России. При этом стойкость ковшевых рабочих футеровок серийных поставок ОАО «БКО» возросла на 10-15 % [2].

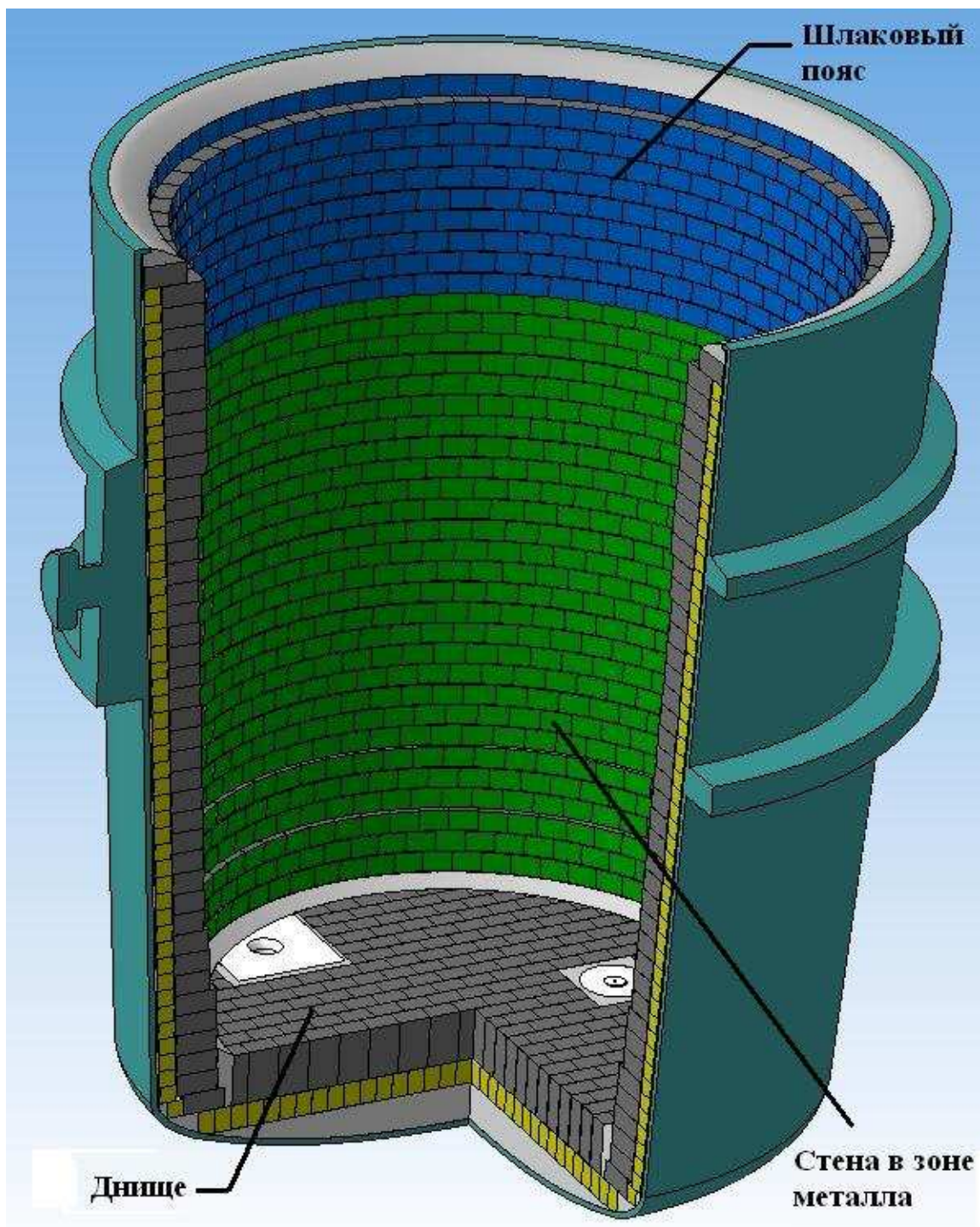


Рисунок 1 – Принципіальна схема футеровки 90-т сталеразливочного ковша МЦ ЗАО «МЗ «Петросталь»

Таблица 2 – Показатели паспортизации марок ПУ-6, ПШУ-50, КПУ-60 (столбец 2) в соответствии с ТУ 14-194-276-07 с изм. 1 и 2 (столбец 1)

Наименование показателей по ТУ 14-194-276-07 с изм. 1	Значение показателей по маркам					
	ПУ-6		ПШУ-50		КПУ-60	
	1	2	1	2	1	2
Массовая доля, %, на прокаленное вещество:						
MgO, не менее	90	91,5	50	56,9	15	16,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , в пределах	3 – 6	4,7	-	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не менее	-	-	20	38,50	60	64,4
Массовая доля углерода, С, %:						
в пределах	13 – 16	15,1	-	-	-	-
не менее	-	-	8	8,6	7	7,9
Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup> , не менее	2,95	2,99	3,00	3,07	3,00	3,17
Открытая пористость, %, не более	6,0	2,5	6,0	4,5	9,0	6,9
Предел прочности при сжатии, Н/мм <sup>2</sup> , не менее	35,0	39,0	40,0	51,0	40,0	45,0
Предел прочности при сжатии после коксующего обжига 1000°С, Н/мм <sup>2</sup>	-	25,6	-	38,5	-	33,4
Предел прочности при изгибе 1300°С (воздушная среда), Н/мм <sup>2</sup>	-	11,2	-	10,5	-	12,0
Термостойкость (режим 1300°С-вода), количество теплосмен	-	10	-	11	-	16

Таблица 3 – Итоги эксплуатации опытных футеровок

Стойкость, плавки	№ сталеразливочного ковша				
	9	13	12	14	10
До ремонта шлакового пояса	28	29	32	35	32
После ремонта шлакового пояса	28	29	26	20	22
<b>Итого</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>55</b>	<b>55</b>

Средняя стойкость футеровок составила **56,4 плавки** с 1 ремонтом шлакового пояса при средней стойкости серийных поставщиков до 56 плавков. Вывод ковшей на промежуточный и капитальный ремонты был обусловлен выходами из строя продувочных блоков, при этом отмечен повышенный износ бойного места стены.

Использование изделий марок ПУ-6 и ПШУ-50 позволило снизить интенсивность износа шлакового пояса и стен и исключить формирование горизонтальной трещины на границе шлаковый пояс – стена.

Анализ результатов эксплуатации футеровок обновленного дизайна на этапе III свидетельствует об увеличении средней стойкости ковшей на 6,8 %.

На основании прошедших испытаний оксидоуглеродистые изделия поставки ОАО «БКО» рекомендованы к серийному применению в условиях мартеновского цеха ЗАО «МЗ «Петросталь». ОАО «БКО» приняло решение продолжить работу по увеличению качества периклазоуглеродистых огнеупорных изделий серийных поставок, предназначенных для футеровки шлакового пояса, а также усиления бойного места стен в зоне металла.

#### IV этап.

В соответствии с принятыми решениями ЗАО «МЗ «Петросталь» по увеличению стойкости рабочей футеровки, специалистами ОАО «БКО» доработана схема футеровки 90-т сталеразливочного ковша. В бойном месте участка зоны стен решено использовать периклазошпинельноуглеродистые огнеупорные изделия марки ПШУ-50А. Изделия марки ПШУ-50А обладают повышенным ресурсом эксплуатации по сравнению с изделиями марки ПШУ-50.

В 1 квартале 2010 года в рамках серийных поставок было поставлено 16 комплектов футеровок для 90-т сталеразливочных ковшей по обновленному дизайну.

Таблица 4 – Параметры эксплуатации серийных футеровок на этапе IV

Параметр	Значение
1. Количество комплектов футеровок	16
2. Средняя стойкость, плавки	56,3
- максимальная	59
- минимальная	55
3. Стойкость до промежуточного ремонта, плавки	30-35
4. Общее среднее время нахождения металла в ковше, час-минут	3-40
- максимальная	7-00
- минимальная	2-10
5. Среднее время оборота ковша, плавки/сутки	4
6. Межплавочный простой	не было
7. Средняя температура металла на выпуске из печи, °С	1575
8. Средняя температура металла на АКОС, °С	1595
9. Длительность обработки на АКОС, средняя, минут (из них 30 минут продувка)	60
10. Длительность разлива, мин.	45-60
11. Средняя масса разлитого металла, тонны/плавка	88
12. Минимальная остаточная толщина футеровки, мм	



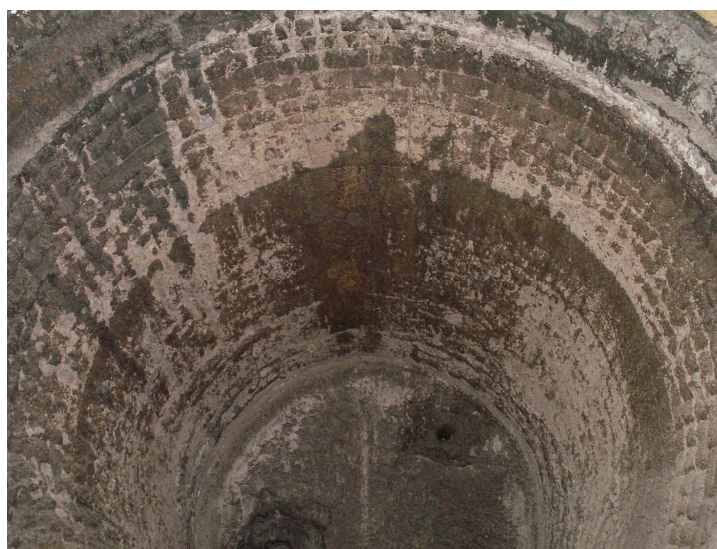
- шлаковый пояс	60
- бойная часть в зоне стен металла	70
- периферия зоны стен металла	90
- днище	150

Стойкость серийных футеровок в период эксплуатации 1 полугодие 2010 г. составила **56,3 плавков** с 1 промежуточным ремонтом шлакового пояса. При этом 55% сталеразливочных ковшей были выведены из эксплуатации по причине износа продувочных узлов, 45% по выработке шлакового пояса. Износ футеровок сталеразливочных ковшей имел схожий, равномерный характер (рисунок 2-б). Футеровка хорошо «ошлаковывалась», что снижало скорость износа. Максимальный износ шлакового пояса наблюдался в районе границы контакта «металл-шлак» до средней остаточной толщины 60-70 мм. Средняя остаточная толщина футеровки в зоне металла составила 110 мм, бойного участка – 80 мм.

Использование огнеупорных изделий марки ПШУ-50А в бойном участке стен позволило снизить интенсивность эрозионного износа футеровки.



а)



б)

Рисунок 2 – Внешний вид футеровки до (а) и после (б) эксплуатации.

По настоящее ОАО «БКО» продолжает серийные поставки комплектов футеровок для МЦ ЗАО «МЗ «Петросталь».

## Выводы

В условиях работы МЦ ЗАО «МЗ «Петросталь» проанализирована эволюция дизайна и стойкости оксидоуглеродистых футеровок производства и поставок ОАО «БКО» для 90-т сталеразливочных ковшей в период 2005-2010 г.г (таблица 5). Прослежена направленность изменения и оптимизирования огнеупорной футеровки по зонам с внедрением комбинированной кладки и использованием более стойких изделий в целях достижения равномерного износа рабочих футеровок и непрерывного повышения ресурса эксплуатации сталеразливочных ковшей.

Таблица 5 – Характеристика этапов эволюции

Параметры	Этап эволюции дизайна и стойкости футеровки			
	I	II	III	IV
Период эксплуатации)	Осень 2004	Весна 2005	4 квартал 2008	1 полугодие 2010
Дизайн кладки: (марка изделий) - днище	КПУ-80	КПУ-80	КПУ-60	КПУ-60
- стены/бойная часть стены	КПУ-80	КПУ-70	ПШУ-50	ПШУ-50/ ПШУ-50А
- шлаковый пояс	ПУ-1	ПУ-1	ПУ-6	ПУ-6
Особенности производства	ОАО «БКО»		КНР	
Средняя стойкость, плавки	51,3	52,8	56,4	56,3
Увеличение стойкости к предыдущему этапу, %	-	3,0	6,8	0

Проведенный анализ эксплуатации рабочих футеровок 90-т сталеразливочных ковшей МЦ ЗАО «МЗ «Петросталь» свидетельствует, что за счёт совершенствования дизайна кладки, оптимизации состава и повышения физико-химических свойств огнеупоров достигнуто увеличение ресурса эксплуатации футеровок сталеразливочных ковшей до максимальных 59 плавков (увеличение средней стойкости на 10 %). Средний расход огнеупоров на 1 кампанию снижен на 2,65 % (с 4,897 кг/тонна стали до 4,767 кг/тонна стали).

Выполненные исследования свидетельствуют о необходимости непрерывного совершенствования параметров изготовления оксидоуглеродистых огнеупоров для увеличения их физико-технических свойств, оптимизации дизайна и конструкции

футеровок, что в совокупности привело к увеличению производительности МЦ ЗАО «МЗ «Петросталь» за счет продления сроков и ресурсов безаварийной эксплуатации сталеразливочных ковшей при общем повышении стойкости рабочих футеровок.

Комплексное решение проблем технологии оксидоуглеродистых огнеупоров позволяет осуществлять дальнейшее совершенствование и улучшение физико-химических и эксплуатационных свойств изделий, повышать стойкость элементов конструкций огнеупорных футеровок и экономическую эффективность производства стали. В результате подбора оптимальных марок для различных зон футеровки сталеразливочных ковшей, основанного на непрерывном инжиниринге и мониторинге эксплуатации агрегатов, стойкость рабочих футеровок поставок ОАО «БКО» удовлетворяет условиям эксплуатации Потребителей, обеспечивает гарантируемые обязательства.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кононов В.А. и др. Повышение стойкости футеровки сталеразливочных ковшей мартеновского производства ЗАО «МЗ «Петросталь» // Новые огнеупоры. – 2009. – № 4. – С. 66–72.
- 2 Можжерин А.В. и др. Эволюция дизайна и стойкости футеровки 150-т сталеразливочных ковшей // Новые огнеупоры. – 2009. – № 1. – С. 5–14.
- 3 Можжерин А.В., Мусевич В.А., Дука А.П. – Оксидоуглеродистые огнеупоры для комплектной футеровки металлургических агрегатов поставок ОАО «БКО» // Новые огнеупоры. – 2009. – № 4. – С. 17–18.