



ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕУПОРОВ АО БКО В ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

К. т. н. **А. В. Можжерин**¹, к. т. н. **А. В. Сакулин**¹, к. т. н. **А. П. Маргишвили**¹,
к. т. н. **С. И. Гершкович**¹, **А. Ю. Коржавин**², **А. В. Витовский**², к. т. н. **В. А. Мусевич**² (✉),
С. Г. Журавлёв³, **В. Н. Попович**³, **С. В. Никонов**³, **О. В. Букарева**³

¹ АО БКО, г. Боровичи Новгородской обл., Россия

² ООО «Торговый дом БКО», г. Боровичи Новгородской обл., Россия

³ ПАО «Северсталь», г. Череповец Вологодской обл., Россия

Рассмотрены результаты сотрудничества между АО БКО и ПАО «Северсталь» в области поставок и эксплуатации широкого спектра огнеупорных материалов. Указаны основные тенденции развития, направленные на совершенствование технологии и оптимизацию параметров физико-химических характеристик огнеупорных материалов. Представлены основные инновационные огнеупорные материалы и реализованные проекты, улучшившие технико-экономические показатели работы тепловых агрегатов в ПАО «Северсталь» по главным переделам металлургических производств, что позволило повысить эффективность процессов выплавки чугуна, стали, добиться снижения удельных показателей при получении единицы готового продукта при общем увеличении ресурсов эксплуатации футеровок.

Ключевые слова: огнеупорные материалы, доменная печь, воздухонагреватель, вращающаяся печь, сталеразливочный ковш, промежуточный ковш, комплексная поставка, рабочий слой футеровки, стойкость, износ, ресурс эксплуатации.

Один из крупнейших интегрированных заводов по производству стали в мире — Череповецкий металлургический комбинат ПАО «Северсталь» находится среди лидеров российских компаний по совокупному производству стали: объем производства более 11,5 млн т стали в год. Комбинат расположен в г. Череповце, который находится на стыке трех экономических районов: Европейского Севера, Северо-Запада и Центра России. Основные виды выпускаемой предприятием продукции: арматура, катанка, круг, уголок, швеллер, шестигранник, судовая сталь, сталь для мостостроения, строительства зданий и сооружений и многие другие продукты. Клиентская база предприятия насчитывает свыше 5 тыс. российских и зарубежных компаний, работающих в основных секторах промышленности, таких как строительство, автомобилестроение, ТЭК, машиностроение, судостроение и др. Численность персонала дивизиона «Северсталь Российская Сталь» — более 37 тыс. человек.

АО БКО и ПАО «Северсталь» имеют многолетнее (с 1959 г.) тесные партнерские отношения в области производства, реализации и эксплуатации большого спектра высококачественных огнеупорных материалов: изделий для доменных печей, чугуновозов, ковшей, элементов металлопроводки, изделий из тиксотропных бетонов, неформованной продукции: мертелей, масс, бетонов широкого назначения. На сегодняшний день ПАО «Северсталь» — лидер в АО БКО по объемам отгрузки огнеупорных материалов (в сравнении с объемами реализации для других крупных заказчиков) как в натуральном, так и в денежном выражении (рис. 1). Поставляемые огнеупорные продукты находят широкое применение в различных металлургических агрегатах ПАО «Северсталь», успешно эксплуатируются, отвечая высоким заявленным требованиям металлургов и гарантированным показателям стойкости. При этом комбинат всегда выполняет сроки поставок огнеупорных материалов во избежание срывов производственных программ цехов и подразделений ПАО «Северсталь».

Долголетнее сотрудничество с ПАО «Северсталь», накопленный опыт, производственные и научные ресурсы позволяют увидеть пути оптимизации и улучшения огнеупоров. Специалисты



В. А. Мусевич

E-mail: vmusevich@aobko.ru



наших компаний уделяют пристальное внимание повышению стойкости и эффективности эксплуатационных характеристик всех огнеупорных материалов, реализуемых на ПАО «Северсталь». Общая стратегическая цель — не только сохранить взаимовыгодное сотрудничество в области поставок огнеупорных материалов, но и расширить ассортимент, номенклатуру и объемы поставок серийной, перспективной и высокотехнологичной продукции.

В настоящее время АО «Боровичский комбинат огнеупоров» является участником программы импортозамещения и увеличения числа поставщиков, осуществляемой ПАО «Северсталь». Общая стратегическая цель — не только сохранить взаимовыгодное сотрудничество в области поставок огнеупорных материалов, но и расширить ассортимент, номенклатуру и объемы поставок серийной, перспективной и высокотехнологичной продукции. Специалисты комбината прошли обучение у Бизнес-Системы «Северсталь» для дальнейшей реализации проекта «Бережливое производство» в условиях нашего предприятия. Данная инициатива направлена на достижение максимальной эффективности труда и производства АО БКО.

Перечислим основные инновационные огнеупорные материалы и решения, улучшившие технико-экономические показатели работы тепловых агрегатов ПАО «Северсталь» по главным переделам металлургических производств.

АО БКО традиционно выпускает алюмосиликатные изделия марок ШВ-28, ШВ-37, ШВ-42 и МКВ-72 по ГОСТ 20901–75 с изм. 1–5 для кладки воздухонагревателей и воздухопроводов горячего дутья доменных печей. Одним из основных факторов интенсификации доменного процесса является повышение температуры нагрева доменного дутья, что достигается за счет применения высококалорийного топлива, повышения температуры продуктов горения, применения эффективной насадки с повышенной поверхностью нагрева, совершенствования конструкции воздухонагревателей.

В 2013–2016 гг. по заказу коксоаглодоменного производства (КАДП) ПАО «Северсталь» комбинатом реализовано 2 крупных проекта по комплексной поставке огнеупорных материалов для реконструкции воздухонагревателей (ВН) № 1 и 2 доменной печи (ДП) № 5, в том числе 37- и 65-канальные насадочные изделия (с диаметром отверстий 20 мм) марок ШВ-37 и ШВ-42, изделия для форкамеры, воздухопроводов, штуцеров, арок кауперов и др. (рис. 2).

При повышении температуры дутья воздухопроводы испытывают повышенную тепловую нагрузку, а поскольку их футеровка выполнена кольцевой кладкой клиновыми изделиями, при повышенной температуре на них дополнительно будет действовать сжимающая нагрузка за счет теплового расширения. Поэтому изделия, кроме высокой прочности на холоду, должны иметь низкую ползучесть при сжатии (крип) — не более

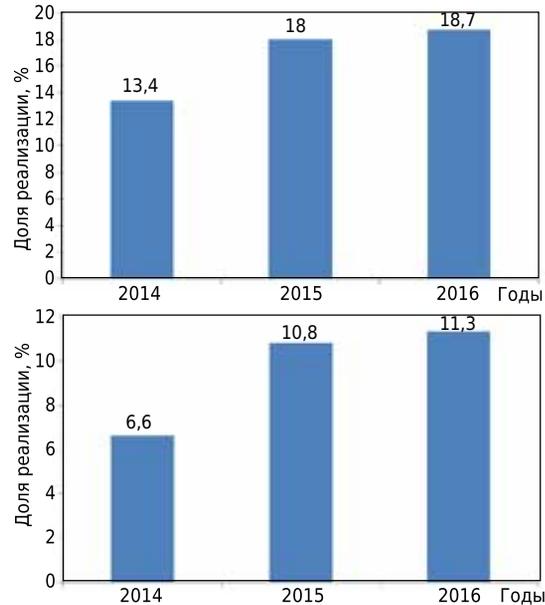


Рис. 1. Доля реализации, %, огнеупорной продукции АО БКО (от общих объемов продаж) в ПАО «Северсталь»: а — в натуральном выражении; б — в стоимостном выражении



Рис. 2. Внешний вид воздухонагревателей доменной печи № 5 ПАО «Северсталь»

0,8 % при 1500 °С с выдержкой 50 ч. Для кладки воздухопроводов горячего дутья в АО БКО разработаны и внедрены изделия марки DRL-150 на основе андалузита, обладающие низкой скоростью ползучести: в интервале 15–25 ч 0,003 %/ч, в интервале 25–50 ч — 0,002 %/ч. Ползучесть при 1500 °С в течение 50 ч составляет 0,6 %. Низкая скорость ползучести изделий марки DRL-150 обусловлена малым количеством стеклофазы, обладающей высокой вязкостью, и формированием плотной структуры вследствие реакции тонкодисперсного глинозема со стеклом, обогащенным кремнеземом и вытесненным из первоначального зерна андалузита, с образованием вторичного муллита (табл. 1).

Изделия форкамеры служат в сложном термонапряженном состоянии в условиях переменного теплового режима (нагрев – охлаждение), поэтому к огнеупорам предъявляются повышенные требования по термостойкости. В короткие сроки была





Таблица 1. Физико-химические свойства муллитокорундовых изделий DRL-150 для воздухопроводов горячего дутья бесшахтных воздухонагревателей

Показатели	ТУ 1564-447-53381545-2007 с изм. 1-5	Фактические величины
Массовая доля, % :		
Al ₂ O ₃ , не менее	80	85,0
Fe ₂ O ₃ , не более	1,2	0,51
Огнеупорность, °С, не ниже	1770	>1790
Открытая пористость, %, не более	19	15,2
Кажущаяся плотность, г/см ³ , не менее	2,8	2,91
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	60	87
Ползучесть при 1500 °С, давлении 0,2 МПа и выдержке 50 ч, %, не более	0,8	0,5-0,6
Температура начала размягчения под нагрузкой 0,2 МПа, °С, не ниже	1600	1630
Термостойкость (1300 °С – вода), теплосмены, не менее	5	18

разработана технология производства изделий марки HRK для форкамер. В сочетании с высокой механической прочностью и низкой пористостью изделия марки HRK обладают высокой устойчивостью к термоударам. При открытой пористости менее 16 % и пределе прочности при сжатии свыше 50 МПа изделия выдерживают более 100 водяных теплосмен (табл. 2).

Перед отправкой продукции производили контрольную стендовую сборку элементов воздухонагревателя (купола, воздушного коллектора, газового коллектора, арок штуцеров), а также совместную приемку с представителями ПАО

Таблица 2. Физико-химические свойства муллитокремнеземистых изделий HRK для форкамеры бесшахтных воздухонагревателей

Показатели	ТУ 1564-255-53381545-2008 с изм. № 1-5	Фактические величины
Массовая доля, % :		
Al ₂ O ₃ , не менее	52	57,5
Fe ₂ O ₃ , не более	2,0	1,38
Огнеупорность, °С, не ниже	1750	> 1750
Температура начала размягчения под нагрузкой 0,2 МПа, °С, не ниже	1400	1500
Кажущаяся плотность, г/см ³ , не ниже	2,35	2,40
Открытая пористость, %, не более	25	17,2
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	40	98,0
Термостойкость (1300 °С – вода), теплосмены, не менее	100	>100

«Северсталь» всех огнеупорных материалов. Выполнение предварительной стендовой сборки (рис. 3) позволило обеспечить:

- проверку качества изготовления изделий;
- тщательную подгонку элементов конструкции;
- более легкую и ускоренную сборку элементов воздухонагревателя в условиях ПАО «Северсталь».

По результатам приемки и контрольной сборки все изделия марок HRK и DRL-150 для футеровки воздухопроводов горячего дутья признаны соответствующими требованиям нормативной документации и рекомендованы для использования при строительстве воздухонагревателей.

При непосредственной футеровке воздухонагревателей ДП № 5 ПАО «Северсталь» специ-



Рис. 3. Процесс стендовой сборки элементов воздухонагревателя: а, б — сборка купола воздухонагревателя; в — собранный купол; г — собранная арка штуцера





алисты комбината и организации — подрядчика строительных работ отметили удобство футеровочных работ после качественно выполненной контрольной сборки элементов воздухонагревателя в условиях АО БКО.

Внедрение насадок марок ШВ-37 и ШВ-42 (в том числе 65-канальной насадки) для бесшахтного воздухонагревателя данной конструкции позволило уменьшить массу воздухонагревателя и увеличить срок службы.

В целом комплексная поставка инновационных огнеупорных материалов с заменой конструкции позволила повысить эффективность эксплуатации воздухонагревателя и увеличить производительность ДП № 5 ПАО «Северсталь».

Среди недавно реализованных крупных инвестиционных проектов можно выделить выигрыш АО БКО тендера на комплексную поставку огнеупорных изделий для реконструкции коксовой батареи № 4 коксоаглодоменного производства (КАДП). Суммарно это более 4 тыс. т продукции, включающей сложный и особо сложный ассортимент изделий марок ШК-28, ШК-37, ШК-41 (рис. 4). Принятию решения о выигрыше тендера способствовали следующие факторы:

- отечественный производитель, собственное производство и технология;
- географическая близость расположения к предприятию-заказчику, что обеспечивает быстроту поставки продукции, возможность полного контроля и аудита производственного процесса представителями ПАО «Северсталь»;
- положительный опыт реализации и поставок аналогичных продуктов в ПАО «Северсталь»;
- высокое качество изделий для коксовых печей;
- 100 %-ная доля ответственности АО БКО за качество и необходимый ресурс эксплуатации огнеупорной продукции в коксовой батарее № 4.

В августе – декабре 2016 г. была осуществлена поэтапная поставка всего перечня изделий для коксовой батареи № 4 КАДП. Замечаний и нареканий при приемке, входном контроле огнеупорной продукции и ее монтаже от ПАО «Северсталь» не поступало.

Предложена и внедрена двухслойная энергосберегающая футеровка вращающейся печи для обжига извести известково-доломитового цеха (ИДЦ) сталеплавильного производства (СП) с использованием передовых высокоглиноземистых огнеупоров для рабочего слоя футеровки и высокопрочных теплоизоляционных огнеупоров для теплоизоляционного слоя футеровки (рис. 5, 6).

В рабочем слое футеровки зоны обжига печи предложено применить муллитовые изделия марки МЛУТ-62 на основе андалузита с улучшенными физико-химическими и термомеханическими характеристиками [1]:

- высокой температурой начала размягчения (выше 1600 °С);
- низкой пористостью, стабильностью объема;
- низкой теплопроводностью;



Рис. 4. Коксовая батарея № 4 КАДП ПАО «Северсталь»



Рис. 5. Вращающаяся печь для обжига извести ИДЦ

- повышенной термической стойкостью (25–30 водяных теплосмен);
- медленной и стабильной эрозией, низким износом.

Применение огнеупоров на основе андалузита (табл. 3) в зоне обжига вращающихся печей различных отраслей промышленности (рис. 6) исключает риск скалывания футеровки, а также обеспечивает продолжительную службу огнеупорной кладки вследствие равномерного и медленного износа. Изделия характеризуются

Таблица 3. Физико-химические свойства изделий МЛУТ-62

Показатели	ТУ 14-194-277-07 с изм. 1	Фактические величины
Массовая доля, % :		
Al ₂ O ₃ , свыше	62	66,60
Fe ₂ O ₃ , не более	1,1	0,87
Открытая пористость, %, не более	17	13,8
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	50	83,8
Температура начала размягчения, °С, не менее	1600	1670
Остаточные изменения размеров при нагреве при 1500 °С, %, не более	0,6	0,2
Термостойкость, теплосмены, не менее	25	26





Рис. 6. Футеровка вращающейся печи № 6 для обжига извести ИДЦ

3 года, зоны подогрева (горячий конец) 3 года, зоны подогрева (холодный конец) 3 года. В результате увеличиваются межремонтные интервалы вращающихся печей ИДЦ;

- уменьшение массы футеровки по предлагаемому дизайну;
- снижение выбросов CO_2 в атмосферу.

улучшенными термомеханическими и теплофизическими свойствами, химической устойчивостью, что обеспечивает их высокий многолетний технический ресурс.

Расчетные значения эффективности предложенного проекта:

- уменьшение тепловых потерь;
- снижение температуры на корпусе печи. При максимальном износе футеровки температура на корпусе печи не превышает допустимые значения;
- увеличение срока службы футеровки за счет повышенного ресурса применяемых материалов и способа кладки. Срок службы зоны обжига

В настоящее время комплексная футеровка вращающейся печи № 6 для обжига извести ИДЦ находится в эксплуатации 2,5 года (в работе с декабря 2014 г.). Расчетные значения эффективности от внедрения проекта подтверждаются фактически получаемыми показателями и результатами. Дальнейшие совместные шаги — проведение поэтапной замены однослойной футеровки на двухслойную энергосберегающую во всех вращающихся печах ИДЦ СП.

АО БКО является поставщиком огнеупорных материалов для футеровки 380-т сталеразливочных ковшей конвертерной стали (КС) сталеплавильного производства ПАО «Северсталь» (рис. 7). При этом осуществляются комплекты поставки продукции, в том числе вспомогательных и ремонтно-восстановительных материалов.

Рассмотрим эффективность огнеупорных материалов, применяемых в 380-т сталеразливочных ковшах:

1. Для оборотки сталеразливочного ковша успешно применяются бетонная смесь марки Borcast 55S и пластичная ремонтная масса марки BorPlast-65, которые используются для заполнения пространства между верхним кольцом рабочей футеровки и металлическим кожухом ковшей.

2. Использование в арматурной футеровке комбинированной кладки из изделий марки ШКУ-37 в зоне стены металла и марки КБУ в шлаковой зоне позволило повысить общую стойкость контрольного слоя до уровня не менее 8 кампаний.

Для увеличения стойкости арматурной футеровки 380-т сталеразливочных ковшей в АО БКО разработана технология изготовления усовершенствованных огнеупоров муллитокремнеземистого состава марки КБУ (табл. 4, рис. 8) с инновационным дизайном (SU-формат). Изделия обладают улучшенными физико-химическими характеристиками: повышенными огнеупорностью и термостойкостью, уменьшенными долей Fe_2O_3 и пористостью. Теплопроводность предложенных огнеупоров обеспечивает минимальную температуру на кожухе сталеразливочных ковшей [2].

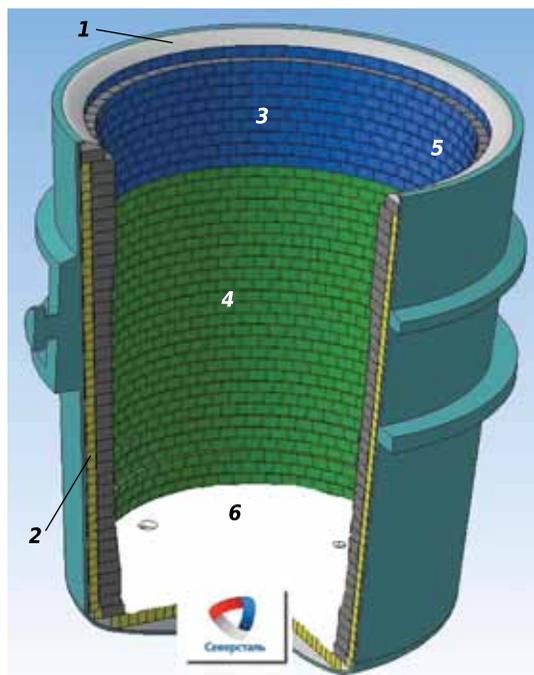


Рис. 7. Условная схема футеровки 380-т сталеразливочного ковша конвертерного производства с применением огнеупоров АО БКО: 1 — бетон и пластичная масса; 2 — изделия в зоне арматурного слоя; 3 — изделия шлакового пояса; 4 — изделия в зоне металла; 5 — мертель для кладки ремонтного комплекта шлакового пояса; 6 — бетон для футеровки дна





Преимущества использования изделий КБУ предложенного радиального формата следующие:

- ковш футеруется огнеупорами одного универсального формата, что способствует удобству и сокращению времени кладки;

- обеспечивается перекрытие вертикальных швов, следовательно, минимизируется вероятность прохода металла, повышается строительная прочность кладки;

- снижаются теплотери во время эксплуатации.

3. Внедрение в рабочей футеровке оксидоуглеродистых изделий оптимизированного состава и улучшенного дизайна обеспечило достижение средней стойкости 102 плавки (табл. 5, рис. 9). Данные огнеупорные изделия производятся на совместном предприятии АО БКО – «Yingkou Jinhonguan Meilu Ceramics Co.», Ltd. Предприятие годовой мощностью до 100 тыс. т углеродсодержащих изделий и масс было организовано с китайскими акционерами на базе сырьевого карьера магнезита с запасом 25 млн т и завода по плавке высококачественного магнезита. Совместное предприятие обладает современным высокотехнологичным смесительным и прессовым оборудованием, выпуск огнеупорной продукции с заявленным уровнем качества и набором физико-химических характеристик осуществляется под постоянным и пристальным контролем технических служб комбината [3].

4. Использование периклазошпинельного мертеля марки МПШ-65 для кладки рабочего слоя футеровки позволило усилить сопряжение элементов, снизить вероятность проникновения шлака и расплава металла в узлы сопряжения между огнеупорными изделиями, а также исключить вероятность раскрытия швов футеров-

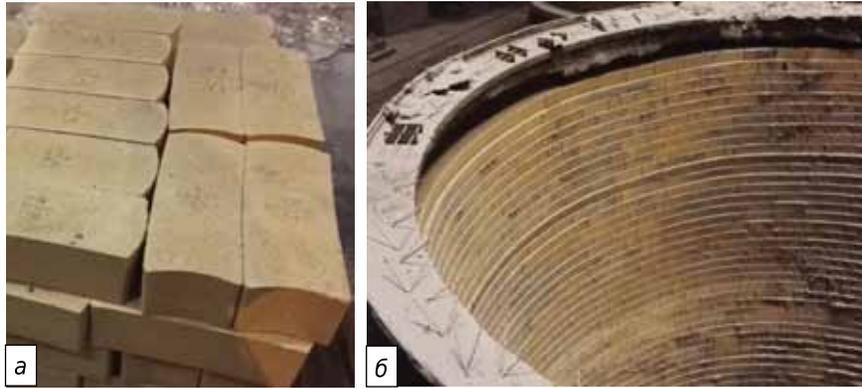


Рис. 8. Радиальные изделия марки КБУ: а — внешний вид; б — изделия в арматурном слое футеровки

Таблица 4. Техническая характеристика изделий марки КБУ

Показатели	ТУ 14-194-300-10 с изм. № 1	Фактические величины
Массовая доля, % :		
Al ₂ O ₃ , не менее	55	61
Fe ₂ O ₃ , не более	4	2,5
Открытая пористость, %, не более	20	15,2
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	35	68
Огнеупорность, °С, не ниже	1750	1750
Остаточные изменения размеров при нагреве при 1400 °С, %, в пределах	От -0,4 до +1,0	0
Термическая стойкость, теплосмены, не менее	4	6

ки в процессе эксплуатации 380-т сталеразливочных ковшей.

5. В АО БКО освоены и постоянно совершенствуются технологии получения сухих бетонных смесей для изготовления монолитных футеровок. В настоящее время мощность производства превышает 5000 т в год. Для заливки рабочей футеровки дна 380-т сталеразливочных ковшей предложен огнеупорный бетон марки BORCAST-96WTP (табл. 6). Текущая достигнутая стойкость футеровки дна ковшей при проведении тестовых испытаний 102 плавок

Таблица 5. Техническая характеристика оксидоуглеродистых материалов*

Показатели	Огнеупор		
	ПУ-6 для шлакового пояса	ПШУ-65 для стены	ПУ-3М для обортовки
Массовая доля, % (на прокаленное вещество):			
MgO, не менее	86 / 90	65 / 70	80 / 83
Al ₂ O ₃ , не менее	- / 5,5	10 / 13	- / 2
Антиокислительные добавки	Al + Si	Al + Si	-
Массовая доля углерода С, %, не менее	13 / 16	8 / 10	5 / 7
Кажущаяся плотность, г/см ³ , не менее	2,95 / 2,99	3,00 / 3,05	2,85 / 2,89
Открытая пористость, %, не более	6,0 / 3,1	6,0 / 4,5	8,0 / 6,9
Предел прочности при сжатии, Н/мм ² , не менее	30 / 48	35 / 59	30 / 41

* Числитель — норматив, знаменатель — усредненные значения показателей из многочисленных выборок.





Рис. 9. 380-т сталеразливочный ковш: а — собранный перед эксплуатацией; б — перед ломкой футеровки после достижения стойкости 102 плавки

(рис. 9, 10). В настоящее время проводится опытно-промышленная апробация.

Следует отметить, что сухие бетонные смеси линейки BORCAST успешно эксплуатируются в футеровке дна сталеразливочных ковшей других металлургических предприятий (ПАО «ТагМет», АО «ЕВРАЗ ЗСМК», ООО «УГМК-Сталь» и др.), отвечая гарантированным показателям стойкости.

Комбинат реализует широкий спектр огнеупорных изделий для промежуточных ковшей ПАО «Северсталь». Для непрерывной разливки стали на слябовых МНЛЗ СП успешно осуществляются серийные поставки следующих изделий:

- труб защиты струи металла марки ТКГУ (гарантийная стойкость не менее 3 плавок);
- стопоров-моноблоков марки СКГУ (гарантийная стойкость не менее 14 плавок);

Таблица 6. Техническая характеристика бетонной смеси BORCAST-96WTP*

Показатели	Норма	Усредненные значения из многочисленных выборок
Массовая доля, % :		
Al ₂ O ₃ + MgO, не менее	96	97,2
Fe ₂ O ₃ , не более	1,0	0,3
CaO, не более	2,0	1,2
SiO ₂ , не более	1,0	0,5
Предел прочности при сжатии после обжига при 1500 °С, МПа, не менее	100	138
Остаточные изменения размеров при нагреве, %, не более, при 1500 °С	0,8	0,5
Кажущаяся плотность после обжига при 1500 °С, г/см ³ , не более	3,0	3,1
Максимальная температура применения, °С	-	1780
Массовая доля влаги, %, не более	0,7	0,3
Максимальный размер зерна, мм	-	6
* Низкоцементный бетон, для которого рекомендуется гидравлически твердеющее связующее; применяется виброукладка.		

- стаканов-дозаторов марки КУСД-80 (гарантийная стойкость не менее 14 плавок);
- погружаемых стаканов марки ПС-КГЦД (гарантийная стойкость не менее 600 т).

Осуществляются серийные поставки тиксотропных бетонных изделий для футеровки промежуточных ковшей цеха разливки конвертерной стали СП: турбостопы (металлоприемники), фильтрационные перегородки, бойные плиты.

Использование огнеупорных металлоприемников марки МКрБТ (рис. 11) производства АО БКО (для 27-т и 55-т промежуточных ковшей) обеспечивает снижение обреза непрерывнолитой заготовки в результате быстрого достижения стационарного режима непрерывной разливки, происходит также значительное снижение количества первичных экзогенных неметаллических включений корундового состава вследствие ассимиляции их поверхностью огнеупорного блока. Гарантийная стойкость металлоприемников марки МКрБТ выполняется и составляет не менее 14 и 16 плавков соответственно.

АО БКО имеет успешный опыт реализации программы импортозамещения в условиях ПАО «Северсталь». В 2010 г. выигран тендер на комплексную поставку огнеупорной продукции для футеровки реактора установки регенерации соляной кислоты цеха травления металла производства плоского проката. Проведена масштабная работа по реализации проекта: проведены первичная разработка расширенного дизайна; комплексная поставка огнеупоров для футеровки реактора верхней и нижней части, газохода, циклона, свода и подины; осуществлен шеф-надзор футеровки.

По итогам кампании футеровки получены следующие результаты:

- стойкость соответствует гарантийным обязательствам (5 лет);
- эксплуатационные характеристики соответствуют нормативным показателям;
- успешно проведено замещение импортных аналогов со сроком службы 3 года.

АО БКО — современное, эффективное и постоянно развивающееся предприятие со значитель-





Рис. 10. Огнеупорные изделия для промежуточных ковшей: а — условная схема расположения элементов сталепроводки; б — внешний вид изделий разливочного припаса производства АО БКО



Рис. 11. Турбостоп марки МКрБТ: а — внешний вид; б — в собранном промежуточном ковше

Таблица 7. Техническая характеристика турбостопов марки МКрБТ

Показатели	ТУ 14-194-291-09	Фактические величины
Массовая доля, % :		
Al ₂ O ₃ , не менее	59,5	55
Fe ₂ O ₃ , не более	1,8	3
CaO	1,2	1-2
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	58	45

ной научно-технической базой и высококвалифицированными кадрами. Совместная планомерная деятельность технических специалистов АО БКО (ООО ТД БКО) и ПАО «Северсталь» по оптимизации огнеупоров и повышению стойкости узлов и рабочих агрегатов коксохимического, доменного, сталеплавильного и других производств приносит положительные результаты. Коллектив предприятия внедряет эффективные материалы, улучшает качество поставляемых огнеупорных материалов на каждом переделе, осуществляет непрерывный мониторинг службы продукции в условиях ПАО «Северсталь», проводит совместную работу по снижению удельных затрат и

оптимизации процессов металлургического производства, что способствует укреплению стратегического партнерства между компаниями.

Библиографический список

1. Сакулин, А. В. Разработка современных высокоэффективных огнеупорных материалов / А. В. Сакулин, В. В. Скурихин, Л. Ю. Громова, О. С. Федорова // Новые огнеупоры. — 2012. — № 6. — С. 14–19.
2. Можжерин, А. В. Совершенствование дизайна и материалов футеровок сталеразливочных ковшей / А. В. Можжерин, А. П. Маргишвили, В. А. Мусевич [и др.] // Новые огнеупоры. — 2015. — № 8. — С. 31–33.
3. Можжерин, А. В. Перспективы поставок огнеупорных материалов ОАО БКО на ОАО НЛМК, совершенствование продукции и повышение эффективности металлургических процессов / А. В. Можжерин, А. П. Маргишвили, В. А. Мусевич, А. П. Дука // Новые огнеупоры. — 2013. — № 11. — С. 6–9. ■

© А. В. Можжерин, А. В. Сакулин, А. П. Маргишвили, С. И. Гершкович, А. Ю. Коржавин, А. В. Витовский, В. А. Мусевич, С. Г. Журавлёв, В. Н. Попович, С. В. Никонов, О. В. Букарева, 2017 г.

