



К. Т. Н. А. В. Можжерин<sup>1</sup>, К. Т. Н. А. П. Маргишвили<sup>1</sup>,  
К. Т. Н. В. А. Мусевич<sup>1</sup> (✉), К. Т. Н. А. П. Дука<sup>1</sup>, С. В. Ефимов<sup>2</sup>,  
К. Т. Н. С. Н. Кузнецов<sup>2</sup>, С. В. Симонов<sup>2</sup>, С. Ю. Афанасьев<sup>2</sup>, В. К. Яценко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Торговый дом «БКО», г. Боровичи Новгородской обл., Россия

<sup>2</sup> ООО «ОМЗ-Спецсталь», Санкт-Петербург, Россия

УДК 666.762.3:[621.746.329:66.043.1

## ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОАО БКО В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШАХ ООО «ОМЗ-СПЕЦСТАЛЬ»\*

Рассмотрены результаты эксплуатации периклазоуглеродистых огнеупоров производства ОАО БКО для рабочего слоя футеровки 150-т сталеразливочных ковшей и 120-т дуговой сталеплавильной печи ООО «ОМЗ-Спецсталь». Указаны основные тенденции развития, направленные на совершенствование технологии и оптимизацию параметров физико-химических характеристик огнеупорных материалов. Проведенный комплекс совместных мероприятий позволил повысить эффективность процессов выплавки стали, добиться снижения удельных показателей при получении единицы готового продукта при общем повышении ресурса эксплуатации футеровки металлургических агрегатов.

**Ключевые слова:** ОАО БКО, ООО «ОМЗ-Спецсталь», ДСП-120, сталеразливочный ковш, комплексная поставка, рабочий слой футеровки, периклазоуглеродистые огнеупоры, ресурс эксплуатации.

**В** современных условиях возросла интенсивность развития технологий внепечной обработки, повысились требования к качеству стали. Это привело к повышению температуры расплава, выдаваемого из плавильного агрегата, длительности пребывания жидкой стали в ковше, потребовало применения новых, более стойких огнеупоров. Не менее важным фактором являются высокие затраты на огнеупорные материалы, которые сильно влияют на себестоимость и конкурентоспособность производимой стали.

Боровичский комбинат огнеупоров и предприятие «ОМЗ-Спецсталь» имеют многолетние партнерские отношения в области поставок широкого спектра высококачественных огнеупоров, в том числе периклазоуглеродистых, для рабочего слоя футеровки 150-т сталеразливочных ковшей УВРВ (установка внепечного рафинирования и вакуумирования) и ДСП-120 ЭСПЦ. Условия ведения сталеплавильных процессов в ОМЗ-Спецсталь отличается особой жесткостью, так как выплавляется достаточно сложный ассортимент марок специальных сталей: низкоуглеродистых, высоколегирован-

ных, роторных и т. д. При этом до 100 % плавов проходят внепечную обработку в компьютеризированных установках вакуумирования и рафинирования стали ASEA+VD/VOD. Установка VD/VOD используется для производства стали ответственного назначения — низкоуглеродистых нержавеющей марок.

Ресурс стойкости рабочего слоя футеровки металлургических агрегатов в процессе вакуумирования металла существенно снижается в отличие от эксплуатации при нормальном давлении газовой среды и прочих равных условиях. Это происходит за счет комплексного негативного воздействия на огнеупоры множества факторов: повышенной температуры эксплуатации; возрастания агрессивного воздействия шлака на футеровку огнеупора, особенно в шлаковом поясе в условиях вакуума; активации и ускорения химических реакций перерождения огнеупоров под действием расплавов шлаков; роста скорости образования и толщины обезуглероженной зоны футеровки в результате выгорания графита огнеупора; ускорения эрозии и коррозии огнеупоров за счет выделения газа CO при взаимодействии MgO огнеупора с графитом и углеродом расплава металла; возможного восстановления MgO в вакуумной среде; роста глубины пропитки расплавами шлака и металла, ускорения перерождения ошлакованной зоны и смывания ее потоками металла и шлака.

Периклазоуглеродистые изделия производства БКО для рабочего слоя футеровки стале-

\* По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (3–4 апреля 2014 г., Москва).

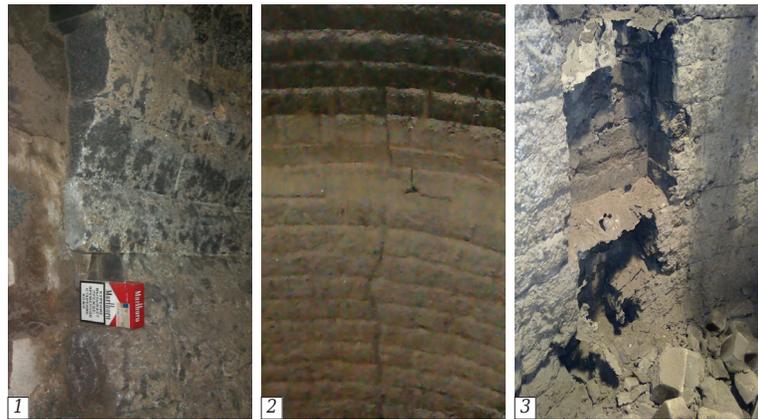


В. А. Мусевич

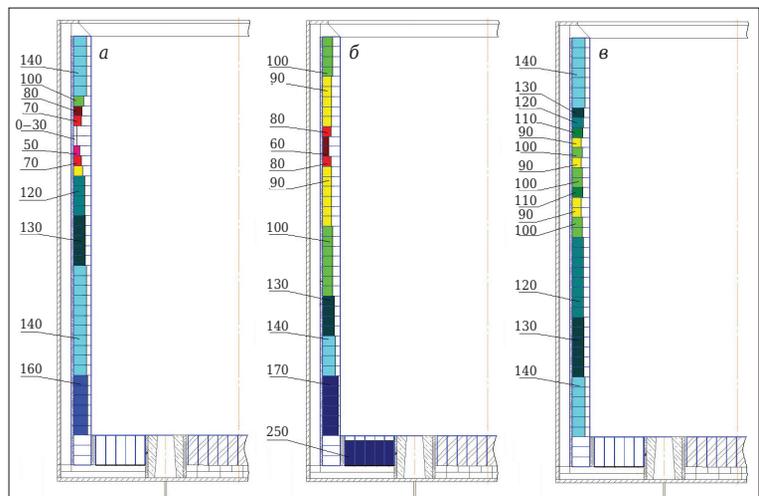
E-mail: vmusevich@oaobko.ru

различных ковшей адаптированы к особо жестким условиям эксплуатации в ОМЗ-Спецсталь. Изделия имеют специально подобранные рецептуру и состав, набор добавок, повышающих как сопротивление к выгоранию углеродистой составляющей, так и противостояние к механическим и эрозийным воздействиям в процессе эксплуатации, обеспечивают необходимую стойкость футеровки (в среднем не менее 26 плавов) и гарантируемые обязательства. Для уменьшения себестоимости продукции предприятием «ОМЗ-Спецсталь» поставлена задача по совершенствованию конструкции рабочего слоя футеровки 150-т ковшей. Для разработки нового дизайна рабочего слоя футеровки 150-т ковша УВРВ был проведен анализ существующей ситуации, выявлены основные причины, негативно влияющие на стойкость и удельный расход элементов рабочего слоя футеровки 150-т сталеразливочных ковшей (рис. 1). Для описания характера износа огнеупоров и подробного анализа существующих особенностей параметров сталяплавленного процесса составляли топографии износа рабочего слоя серийных футеровок 150-т ковшей УВРВ (рис. 2).

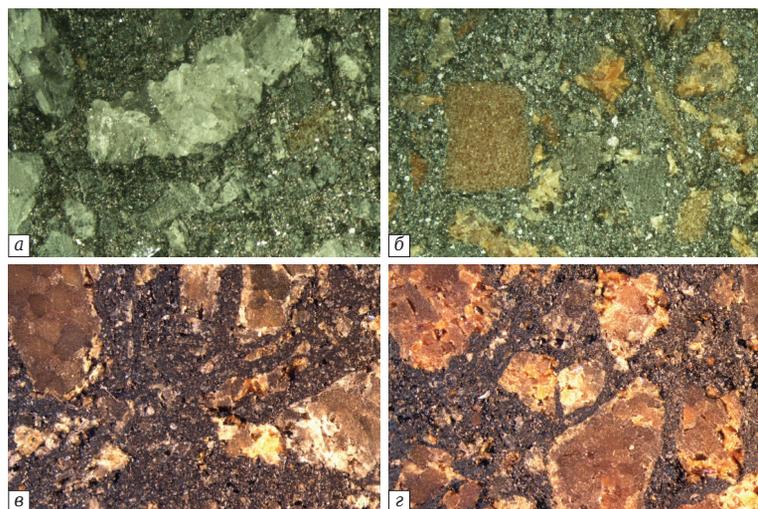
Специалистами обоих предприятий осуществляется непрерывная совместная работа, касающаяся улучшения дизайна кладки сталеразливочных ковшей, снижения удельного расхода огнеупорных материалов в рабочем слое футеровки; увеличения стойкости рабочего слоя футеровки; обеспечения безаварийной работы агрегата; обеспечения сбалансированного равномерного износа огнеупорных материалов по всем зонам рабочего слоя футеровки (шлаковый пояс, стены, дно). Общими усилиями внедрен модернизированный дизайн футеровки, позволивший минимизировать воздействие отрицательных факторов, в том числе за счет улучшения качества периклазоуглеродистых изделий и максимальной их адаптации к существующим



**Рис. 1.** Особенности износа и разрушения рабочего слоя футеровки 150-т сталеразливочного ковша: 1 — неравномерный износ; 2 — образование вертикальных трещин; 3 — проникновение металла между рядами кладки



**Рис. 2.** Топография износа рабочего слоя рядовых футеровок сталеразливочных ковшей: а — ковш № 16 (18 плавов); б — ковш № 18 (26 плавов); в — ковш № 19 (29 плавов); износ указан в мм



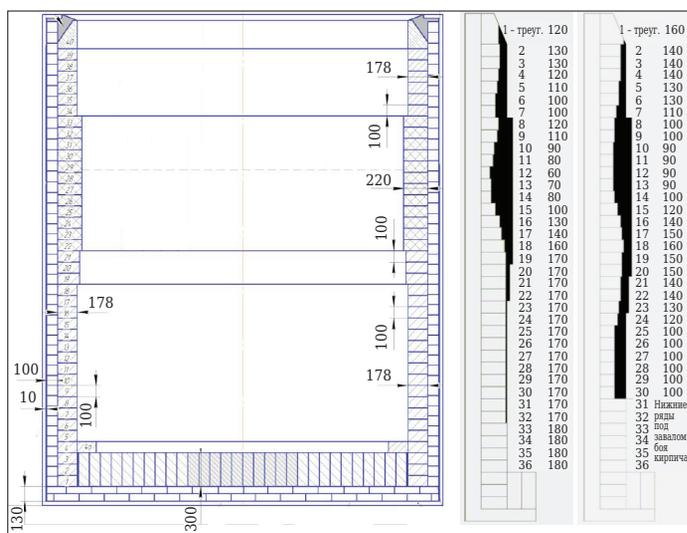
**Рис. 3.** Микроструктура периклазоуглеродистых изделий улучшенного качества: а — ПУ-6 (шлаковый пояс); б — ПУ-4АС (зона стен металла); в — ПУ-4 (периферия дна); г — ПУ-4К («бойная» зона дна)

**Эффект от внедрения инновации**

Рабочий слой футеровки	Стойкость, плавки	Удельный расход огнеупоров, кг/т стали
Оптимизированная схема	34,5	8,07
Стандартная схема	> 26,0	10,06



**Рис. 4.** Сборка сталеразливочного ковша



**Рис. 5.** Итог оптимизации дизайна кладки 150-т сталеразливочного ковша: а — оптимизированная схема футеровки; б, в — топография износа оптимизированной схемы футеровки ковша № 17 после 31 плавки (б) и ковша № 16 после 38 плавки (в). Оба ковша с утолщенным шлаковым поясом. Справа — остаточная толщина футеровки, мм

условиям эксплуатации. Микроструктура улучшенных изделий показана на рис. 3. Согласно усовершенствованной схеме кладки проведена апробация экспериментальных комплектов футеровки. На рис. 4 показана сборка рабочего слоя футеровки сталеразливочного ковша.

Таким образом, разработана и внедрена новая оптимизированная конструкция рабочего слоя футеровки 150-т ковша УВРВ, по результатам апробации

которой получены положительные результаты. Средняя стойкость опытной футеровки на 33 % выше средней стойкости серийных периклазоуглеродистых изделий по действующему (стандартному) дизайну (рис. 5). Кроме того, внедрение усовершенствованной схемы футеровки позволило снизить удельный расход огнеупоров (кг/т стали) на 20 % (см. таблицу). Достигнут сбалансированный равномерный износ огнеупорных материалов по всем зонам рабочего слоя футеровки.

Следующие шаги совместной деятельности обоих предприятий — поэтапный переход на оптимизированный дизайн кладки и внедрение комплекта огнеупорных изделий для промежуточного ремонта рабочего слоя футеровки. В настоящее время экспериментальные футеровки по вновь разработанному дизайну проходят апробацию на ОМЗ-Спецсталь.

31 марта 2014 г. остановлена на плановый текущий ремонт ДСП-120. Рабочий слой футеровки стен и шлакового пояса печи был выполнен периклазоуглеродистыми изделиями БКО. Стойкость за кампанию составила 212 плавки при гарантии не менее 200 плавки. В настоящее время анализируется топография износа рабочего слоя футеровки, выявляется полный возможный ресурс эксплуатации изделий. Достигнутый показатель стойкости футеровки ДСП-120 в условиях жесткого и нестабильного режима эксплуатации является положительным результатом.

Применение улучшенных периклазоуглеродистых изделий, обладающих оптимизированными техническими характеристиками за счет использования сырьевых компонентов наивысшего качества и комплекса антиокислительных добавок, позволяет БКО и ОМЗ-Спецсталь добиваться высоких показателей стойкости рабочего слоя футеровки тепловых агрегатов (сталеразливочных ковшей и ДСП-120), повышать экономическую эффективность функционирования ЭСПЦ. ■

Получено 23.06.14

© А. В. Можжерин, А. П. Маргишвили, В. А. Мусевич, А. П. Дука, С. В. Ефимов, С. Н. Кузнецов, С. В. Симонов, С. Ю. Афанасьев, В. К. Яценко, 2014 г.