



К. т. н. А. В. Можжерин, к. т. н. А. П. Маргишвили,
к. т. н. В. А. Мусевич (✉), к. т. н. А. П. Дука

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

УДК 666.762.14+666.762.2]621.746.329:66.043.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИЗАЙНА И МАТЕРИАЛОВ ФУТЕРОВОК СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ*

Проведен анализ комплексного подхода к повышению стойкости и эффективности эксплуатационных характеристик футеровок сталеразливочных ковшей, выполненных из огнеупорных материалов производства ОАО БКО. Указаны основные направления совершенствования технологии и оптимизации параметров физико-химических характеристик огнеупоров, увеличения эффективности огнеупоров за счет совершенствования дизайна футеровок для повышения ресурса службы металлургических агрегатов.

Ключевые слова: огнеупорный материал, технология, сталеразливочный ковш, футеровка, дизайн, комплексная поставка, стойкость, износ, ресурс эксплуатации.

Специалисты АО БКО постоянно проводят работу по увеличению стойкости футеровок сталеразливочных ковшей различных металлургических предприятий, повышению эффективности их эксплуатационных характеристик. Для достижения необходимого ресурса службы, минимизации тепловых потерь и обеспечения необходимой температуры на кожухе теплового агрегата проводится комплекс мероприятий:

- разработка оптимального дизайна кладки, предварительный тепловой расчет с использованием прикладной программы «TermoSoft»;

- непрерывное совершенствование огнеупорных материалов для арматурной и рабочей зон футеровки. При этом для повышения стойкости рабочего слоя футеровки сталеразливочных ковшей используются оксидоуглеродистые изделия с повышенным содержанием углерода [1], основы технологии которых в том числе были разработаны в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте под руководством проф. С. А. Суворова;

- улучшение физико-химических и эксплуатационных свойств изделий;

- комплексные поставки огнеупоров;
- техническое сопровождение поставок (инжиниринг и мониторинг).

Огнеупорные материалы производства АО БКО, предназначенные для выполнения футеровок сталеразливочных ковшей, поставляются на многочисленные металлургические предприятия, среди которых ПАО «Северсталь», ОАО НЛМК, заводы Трубной метал-

лургической компании (ТМК) и Металлоинвест, ЗАО «ВМК «Красный Октябрь», ООО «ОМЗ-Спецсталь», ЗАО «МЗ «Петросталь» и многие другие [2].

Для выполнения арматурного слоя футеровки сталеразливочных ковшей разработана технология изготовления усовершенствованных огнеупоров муллитокремнеземистого состава марок КБУ и КБУ-60 с инновационным дизайном. Модернизированная технология разработана на основе высококачественных сырьевых ингредиентов и специальных добавок.

Изделия обладают улучшенными физико-химическими характеристиками, повышены их огнеупорность и термостойкость, снижена доля Fe_2O_3 , уменьшена пористость. Полученные огнеупоры максимально адаптированы к существующим условиям сталеплавильных процессов (в том числе к высокой доле плавков с использованием вакуумирования) и предназначены для максимального продления ресурса безаварийной эксплуатации арматурного слоя футеровки сталеразливочных ковшей. Пониженная теплопроводность изделий и использование эффективного теплоизоляционного слоя в совокупности приводят к снижению теплотерь в процессе эксплуатации футеровки, обеспечивается минимальная температура на кожухе сталеразливочных ковшей. Характеристики муллитокремнеземистых огнеупоров представлены в таблице.

При использовании огнеупоров внедренного дизайна (один универсальный формат изделия взамен двух) облегчается процесс кладки арматурного слоя футеровки (в том числе с использованием мертелей производства АО БКО), минимизируется общее количество швов, формируется «гладкий» слой футеровки. Оптимизированные муллитокремнеземистые изделия (рис. 1) нашли успешное серийное применение на следующих металлургических предприятиях: ПАО «Северсталь», ОАО ВТЗ, ПАО СТЗ, ОАО ЧМК, ОАО ЕВРАЗ ЗСМК, ОАО НСММЗ, ОАО ОЭМК, ООО «НЛМК-Калуга» и других.

* По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (19–20 марта 2015 г., Москва).



В. А. Мусевич

E-mail: vmusevich@oaobko.ru

Технические свойства изделий марок КБУ и КБУ-60

Показатели	Марка огнеупора (ТУ 14-194-300-10 с изм. 1)	
	КБУ	КБУ-60
Массовая доля, %:		
Al ₂ O ₃ , не менее	55	60
Fe ₂ O ₃ , не более	4	3
Открытая пористость, %, не более	20	19
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	35	45
Огнеупорность, °С, не ниже	1750	1770
Остаточные изменения размеров при нагреве при 1400 °С, %	-0,4-+1,0	-0,4-+1,0
Термостойкость, теплосмены, не менее	4	6

Грамотный подбор огнеупорных материалов для выполнения футеровок сталеразливочных ковшей по толщине кладки, разработка оптимального дизайна футеровки на основе предварительного теплового расчета с использованием прикладной программы «TermoSoft» позволяют максимально приближенно рассчитать температуру на кожухе теплового агрегата, что практически всегда подтверждается при фактическом внедрении. Пример расчета температуры на кожухе 160-т сталеразливочного ковша ПАО СТЗ представлен на рис. 2. При этом обеспечивается необходимая минимальная температура на кожухе сталеразливочных ковшей.

Для увеличения сроков и ресурса безаварийной эксплуатации сталеразливочных ковшей и общего повышения стойкости футеровок АО БКО осуществляет комплексные поставки огнеупор-

ных материалов, в том числе для вспомогательных и ремонтно-восстановительных работ. При этом внедряются различные инновационные решения, позволяющие повысить эффективность использования того или иного огнеупорного продукта. Рассмотрим примеры комплексного использования огнеупорных материалов в сталеразливочных ковшах некоторых предприятий.

400-т ковш конвертерного цеха ПАО «Северсталь»:

- пространство между верхним кольцом рабочего слоя футеровки и металлическим кожухом сталеразливочных ковшей заполняется пластичной ремонтной оборотовочной массой марки BorPlast-65;
- в арматурной футеровке выполняется комбинированная кладка из изделий ШКУ-37 в зоне стены металла и КБУ в шлаковой зоне, что позволило повысить общую стойкость контрольного слоя футеровки до уровня не менее 8 компаний;
- внедрены оксидоуглеродистые изделия оптимизированного состава и улучшенного дизайна, что обеспечило достижение средней стойкости рабочего слоя футеровки 102 плавки;
- для футеровки шлакового пояса и ремонтного комплекта используется мертель марки МПШ, в результате чего усилилось сопряжение



Рис. 1. Внешний вид оптимизированных муллитокремнеземистых изделий: а — продукция перед обжигом в туннельной печи; б — модернизированный дизайн

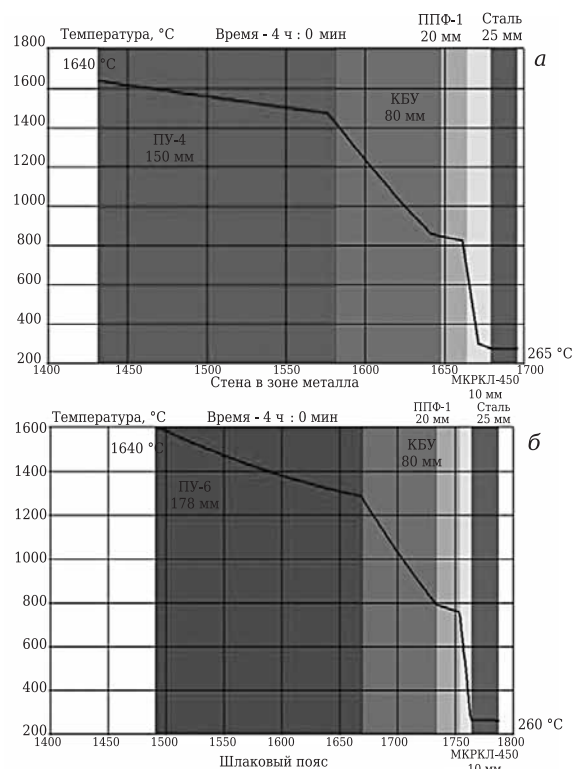


Рис. 2. Тепловой расчет рабочей футеровки 160-т ковша ПАО СТЗ: а — в зоне шлакового пояса; б — стена в зоне металла

элементов кирпичной кладки, снизилась вероятность проникновения шлака и расплава металла в узлы сопряжения между огнеупорными изделиями, исключена вероятность раскрытия швов в процессе эксплуатации футеровки.

160-т сталеразливочный ковш ОАО ВТЗ:

- комбинированная кладка в арматурном слое футеровки выполняется изделиями МКБ-75 и ШКУ-37, при этом достигнута стойкость не менее 5 кампаний и снижены удельные экономические затраты;

- внедрены оксидоуглеродистые изделия оптимизированного состава и улучшенного дизайна, что позволило обеспечить среднюю стойкость не менее 55 плавов;

- для выполнения ремонта шлакового пояса используют мертель МПШ и для восстановления зон локального износа рабочего слоя футеровки — ремонтно-восстановительную массу ПШРМ, в результате продлен ресурс стен в зоне металла, подверженных интенсивному растрескиванию и скалыванию [3].

160-т сталеразливочный ковш ПАО СТЗ:

- в арматурном слое футеровки применяют изделия КБУ-60 (один универсальный формат), кладку ведут на мертеле ММКБ-75, вследствие этого обеспечена стойкость контрольного слоя не менее 3 кампаний при постоянной доле вакуумирования более 90 %;

- для рабочей футеровки внедрены оксидоуглеродистые изделия улучшенного состава, достигнута средняя стойкость 70 плавов;

- с целью снижения удельных затрат на огнеупорные материалы проведены испытания периклазоуглеродистых изделий модернизированных форматов. Стойкость опытных изделий с экспериментальным дизайном сопоставима со стойкостью промышленно применяемых. При подготовке к эксплуатации сталеразливочного ковша с опытной футеровкой отмечены следующие преимущества опытных огнеупоров по сравнению с промышленно применяемыми: уменьшенное время выполнения рабочего слоя футеровки вследствие применения огнеупорных изделий одного формата вместо двух, облегчен процесс кладки, минимизировано общее количество швов, отсутствуют остатки при проведении футеровочных работ («неликвиды»), поскольку

ку используется один формат изделий, нет прохода металла через стыки огнеупоров во время службы.

На основе положительных результатов апробации продукции и достижения эффективности использования разработанных изделий принято решение рекомендовать и внедрять их для применения на других металлургических предприятиях.

130-т сталеразливочный ковш ЭСПЦ ОАО ЕВРАЗ ЗСМК:

- в арматурной футеровке используют изделия марки МКРКП-45 (один универсальный формат) со стойкостью не менее 500 плавов, проведена апробация изделий марки КБУ-60 инновационного дизайна, для кладки используют мертель марки ММК-72;

- рабочую футеровку выкладывают оксидоуглеродистыми изделиями оптимизированного состава и улучшенного дизайна, достигнута средняя стойкость не менее 60 плавов при различной доле вакуумирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АО БКО — это современное, эффективное и постоянно развивающееся предприятие с богатой научно-технической базой и высококвалифицированными кадрами. Тесное сотрудничество с институтами, научными центрами и потребителями продукции комбината, а также накопленный опыт, производственные и собственные научные ресурсы предприятия позволяют своевременно выявлять пути повышения эффективности поставляемых огнеупоров.

Совместная планомерная деятельность специалистов АО БКО и потребителей его продукции по оптимизации огнеупоров и повышению стойкости узлов тепловых агрегатов приносит положительные результаты. Применение улучшенных огнеупорных материалов, обладающих оптимизированными техническими характеристиками и инновационным дизайном, позволяет АО БКО добиваться высоких показателей стойкости футеровок сталеразливочных ковшей и обеспечивать гарантируемые обязательства. Коллектив предприятия уверенно смотрит в будущее и приглашает все заинтересованные стороны к плодотворному взаимовыгодному сотрудничеству.

Библиографический список

1. **Можжжерин, А. В.** Перспективы поставок огнеупорных материалов ОАО БКО на ОАО НЛМК, совершенствование продукции и повышение эффективности металлургических процессов / А. В. Можжжерин, А. П. Маргшвили, В. А. Мусевич [и др.] // Новые огнеупоры. — 2013. — № 11. — С. 6–9.
2. **Маргшвили, А. П.** ОАО БКО на рынке оксидоуглеродистых огнеупорных материалов / А. П. Маргшвили, А. В. Можжжерин, В. А. Мусевич [и др.] // Новые огнеупоры. — 2013. — № 1. — С. 24–27.
3. **Можжжерин, А. В.** Эволюция дизайна и стойкости рабочей футеровки 150-т сталеразливочных ковшей

УПК ЭСПЦ ОАО ВТЗ поставок ОАО БКО / А. В. Можжжерин, В. А. Мусевич, А. П. Дука [и др.] // Новые огнеупоры. — 2009. — № 1. — С. 5–14.

Mozzherin, A. V. The design and resistance evolution of 150-ton ladles lining / A. V. Mozzherin, V. A. Musevich, A. P. Duka [et al.] // Refractories and Industrial Ceramics. — 2009. — Vol. 50, № 1. — P. 1–9. ■

Получено 01.07.15

© А. В. Можжжерин, А. П. Маргшвили,
В. А. Мусевич, А. П. Дука, 2015 г.