

УДК 66.043.1

## ЭФФЕКТИВНАЯ ФУТЕРОВКА ПОДИНЫ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ТОЛКАТЕЛЬНОГО ТИПА

© **Красный Александр Борисович**, канд. техн. наук; **Палий Ирина Николаевна**

ЗАО НТЦ «Бакор». Россия, г. Щербинка. E-mail: bakor@ntcbakor.ru

**Григорьев Александр Андреевич**

ООО «Краматорский завод «Теплоприбор». Украина, Донецкая обл.

Статья поступила 18.04.2013 г.

В научно-техническом центре «Бакор» разработан материал корундомулитоциркониевого состава для футеровки подин нагревательных печей толкательного типа. Повышенная прочность материала обусловлена использованием высокотехнологичных сырьевых компонентов и модификацией состава вяжущего. Приведены положительные результаты эксплуатации блоков полной заводской готовности в методической печи кузнечно-механического завода (Украина).

**Ключевые слова:** корундомулитоциркониевый огнеупор; футеровка подины нагревательной печи толкательного типа.

Практика эксплуатации методических печей на металлургических предприятиях показывает, что для повышения рентабельности и снижения энергетических затрат необходимо применение новых стойких огнеупорных материалов в кладке подин нагревательных печей [1].

Ранее [2, 3] приводились результаты исследований и опыт эксплуатации футеровок подин нагревательных (методических) печей с шагающим подом, выполненной из керамических блоков корундомулитоциркониевого (КМЦ) состава. Отмечалось, что в сравнении с существующими футеровками, выполненными из различных бетонов и плавящего корунда, футеровка из огнеупоров КМЦ имеет значительные преимущества:

- отсутствие взаимодействия с окалиной заготовок;
- высокая эрозионная и термическая стойкость, что обеспечивает футеровке длительный срок службы – более двух лет;
- простота монтажа и возможность изготовления элементов футеровки полной заводской готовности.

Приведенные выводы подтверждены опытом эксплуатации подин нагревательных печей с шагающим подом на промышленных предприятиях. Прочность при сжатии огнеупора КМЦ составляет 75–90 МПа, что обеспечивает надежную работу футеровок нагревательных печей именно с шагающим подом. Для печей же толкательного типа требуются огнеупорные материалы с повышенными прочностными характеристиками.

Учитывая многочисленные запросы предприятий на высокостойкие огнеупоры для футеровки подин нагревательных печей толкательного типа, в НТЦ «Бакор» разработали огнеупоры для печей такого типа. При формировании требований к огнеупорам для подин печей толкательного типа учитывали необходимость получения следующих свойств:

- высокая стойкость к механической коррозии и, как следствие, продление сроков эксплуатации футеровки;
- высокая термостойкость и отсутствие взаимодействия футеровки с окалиной.

Ввиду того, что такие свойства демонстрировали огнеупоры КМЦ [4], было принято решение разработать высокопрочный материал на основе того же корундомулитоциркониевого состава.

Прочность на истирание характеризуется в основном когезионной прочностью материала, которая определяется как прочность при сжатии. В связи с этим основной упор в исследованиях был сделан на повышение прочности при сжатии разрабатываемого материала. Согласно литературным данным и анализу прочностных свойств материалов, эффективно используемых при футеровке подин печей толкательного типа, уровень прочности при сжатии должен быть не менее 150 МПа.

Регулировать упрочнение керамического огнеупорного материала зернистого строения в процессе обжига возможно различными приемами, в частности, комбинацией сырьевых компо-

нентов, подбором зернового состава масс и режима формования для повышения плотности сырца, а также температурным режимом обжига и другими [5].

Прочность керамического материала зернистого строения является сложной функцией, зависящей от параметров микроструктуры, прочности зерен наполнителя и тонкодисперсной связки. При получении керамических материалов на основе электроплавленных зерен, которые в процессе обжига не подвержены усадке, особое внимание обращают на величину усадки связки. При больших значениях усадки тонкодисперсной связки создаются значительные напряжения, приводящие к образованию микротрещин в самой тонкодисперсной связке и/или к ее отрыву от зерен наполнителя. Это влечет за собой снижение механических характеристик материала.

Были проведены петрографические исследования микроструктуры и рентгенофазовый анализ для выявления фазового состава разработанного материала. Известно, что при обжиге тонкоизмельченных смесей оксида алюминия и циркона происходит разложение циркона с образованием диоксидов циркония и кремния. Выделившийся в результате разложения диоксид кремния в дальнейшем может взаимодействовать с оксидом алюминия с образованием муллита. Прохождение этих процессов во многом определяется дисперсностью компонентов, их распределением и наличием примесей и добавок в смеси. Рентгенофазовый анализ показал, что в разработанном авторами материале, по аналогии с материалом КМЦ, остаточное количество циркона после обжига незначительно. Образовавшиеся муллит и диоксид циркония обуславливают высокую термическую стойкость и разработанного материала, и материала КМЦ.

Задача повышения прочности материала корундомуллитциркониевого состава была успешно решена благодаря изменению состава вяжущего вещества и введения в шихту высокотехнологичных сырьевых компонентов, выпускаемых ведущими зарубежными компаниями. Применение такого состава при изготовлении огнеупорных блоков позволяет повышать формовочную плотность сырца и получать обожженные изделия с пористостью не более 15%. Предел прочности при сжатии нового материала составляет 150–170 МПа, термостойкость не менее 30 теплосмен (1300 °С – вода), плотность не менее 3,3 г/см<sup>3</sup>.

Были проведены петрографические исследования микроструктуры разработанного материала. Тонкодисперсная связка представляет собой структуру с равномерно распределенными порами и микротрещинами, которые определяют высокую термическую стойкость материала. Муллит обнаруживается в виде мелких игольчатых кристаллов. Тонкодисперсная связка с наибольшим размером зерен, не превышающим 30 мкм, плотно контактирует с зернами наполнителя. Равномерное распределение новообразований и плотный контакт тонкодисперсной связки с зернами наполнителя обуславливают высокий уровень прочности разработанного материала и его низкую пористость.

При контакте металлических заготовок (или их окарины) с подиной печи может происходить химическая реакция, которая приводит к спеканию материала подины и заготовок. Образуются так называемые настывы, препятствующие проталкиванию заготовок через печь. Как правило, при движении металлических заготовок настывы механически вырываются, что нарушает целостность подины на отдельных участках, а также повреждает поверхность заготовок. Пониженная пористость разработанного огнеупора уменьшает проникновение расплавов оксидов металлов внутрь материала, тем самым препятствуя созданию настывей.

В ранее разработанном материале КМЦ тонкодисперсная связка состоит из зерен размером 20–50 мкм. На границе зерен наполнителя с тонкодисперсной связкой наблюдаются поры щелевидной формы, которые, наиболее вероятно, образуются в результате усадки тонкодисперсной связки и отрыва ее от зерен. Наличие таких пор снижает прочность материала КМЦ по сравнению с прочностью разработанного авторами материала.

В результате исследований подтверждена эффективность использования нового связующего при производстве корундомуллитциркониевых огнеупоров. На опытно-экспериментальной базе ЗАО «НТЦ «Бакор» выпущена опытная партия блоков из разработанного материала.

Первый опыт эксплуатации нового огнеупора был осуществлен на Лазовском кузнечно-механическом заводе (Украина). В ООО «Краматорский завод «Теплоприбор» (Украина, Донецкая обл.) спроектировали и изготовили для Лазовского завода методические печи для нагрева стальных заготовок (формы квадрата, цилиндра). Печь вступила в эксплуатацию в 2009 г. По-



Новая футеровка пода печи



Состояние футеровки после 18 месяцев эксплуатации

дина печи выполнялась из хромомagneзитового кирпича и его стойкость составляла не более пяти недель.

При движении заготовок по подине, футерованной хромомagneзитовым кирпичом, происходили истирание ее поверхности и образование продольных канавок. Глубина канавок и определяла износ подины. Кроме того, хромомagneзитовый кирпич интенсивно взаимодействовал с окалиной с образованием настывлей.

В 2011 г. для футеровки печи был применен материал корундомуллитциркониевого состава, разработанный специально для толкательных печей. По проекту завода «Теплоприбор» на базе ЗАО НТЦ «Бакор» были изготовлены рациональные блоки полной заводской готовности, удобные для монтажа. Предусмотрено, что при появлении износа на поверхности блоков их можно перевернуть и продолжить эксплуатацию. К настоящему времени подина печи эксплуатируется более 18 мес. В процессе эксплуатации не было отмечено взаимодействия металла заготовок или окалины с материалом подины.

Сравнительный экономический анализ применения изделий из разработанного материала вместо хромомagneзитового кирпича для футеровки подин нагревательных печей толкательного типа показал, что все затраты окупаются менее чем за шесть месяцев. В настоящее время, учи-

тывая положительный опыт эффективного применения высокопрочного материала корундомуллитциркониевого состава в нагревательных печах толкательного типа, руководством завода «Теплоприбор» и НТЦ «Бакор» разработана совместная программа по дальнейшему использованию нового эффективного материала на предприятиях Украины.

#### Библиографический список

1. Красный Б.А., Тарасовский В.П., Красный А.Б. Новые керамические и огнеупорные материалы как фактор повышения эффективности предприятий // Реальная экономика. 2010. № 1/2. С. 44–53.
2. Красный Б.А. Применение новых керамических и огнеупорных материалов – один из важнейших факторов повышения экономической эффективности предприятий, их экологической безопасности // Новые огнеупоры. 2010. № 8. С. 10–21.
3. Красный Б.А., Картунов Е.Н. Опыт инновационного решения футеровки подин методических печей // Рынок металлопроката. 2008. № 1. С. 102–104.
4. Красный Б.А., Тарасовский В.П., Палий И.Н. и др. Опыт эксплуатации методической нагревательной печи с шагающим подом, футерованной изделиями из огнеупорной керамики марки КМЦ // Новые огнеупоры. 2011. № 4. С. 5–7.
5. Стрелов К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. М.: Металлургия, 1985. 480 с.

## EFFECTIVE LINING OF BOTTOM OF PUSHING-TYPE HEATING FURNACE

© Krasny A.B., Cand. Sc. (Eng.); Paliy I.N.; Grigoriev A.A.

Corundum mullite zirconium ceramic material for bottom lining of pusher type furnace was developed in R&D centre “Bakor”. The high strength material was obtained by the use of the high-tech raw materials and the modified bonding agent. The beneficial effect with the use of shaped blocks for bottom lining in pusher type furnace of forging-mechanical plant (Ukraine) was shown.

**Keywords:** corundum mullite zirconium refractory; bottom lining of pusher type furnace.





## ОГНЕУПОРЫ СПЕЦИАЛЬНЫЕ для черной и цветной металлургии



**КОРУНДОМУЛТИОЦИРКОНИЕВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ОГНЕУПОРЫ (КМЦ)**  
для футеровки подлин нагревательных печей

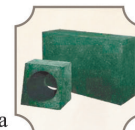
**Преимущества:** повышенная термостойкость, отсутствие химического взаимодействия с железной окалиной, отсутствие объемной и линейной деформации в процессе эксплуатации



**ХРОМКОРУНДОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ ХКТ**

для футеровки плавильных тепловых агрегатов

**Преимущества:** высокая коррозионная стойкость на контакте с высокотемпературными агрессивными расплавами металлов, сплавов, базальта



**ВЫСОКООГНЕУПОРНАЯ КЕРАМИЧЕСКАЯ ОСНАТКА**

для слива высокотемпературных расплавов металлов и сплавов

**Преимущества:** повышенная термостойкость, высокая коррозионная стойкость, отсутствие взаимодействия с расплавом металла.



**ТИГЛИ ВЫСОКООГНЕУПОРНЫЕ**

для плавки металлов и сплавов



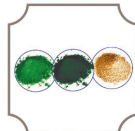
**ЗАО «Научно-технический центр «Бакор»**

Тел.: +7(495)502-78-68, +7(495)580-56-56

e-mail: bakor@ntcbakor.ru

www.ntcbakor.ru

**МЕРТЕЛИ ОГНЕУПОРНЫЕ**



На правах рекламы

### ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

## «Стальной шелк» получил положительную оценку

На состоявшемся в Геленджике конгрессе Российского союза поставщиков металлопродукции новый бренд ОАО «Северсталь» – «Стальной шелк» получил положительную оценку.

«Стальной шелк» – это металлопрокат с полимерным покрытием, специально разработанный для изготовления металлочерепицы. Новый продукт создавался с участием архитекторов и конструкторов, что позволило не только создать оптимальный материал для кровли, но и предложить лучшее решение с учетом климатических особенностей различных регионов. Материал представлен в восьми цветах, максимально приближенных к наиболее популярным цветам натуральной черепицы стран Западной Европы. «Северсталь» разработала несколько видов продукта. Для территорий с нормальной влажностью и умеренной солнечной активностью, например, средней полосы России, лучшим будет «Стальной шелк» Classic. «Стальной шелк» WP (Water Protection) будет оптимален для регионов с повышенной влажностью – это, как правило, прибрежные территории или регионы с высоким уровнем осадков. Там, где активность солнца высока, будет незаменима металлочерепица из «Стального шелка» SP (Sun Protection). Для климатических зон, где кроме высокой солнечной активности наблюдается еще и высокая влажность (приморские территории юга России), специально разработан «Стальной шелк» DP (Double Protection). Новый продукт имеет полное соответствие Российским и Европейским стандартам. Он экологически безопасен и пожаростоек.

Одной из первых заказов на производство «Стального шелка» разместила компания «Сталинвест». Генеральный директор компании Сергей Масленников «Северстали» отметил такие важные для потребителя преимущества нового продукта, как гарантия от производителя в течение 10 лет на декоративные свойства, 15 лет до первых признаков коррозии и 25 лет до сквозной коррозии, а также гарантия подлинности – маркировка продукта. «То, чего так долго ждал рынок, наконец-то свершилось», – прокомментировал С.Масленников выход на рынок нового продукта «Северстали».

Первая партия «Стального шелка» произведена на ЧерМК также для «ТСФ «Спецпрокат» в цвете Орхус. Начальник коммерческого отдела «ТСП «Спецпрокат» Екатерина Павлова отметила важную особенность нового продукта: «В зависимости от климатической зоны, где будет использоваться новый продукт, он имеет несколько типов. Это очень удобно, так как позволяет потребителю выбрать наиболее подходящий материал».



Управление внешних коммуникаций ОАО «Северсталь»