



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ОГНЕУПОРЩИКОВ И МЕТАЛЛУРГОВ

3–4 АПРЕЛЯ 2014 ГОДА
МОСКВА

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

АССОЦИАЦИЯ ФИНАНСОВО-
ПРОМЫШЛЕННЫХ ГРУПП РОССИИ

ООО «ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ»

ГРУППА МАГНЕЗИТ

АССОЦИАЦИЯ
ФИНАНСОВО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ГРУПП
РОССИИ

INTERMET
INTERNET ENGINEERING

ГРУППА
МАГНЕЗИТ

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Александров Б. П., Алексеева Н. В., Травицкова А. Н.** Ассоциация «СПб НТЦ» — 10 лет работы 12
- Беляков А. В., Церман С. И.** Современные схемы структурирования композиционного рабочего слоя алмазного инструмента для обработки огнеупорных материалов 12
- Борзов А. Н., Заболоцкий А. В., Турчин М. Ю.** Методы компьютерного моделирования для оптимизации огнеупорной футеровки 13
- Драбик А. Н.** Крепежные элементы монолитной футеровки . . 13
- Коварская Е. З., Москобенко И. Б., Потапов А. И.** Разработка рекомендаций по освоению неразрушающих методов контроля физико-механических свойств и качества огнеупоров 14
- Кононов В. А.** Кризис в огнеупорной отрасли 14
- Небген Г., Клаас Т., Серебрякова Р.** Стратегические решения фирмы «Vhi GmbH» при взаимодействии с российскими производителями 15
- Перепелицын В. А., Гороховский А. М., Пономаренко З. Г., Речнева Л. А.** Дилатометрия коксового динаса 15
- Перепелицын В. А., Куталов В. Г., Арзамасцев Н. Н., Остряков Л. В.** Повышение износоустойчивости периклазоуглеродистых огнеупоров 16

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Абызов В. А., Рывтин В. М., Речкалов Д. А., Черногорлов С. Н.** Быстротвердеющие глиноземистые огнеупорные цементы на основе дисперсных отходов переработки шлака безуглеродистого феррохрома 17
- Аксельрод Л. М., Назмиев М. И., Семенцов А. А.** Плавленный периклаз Группы «Магнезит» 18
- Апакашев Р. А., Давыдов С. Я.** Абразивный материал на основе глиноземной пыли 18
- Белов В. А., Голотвин А. Д., Давыдов С. Я.** Определение повышенного горного давления в осадочных породах глинистой формации 19
- Кашеев И. Д., Земляной К. Г., Павлова И. А., Баяндина М. А.** Исследование спекания каолина 20
- Перепелицын В. А., Острякова И. В.** Графитовые месторождения Урала 20
- Перепелицын В. А., Рывтин В. М., Гильварг С. И.** Получение плавной шпинели с использованием шлака металлического хрома 21
- Повшук В. В., Семченко Г. Д., Евдокимова Н. В.** Флюс для повышения стойкости футеровки конвертеров 22
- Соколов В. А.** О получении плавного стабилизированного диоксида циркония 24
- Стенин Ю. В., Арефьев С. А., Ганиев Р. С.** Взаимосвязь карьерных автодорог с технологическими параметрами открытой разработки 24
- Стенин Ю. В., Ганиев Р. С., Арефьев С. А.** Влияние риска расхождения плановых и фактических условий работы на производительность карьеров ОАО «Ураласбест» 25
- Юнусов Р. И.** Факторы, влияющие на количество коксового остатка в связующем на основе пульвербакелитов 26

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

- Аксельрод Л. М., Донич Р. А., Привалов И. В., Марясов И. Г., Данилова Ю. В.** Изделия для футеровки горизонтального конвертера плавки никелевых штейнов 26
- Аксельрод Л. М., Турчин М. Ю., Пицик О. Н., Киселёва Е. А.** Повышение эксплуатационных показателей составных плит шибберных затворов 27
- Аксельрод Л. М., Хурматуллин А. Р., Пицик О. Н., Устинов В. А.** Применение новых марок периклазошпинельных огнеупоров Группы «Магнезит» 27
- Аксельрод Л. М., Ярушина Т. В.** Периклазоуглеродистые ковшевые огнеупоры Группы «Магнезит» с использованием собственного высококачественного периклаза и обновленной технологии 28
- Аксельрод Л. М., Ярушина Т. В., Марясов И. Г., Латкин М. Ю.** Оптимизация структуры коксового остатка и ее влияние на эксплуатационную стойкость огнеупоров 29
- Ахтямов Р. Р., Трофимов Б. Я.** Разработка и применение жаростойкого бетона на шлакощелочном вяжущем, шамотном и шлаковых заполнителях 29
- Дикарёва Р. И., Макаренко А. Г., Коротеев С. А.** Освоение производства высокомагнезиальных флюсов на Пантелеймоновском огнеупорном заводе 30
- Донич Р. А., Привалов И. В., Данилова Ю. В.** Карбидкремний-содержащий бетон для агрегатов разливки меди 30
- Казанцева Н. Н., Мамаев А. В.** Расширение ассортимента выпускаемой продукции на Сухоложском огнеупорном заводе в условиях современного рынка 31
- Лаптев А. П., Аксельрод Л. М., Марченко Д. А., Донич Р. А.** Pre-cast огнеупоры основного и алюмосиликатного составов производства НПК «Магнезит». Опыт применения 31
- Назмиев М. И., Ряшин В. В., Могильникова Е. С.** Торкрет-масса для полусухого торкретирования сталеразливочных ковшей . . 32
- Образцов А. Н., Поспелова Е. И., Ряшин В. В.** Торкретирование — метод оперативного горячего ремонта сталеразливочных ковшей 32
- Смертин В. В., Пицик О. Н., Беспалова И. Г., Крохин А. А.** Периклазовые огнеупоры с форстеритовой связью для регенераторов стекловаренных печей 35
- Турчин М. Ю., Пицик О. Н., Найман Д. А.** Оптимизация формата огнеупоров Группы «Магнезит», применяемых для горелочного пояса высокотемпературной шахтной печи 36
- Яговцев А. В., Кобелев Д. Б., Гороховский А. М.** Цирконистографитовый материал для шлакового пояса погружаемого стакана 37
- Ярушина Т. В., Сладков Е. М., Дикарёва Р. И.** Периклазоуглеродистые изделия производства Пантелеймоновского огнеупорного завода 37

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

- Глухов А. В., Matthias Jan.** Оборудование для подачи аргона и кислорода при производстве металла. Немецкие технологии . 39
- Давыдов С. Я., Шварев В. С.** Использование прорезиненных лент общепромышленного назначения для трубчатых ленточных конвейеров 41
- Давыдов С. Я., Юсупова А. С.** Использование системы грузопассажирского пневмотранспорта с повышенной пропускной способностью 41
- Золотухин В. И., Головкин А. Г., Гордеев Е. И., Провоторов Д. А.** Новая концепция построения современных сталеразливочных систем и огнеупоров к ним на основе инновационных решений 42

Полянский Л. И., Доброродный А. Н., Хромов В. А., Кобелев М. В., Ветошкин А. В. Оборудование для селективного дробления отработанных огнеупорных материалов 43

Прибора В. Н. Современный рентгеновский анализ в огнеупорной промышленности 43

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

Апакашев Р. А., Давыдов С. Я. Исследование контактного взаимодействия расплавленного алюминия с огнеупорными материалами 46

Белогурова О. А., Саварина М. А., Шарай Т. В. Плотные огнеупоры из карбидизированных гранул 47

Галахов А. В., Зеленский В. А., Коваленко Л. В., Алымов М. И. Синтез оксинитрида алюминия СВС-методом в азотсодержащих алюмогелях 47

Гурин В. Н., Гринь Ю., Буркхардт У., Веремчук Ю., Деркаченко Л. И. Синтез тугоплавких соединений на поверхности прессуемого порошка Al_2O_3 при спекании в СПАРК-плазме . . . 48

Данилова О. Ю., Довгаль А. Н., Лукин А. В., Юрков А. Л., Дороганов В. А., Евтушенко Е. И., Гоголевская О. В. Карбид кремния на нитридной связке — оптимизация свойств, концентраций и структуры 48

Дороганов В. А., Перетокина Н. А., Гоголевская О. В., Евтушенко Е. И., Данилова О. Ю. Керамические композиционные материалы на основе системы $Al_2O_3-SiO_2-SiC$ 49

Конаков В. Г., Голубев С. Н., Новик Н. Н., Ушаков В. М. Влияние условий сушки гелей, полученных золь-гель синтезом, на образование твердых растворов в нанокерамическом прекурсорсодержащем составе $87ZrO_2-5HfO_2-8Y_2O_3$ 50

Конаков В. Г., Курапова О. Ю., Голубев С. Н., Ушаков В. М. Получение наноразмерных керамических прекурсоров с низкой степенью агломерации методами «мягкой химии» 52

Костицын М. А., Зайцева А. А., Казаков В. И., Митрофанов А. В., Кузнецов Д. В. Структура и свойства наномодифицированных муллитокорундовых огнеупоров 53

Лысова Г. А., Боровик С. И. Влияние температуры обработки сырьца на механическую прочность углеродсодержащих огнеупоров . . . 53

Милявский В. В., Акопов Ф. А., Лукин Е. С., Боровкова Л. Б., Бородин Т. И., Вальяно Г. Е., Попова Н. А., Зиборова В. С. Структурно-фазовые изменения в керамике на основе упрочненного частично стабилизированного диоксида циркония при различных воздействиях 54

Перепелицын В. А., Гороховский А. М., Дунаева М. Н. Термостойкий муллитокордиеритовый бетон 55

Перепелицын В. А., Гороховский А. М., Федоровцева А. В., Карпец Л. А. Повышение термостойкости плавящихся легированных материалов системы $MgO-Al_2O_3$ 56

Примаченко В. В., Мартыненко В. В., Бабкина Л. А., Савина Л. К., Привалова Н. Г. Синтезированные корундсиалонсодержащие огнеупоры с добавкой ферросилиция 58

Примаченко В. В., Мартыненко В. В., Бабкина Л. А., Хончик И. В., Никулина Л. Н. Муллитокорундовая набивная масса с добавкой пылевидного кварца для футеровки металлургических агрегатов 58

Примаченко В. В., Мартыненко В. В., Шулик И. Г., Гальченко Т. Г., Процак Е. Б. Применение в установках выращивания монокристаллов высокоогнеупорных изделий из плавящего диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия 58

Семченко Г. Д., Повшук В. В., Бражник Д. А., Борисенко О. Н., Евдокимова Н. В., Литовченко А. А. Использование наночастиц в технологии $MgO-C$ -материалов 59

Соков В. Н., Сокова С. Д., Солнцев А. А. Модифицированный метод самоуплотняющихся масс на основе выгорающей добавки растительного происхождения 60

Суворов С. А., Козлов В. В. Структурные характеристики периклазоуглеродистых огнеупоров 61

Суворов С. А., Румянцев В. И., Кораблёва Н. Ю. Термостойкие циркониевые изделия из ЧСДЦ 61

Суворов С. А., Туркин И. А., Сперанская К. А. Наноструктурированные корундоциркониевые огнеупоры 62

Суворов С. А., Фищев В. Н., Игнатъева А. Н., Арбузова Н. В. Высокоглиноземистые титаномуллитовые огнеупоры с лабильной микроструктурой 63

Хмелёв А. В. Муллитокорундовая керамика, полученная плазменно-искровым спеканием 63

Шаяхметов У. Ш., Мурзакова А. Р., Хайдаршин Э. А. Технология огнеупорных профильных керамических изделий 64

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Абызов В. А., Рытвин В. М., Гильварг С. И., Ряховский Е. Н. Жаростойкие бетоны и растворы на фосфатных связующих и заполнителях из шлака алюминотермического производства металлургического хрома 66

Афанасьев И. Г., Абдрахманов Р. И., Корнев Н. Н. Внедрение торкрет-масс для сухого торкретирования рабочего слоя футеровки промежуточных ковшей ККЦ ОАО ММК 66

Афанасьев И. Г., Корнев Н. Н., Абдрахманов Р. И. Опыт применения периклазоуглеродистой футеровки кислородного конвертера изделиями компании «Dufresco» в условиях ККЦ ОАО ММК 67

Бажин В. Ю., Сырков А. Г., Кванин А. Л. Технологии защиты углеграфитовой футеровки и электродов металлургических агрегатов 67

Ботников С. А. Влияние геометрии металлопроводки промежуточного ковша и технологических параметров разлива на работу сортовых МНЛЗ 68

Бурмистрова Е. В., Корнев Н. Н., Абдрахманов Р. И. Огнеупоры для продувки металла аргонном в сталеразливочных ковшах ОАО ММК 68

Вдовин К. Н., Точилкин В. В., Марочкин О. А., Умнов В. И. Основные направления при конструировании огнеупорных элементов для защиты от вторичного окисления при разливе стали на МНЛЗ 69

Можжерин А. В., Маргшвили А. П., Мусевич В. А., Дука А. П., Ефимов С. В., Кузнецов С. Н., Симонов С. В., Афанасьев С. Ю., Яценко В. К. Опыт эксплуатации огнеупорных материалов ОАО БКО в сталеразливочных ковшах ООО «ОМЗ-Спецсталь» 69

Примаченко В. В., Мартыненко В. В., Шулик И. Г., Кущенко П. А. Опыт применения вибролитых тиглей из стабилизированного диоксида циркония для индукционной плавки металлов платиновой группы 71

Прошкин А. В., Михалёв Ю. Г., Пингин В. В., Исаева Л. А. К вопросу о механизме повреждения бортовой карбидкремниевой футеровки современных электролизеров 71

Сатбаев Б. Н., Жарменов А. А., Кокетаев А. И., Шалабаев Н. Т., Баитов К. К. Огнеупоры нового поколения с улучшенными эксплуатационными свойствами и их применение в металлургии 72

Харин И. В., Турчин М. Ю., Чепиков С. Н. Опыт проведения футеровочных работ регенеративной известковой печи 73

АССОЦИАЦИЯ «СПб НТЦ» — 10 ЛЕТ РАБОТЫ

© Б. П. Александров, к. т. н. Н. В. Алексеева, к. т. н. А. Н. Травицкова
Ассоциация «СПб НТЦ», Санкт-Петербург, Россия

В 2004 г. по решению руководителей крупнейших российских огнеупорных предприятий была учреждена Ассоциация производителей и потребителей огнеупоров. За прошедшие 10 лет были подготовлены молодые высококвалифицированные специалисты в области стандартизации, сертификации и качества огнеупоров. Ассоциация «СПб НТЦ» ведет Технический комитет 009 «Огнеупоры», участвует в деятельности международного ТС ISO 33 «Refractory». За это время разработан ряд принципиально новых стандартов, поддерживаются и актуализируются уже существующие стандарты на огнеупорную продукцию и методы испытаний огнеупоров. Введены в действие более двадцати национальных стандартов. С 2009 г. на территории России приняты в качестве стандарта РФ три международных

стандарта ИСО, и работа над интеграцией международных стандартов продолжается.

Поддерживается и развивается информационное направление. В этом году в Санкт-Петербурге будет проведена V научно-практическая конференция «Актуальные проблемы производства огнеупоров», традиционно ориентированная на исполнительные и исследовательские подразделения, службы качества, лаборатории и ОТК как изготовителей, так и потребителей огнеупоров.

Специалисты Ассоциации приняли участие в создании органа по сертификации огнеупоров 000 «Огнеупор-ТЕСТ» и помогли в подготовке экспертов. Особенно востребованными услуги органа как третьей, независимой стороны стали после вступления России в ВТО и введения новых таможенных норм и правил.

СОВРЕМЕННЫЕ СХЕМЫ СТРУКТУРИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО РАБОЧЕГО СЛОЯ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© Д. х. н. А. В. Беляков¹, С. И. Церман²

¹ ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,
Москва, Россия

² ООО «Дельта» ГК «Адель», Москва, Россия

В настоящее время фирмами-производителями разработана широкая гамма алмазного инструмента для механической обработки хрупких неметаллических материалов, таких как природный и искусственный камень, бетон, керамика, огнеупоры. Разнообразие конструкций позволяет создавать как специализированный инструмент для конкретного, например, огнеупорного материала, так и универсальный, позволяющий обрабатывать целую группу материалов. Как правило, рабочий композиционный слой инструмента, состоящий из металлической матрицы (связки), в которой распределены режущие алмазные зерна, конструируют на традиционных схемах расположения в нем алмазов: это либо неупорядоченное их распределение в объеме слоя, либо размещение в вертикальных слоях с различными концентрациями. В последнее время приобретает популярность упорядоченное размещение алмазов в горизонтальных слоях, но для огнеупоров такой инструмент применяют редко из-за его высокой цены. Почти все разнообразие конструкций обеспечивается вариациями состава рабочего слоя композита: количества и качества алмазов и химическим составом металлической матрицы.

Фирма «Дельта» (ГК «Адель») под научным руководством кафедры химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ им. Д. И. Менделеева разработала новый подход к конструированию и технологии из-

готовления композиционного рабочего слоя инструмента. Предложено составлять его (и изготавливать) не из отдельных алмазных зерен, а из их агрегатов. Испытания в производственных условиях инструмента как отрезного, так и шлифовального, режущий слой которого составлен не отдельными алмазными зернами, а их агрегатами, позволили сделать вывод, что возможны различные типы структуры агрегированных образований. Предложены два типа таких агрегатов.

Агрегаты первого типа состоят из группы алмазных зерен со средней или высокой концентрацией алмазов. При этом размеры агрегатов значительны: в зависимости от требований к инструменту они могут составлять 2–5 и более миллиметров. В композите рабочего слоя такие агрегаты случайным образом распределены в относительно мягкой матрице. Их условно назвали «фрагментами». Второй тип агрегатов содержит предельно высокую концентрацию алмазных зерен и имеет относительно небольшой размер, составляющий, как правило, 3–5 размеров зерна в зависимости от зернистости алмазов. Они также случайным образом распределены в металлической матрице композита. Их условное название — «кластеры». Если проводить аналогии с алмазоносным слоем традиционной конструкции, то можно говорить, что конструкция типа «фрагмент» эквивалентна сегментированию, или

разделению рабочего слоя на отдельные сегменты. У второй конструкции типа «кластер» аналогом является инструмент с очень крупными самозатачивающимися режущими зернами.

В настоящей работе изучено влияние структуры композиционного режущего слоя на рабочие свойства отрезных кругов. Проведены испытания инструмента традиционной конструкции, а также конструкций «фрагмент» и «кластер» на операции резания образцов из огнеупора — плавленного бакора марки БК-38. При исследовании зависимости скорости резания от величины нагрузки на инструмент, а также величины износа сегментов кругов от количества срезаемого материала были определены такие важные эксплуатационные характеристики инструмента, как стойкость кругов (ресурс), режущая способность (скорость ре-

зания) и интервал рабочих нагрузок или скоростей резания. Предложены возможные области применения различных конструктивных исполнений композиционного рабочего слоя. Проведены испытания образцов отрезного и шлифовального инструмента исследуемых конструкций для механической обработки других твердых хрупких материалов (декоративных каменных пород, бетона, монокристаллов), которые также показали эффективность их применения. Обобщен опыт применения в ГК «Адель» конструкции «фрагмент» в шлифовальном инструменте на операциях как грубого, так среднего и тонкого шлифования. Компания производит такой инструмент для обработки бетона и камня, однако может рекомендовать выпускаемую продукцию для изготовления шлифинструмента для огнеупорных материалов.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОГНЕУПОРНОЙ ФУТЕРОВКИ

© А. Н. Борзов¹, А. В. Заболоцкий¹, М. Ю. Турчин²

¹ ООО «Группа «Магнезит», Санкт-Петербург, Россия

² ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

Компьютерное моделирование является сравнительно новым инструментом оптимизации конструкции и режима эксплуатации агрегатов с огнеупорной футеровкой. Главным преимуществом компьютерного моделирования является возможность оценить взаимодействие множества факторов влияния, которые часто имеют много размеров и нелинейный характер. Применительно к огнеупорной футеровке наиболее часто используют модели, построенные по алгоритмам конечных элементов, компьютерной гидродинамики и метода дискретных элементов. В первом случае проводятся термические и термомеханические расчеты футеровки и кожуха. Типичным примером применения метода конечных элементов является подбор материала для конкретного режима эксплуатации путем сравнения термических напряжений в альтернативной футеровке. Проводимые численные расчеты являются виртуальными экспериментами, позволяющими определить оптимум. При этом экономится время и снижаются имеющиеся риски, связанные с испытаниями методом проб и ошибок.

Модели по методам компьютерной гидродинамики позволяют оценить поля скоростей, тепловой и массовый баланс в твердой, жидкой и газовой средах. Воз-

можное применение таких моделей — оптимизация числа и позиций продувочных элементов, оптимизация горелок и анализ геометрии промежуточного ковша применительно к скоростям потока стали. Метод дискретных элементов позволяет оценивать движение и консолидацию сыпучих тел, состоящих из множества зерен (например, процесс прессования кирпича сплошной геометрии), а также проводить анализ разрушения огнеупорного материала на микроструктурном уровне.

Проанализированы как примеры из практики департамента развития Группы «Магнезит», так и примеры из отечественных и зарубежных публикаций. Особое внимание уделяется возможностям комплексного подхода при создании и эксплуатации компьютерных моделей. Наличие лабораторной базы для определения специфических свойств материалов, которые задаются в моделях как исходные данные, знание огнеупоров и процессов их эксплуатации оператором модели и доступ к производственным данным, необходимым для валидации модели, являются факторами, совокупность которых позволяет максимально реализовать потенциал компьютерного моделирования.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

КРЕПЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОНОЛИТНОЙ ФУТЕРОВКИ

© А. Н. Драбик

Компания ООО «Сталь 45», г. Тула, Россия

Представлен обзор монолитной футеровки промышленных печей. Рассмотрены основные способы крепления, типы крепежных элементов футеровки, их параметры и примеры применения; приведены элементы методики расчета несущей способности крепежа.

Представлены технические возможности компании «Сталь 45» по изготовлению анкерных элементов круглого и плоского сечения из нержавеющей и жаропрочной сталей для применения в печах различных типов.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОСВОЕНИЮ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВА ОГНЕУПОРОВ

© Е. З. Коварская¹, д. т. н. И. Б. Московенко², д. т. н. А. И. Потапов²¹ ООО «Звук», Санкт-Петербург, Россия² ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

Современный уровень технологии изготовления огнеупорных изделий, используемых в металлургии, предусматривает необходимость контроля их физико-механических свойств, осуществляемого, как правило, разрушающими методами на образцах. Образцы вырезают из изделий, отобранных случайным образом из технологических партий, подлежащих контролю. Выборка в таком случае должна осуществляться в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к статистической обработке результатов измерений. В условиях ныне действующего производства огнеупорных изделий осуществление подобной репрезентативной выборки практически не представляется возможным. Повышение надежности контроля в таких условиях производства может быть достигнуто за счет применения методов неразрушающего контроля (НК), позволяющих, с одной стороны, существенно повысить производительность контроля, а с другой — обеспечить возможность определения физико-механических свойств на реальных изделиях без их разрушения.

В свое время был накоплен достаточно большой опыт в области разработки НК огнеупорных изделий с использованием радиоволновых и акустических методов контроля, однако до настоящего времени эти методы не нашли широкого применения в промышленности по причинам в основном организационного характера.

В настоящее время для неразрушающего контроля огнеупорных изделий все чаще используют акустические методы, основанные на определении скорости распространения акустических волн (Cl) по результатам измерения частот собственных колебаний изделий. Эти методы уже достаточно широко применя-

ют при контроле абразивных изделий как в России и странах СНГ, так и за рубежом. В нашей стране применение акустического метода регламентировано ГОСТ Р 52710—2007 «Инструмент абразивный. Акустический метод определения твердости и звуковых индексов по скорости распространения акустических волн», в котором рекомендованы сертифицированные измерители частот собственных колебаний типа «Звук» различных модификаций или приборы с аналогичными техническими характеристиками. В связи с тем что технологии производства абразивных и огнеупорных изделий аналогичны, акустический метод может быть рекомендован для НК также и огнеупорных изделий. Весьма информативным параметром при проведении такого контроля является звуковой индекс ЗИ (градуация скорости Cl с шагом 200 м/с), определяемый в соответствии с упомянутым стандартом. Эффективность неразрушающего акустического контроля физико-механических свойств огнеупорных изделий наглядно подтверждается, например, десятилетней успешной эксплуатацией в НТЦ «Бакор» прибора типа «Звук-203М» применительно к контролю высокоогнеупорных тиглей для плавки металлов и сплавов.

Результаты, накопленные в ходе испытаний и использования НК для контроля качества огнеупорных и абразивных изделий в условиях их производства и эксплуатации, по нашему мнению, позволяют приступить к более широкому освоению НК огнеупорных изделий различных типоразмеров и назначения. Такие работы целесообразно проводить в рамках программ, специально разрабатываемых и согласованных с изготовителями и потребителями соответствующей огнеупорной продукции.

КРИЗИС В ОГНЕУПОРНОЙ ОТРАСЛИ

© К. т. н. В. А. Кононов

Компания «Шибер», Москва, Россия

Несмотря на кризис в число мировых лидеров огнеупорного рынка вошла российская Группа «Магнезит», которая занимает 7-е место в рейтинге ведущих мировых производителей огнеупоров благодаря инвестициям в расширение собственной сырьевой базы, внедрению современного оборудования для получения плотноспеченного клинкера и увеличению мощностей по плавке периклаза.

В ЕС и США происходит значительное сокращение объема производства огнеупоров. Многие совместные огнеупорные предприятия в Китае из-за отсут-

ствия спроса на огнеупоры на европейском рынке повышают свою активность на огнеупорном рынке России. В настоящее время с учетом создания ОАО «Динур» совместного предприятия из Китая в Россию импортируется более 200 тыс. т высококачественных огнеупоров. В мировой практике существуют следующие основные направления развития производства огнеупоров.

1. Повышение энергоэффективности огнеупорного производства, которое связано в первую очередь со снижением потребления энергии у производителя и

снижением потребления самих огнеупорных материалов у потребителя.

2. Минимизация отходов в процессе производства. Количество отходов, созданных непосредственно в огнеупорной промышленности, значительно снизилось. В мире перерабатывается практически до 100 % лома отработанных огнеупорных изделий, которые после дробления используются повторно.

3. Снижение удельного расхода огнеупоров в металлургии.

4. Переработка отработанных огнеупоров.

5. Применение инновационных технологий у потребителя (продувочные фурмы и др.).

В ЕС при исследовании перспектив использования различных видов огнеупорного сырья было обнаружено, что при приобретении большинства его видов наблюдается частично созданный искусственный дефицит. С точки зрения надежности обеспечения к критичному огнеупорному сырью отнесен только графит, к условно критичным — магнетит и боксит. Отдельно выделен хромовый рудный песок, который имеет особое значение при разливке стали из шиберных затворов. Потребителям огнеупоров европейской черной металлургии рекомендуется использовать отечественные огнеупоры даже при больших затратах на их приобретение.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ФИРМЫ «Vhi GmbH» ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РОССИЙСКИМИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ

© Г. Небген, Т. Клаас, к. т. н. Р. Серебрякова
Фирма «Vhi GmbH», г. Андернах, Германия

Проблемы повышения надежности и улучшения эксплуатационных характеристик высокотемпературных агрегатов постоянно находятся на повестке дня производителей, исследователей теплотехнических процессов, производителей соответствующих материалов и оборудования. В рамках этих проблем основные усилия направлены на осуществление главных задач — совершенствование футеровки и повышение ее стойкости. Этому способствует наряду с использованием современных огнеупорных материалов применение надежного крепежа.

Достигнутые в этом направлении успехи в современных реалиях опираются на использование современных мировых достижений. Стратегический поворот политики и экономики в сторону инноваций в последние годы значительно активизировал интеграционные процессы, происходящие в российском промышленном секторе. На этом фоне определился особый интерес к одному из главных направлений деятельности немецкой фирмы «Vhi GmbH». Фирма является лидером в области технологии разработки и производства металлических анкерных систем и уже более четверти века снабжает своей высококачественной продукцией мировой рынок огнеупорного строительства. В ряду заказчиков продукции фирмы «Vhi GmbH» — российские компании, для которых первостепенной задачей является обеспечение высокого уровня собственного производства. Среди них Электростальский завод тяжелого машиностроения, компания «Кералит», Э.ОН Россия, Михайловский ГОК и многие другие.

Уникальность и высокое качество производимых фирмой анкерных систем являются результатом системной работы, охватывающей все важнейшие аспекты производства и направленной на удовлетворение постоянно возрастающих требований современных технологий огнеупорного строительства. Партнерство с фирмой «Vhi GmbH» становится все более привлекательным для российских производителей не только в плане получения гарантированно качественных продуктов. Этому способствуют и приоритетные преимущества в финансовой сфере, которые получают постоянные клиенты. Сложившиеся в последнее десятилетие устойчивые связи основаны прежде всего на активном взаимодействии российских заказчиков с дочерней компанией «Ikb GmbH». Эффективным моментом является непосредственная их совместная работа со специалистами инженерно-конструкторского бюро на стадии предварительных проектов. Тесное взаимодействие наряду с известными стандартными технологиями приводит к нахождению оптимальных путей решения индивидуальных задач. Одно из наиболее перспективных направлений в работе компаний «Vhi GmbH» и «Ikb GmbH» с российскими партнерами — непосредственное участие в разработке проектных решений. Такое тесное взаимодействие наряду с получением известных стандартных технологий приводит к нахождению оптимальных путей решения индивидуальных задач и способствует дальнейшему укреплению наших связей.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ДИЛАТОМЕТРИЯ КОКСОВОГО ДИНАСА

© Д. г.-м. н. В. А. Перепелицын, А. М. Гороховский, З. Г. Пономаренко, Л. А. Речнева
ОАО «Динур», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

При службе в нестационарных температурных условиях преобладающим видом износа футеровки является зарождение и развитие макро- и микротрещин, вы-

зывающих в конечном итоге термическое скалывание огнеупоров. Согласно существующей статистике примерно 1/3 часть всей футеровки подвергается износу

термическим скалыванием. Интенсивность этого износа определяется многими факторами, но наибольшее влияние на нее (при идентичных параметрах термонагружения) оказывает ТКЛР.

В соответствии с функциональной классификацией всех физико-химических свойств и технических характеристик огнеупоров (>30) ТКЛР является типичным фазочувствительным физическим свойством, так как на практике на 90–99 % определяется исключительно химико-минеральным составом и только иногда на 1–10 % зависит от макро- и микроструктуры. Поэтому измерения ТКЛР в широком интервале температур позволяют получить ценную дополнительную информацию о фазовом (минеральном) составе и его изменении при нагревании и охлаждении минералов, что весьма важно как в исследовательских работах, так и для решения многих практических вопросов. В настоящее время выбор огнеупоров и проектирование дизайна футеровки крупных тепловых агрегатов невозможны без учета динамики ТКЛР при нагревании и охлаждении.

Динас в отличие от огнеупорных изделий всех других классов относится к материалам с наибольшим числом (7) полиморфных модификаций кремнезема с различным ТКЛР и сложным поведением при изменении температуры нагревания или охлаждения. В связи с факультативными требованиями в экспортной документации наличия сведений о ТКЛР динаса и другой продукции в ОАО «Динур» измеряют линейные размеры образцов огнеупоров с применением dilatометра марки DJL 402 PC фирмы «Netzsch-Gerätebau GmbH», Германия. Температурный интервал измерений 20–1500 °C. Относительная погрешность измерения

линейных превращений $dL / L_0 \pm 3,0 \%$, где L_0 — исходная длина образца; dL — изменение длины. Dilатометрия позволяет получить следующую количественную информацию о поведении динаса при нагревании и охлаждении в диапазоне 20–1400 °C: изменение геометрических параметров в любом участке dilatограммы; скорость изменения линейных (объемных) размеров образца; абсолютное значение ТКЛР в любой точке температурного интервала; границы температур обратимых и необратимых полиморфных превращений минеральных составляющих динаса: остаточного кварца, тридимита и кристобалита; оценка минерального состава огнеупора; качество отечественного динаса в сравнении с импортными аналогами (Япония, Китай, заводы Украины). Главными объектами dilatометрии являются образцы ОАО «Динур» — преимущественно коксовый и стеклодинас, изготовленные как на основе традиционного кварцита, так и с применением термообработанного кремнезема.

В результате исследований уточнены температуры модификационных превращений трех полиморфных разновидностей тридимита (α -, β -, γ -) и кристобалита (α -, β -), установлен гистерезис кривых охлаждения по отношению к dilatограмме нагревания, выявлено влияние количества остаточного кварца на максимальное значение ТКЛР и другие, ранее не известные термические превращения в динасе. Судя по характеру dilatометрических кривых, можно сделать вывод о том, что экспортная и рядовая продукция ОАО «Динур» по термическим характеристикам, составу, микроструктуре и физико-химическим свойствам не уступает лучшим зарубежным аналогам, а по некоторым маркам превосходит их.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСУСТОЙЧИВОСТИ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ОГНЕУПОРОВ

© Д. Г.-М. Н. В. А. Перепелицын¹, В. Г. Куталов¹, Н. Н. Арзамасцев¹, Л. В. Острыков²

¹ ООО НПО «ВОСТИО-УРАЛ», г. Екатеринбург, Россия

² ОАО «Динур», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

Для разработки стратегических направлений улучшения качества и повышения износоустойчивости футеровки сталеплавильных агрегатов выполнен критический анализ всех (>20) физико-химических свойств периклазоуглеродистых и магнезиальноуглеродистых неформованных материалов, исходных компонентов для их производства, структурно-фазовых процессов при изготовлении и службе огнеупоров. Многолетний опыт прикладного огнеупорного материаловедения показал, что наряду с большинством положительных свойств периклаз имеет ряд недостатков, осложняющих технологию производства и оказывающих отрицательное влияние на службу футеровки. К их числу относятся гидратационная активность, особенно в дисперсном виде, высокий ТКЛР, низкая химическая устойчивость к расплавам и растворам кислого и среднего составов, повышенная восстано-

вимость и испаряемость в восстановительной газовой среде (CO).

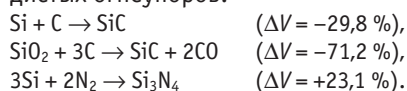
В практике производства магнезиальных огнеупоров оценку качества периклазовых порошков идентичного зернового состава осуществляют по четырем основным критериям: химическому составу, размерам кристаллов периклаза, пористости и кажущейся плотности зерен. По данным К. Б. Натта и Д. Р. Вильсона, эти параметры оказывают решающее влияние на износоустойчивость магнезиальных огнеупоров. До сих пор бытует ошибочное мнение, что чем крупнее размер кристаллов периклаза, тем больше стойкость периклазовых изделий. Однако это справедливо исключительно для спеченного периклаза высокой чистоты, но совершенно неприемлемо для плавленого минерала, у которого средний размер кристаллов, как правило, на один-полтора порядка больше, чем у спеченного материала.

Как известно, периклаз имеет специфическую кристаллохимическую конституцию, характеризующуюся тем, что его кристаллы относятся к гексооктаэдрическому виду симметрии (пространственная группа $Fm\bar{3}m$), обладают совершенной спайностью по трем плоскостям, параллельными гранями куба (100), и отдельностью по шести плоскостям, параллельным граням ромбододекаэдра (110). Итого каждый кристалл периклаза имеет 9 различно ориентированных параллельных систем облегченного трещинообразования при механических нагрузках, особенно ударных. Практикой материаловедения установлен оптимальный размер кристаллов, не подвергающихся раздавливанию при формовании изделий на гидравлических и фрикционных прессах. Если предельный размер превышен, особенно при ударном многоцикловом формовании, происходит разрушение крупных кристаллов на многочисленные фрагменты, увеличивающие реакционную поверхность периклазового заполнителя во много раз. Прессовое дробление периклаза отрицательно влияет на ряд служебных свойств изделий (прочность, расплавоустойчивость, эрозионную стойкость и др.).

Значительные резервы повышения износостойкости периклазоуглеродистых огнеупоров имеются в максимальном использовании методов комплексного легирования и оптимального модифицирования. Например, применение плавленного цирконопериклаза, армированного нитевидными кристаллами моноклин-

ного ZrO_2 (аналог природного минерала бадделеита), позволяет резко повысить ударную вязкость и термостойкость в широком интервале температур (эвтектика $MgO-ZrO_2$ при 2070 °C). Перспективным направлением структурного модифицирования рассматриваемых огнеупоров является использование наноразмерного структурированного углерода (нанографит, нанотрубки, графен и др.), беззольного пирографита, силицированного графита, графитного волокна и других высококачественных композиционных материалов.

Помимо традиционных металлических антиоксидантов (алюминий, магний, кремний и сплавы на их основе) применяются карбиды (B_4C , SiC), однако это приводит к ухудшению высокотемпературных свойств при полном безуглероживании рабочего слоя футеровки. Наиболее эффективными являются антиоксиданты комплексного действия, продукты окисления которых имеют температуры плавления и эвтектик в системах MgO — оксиды антиоксидантов выше 1800 °C, например Cr , Ti , карбиды хрома, титана и др. Последние относятся к числу минерализаторов твердофазного спекания (TiO_2 , Cr_2O_3 и др.). Кроме перечисленных, предлагаются и другие новые функциональные добавки для улучшения износостойкости и качества периклазоуглеродистых огнеупоров:



СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ ГЛИНОЗЕМИСТЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ ЦЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАКА БЕЗУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА

© К. т. н. **В. А. Абызов**¹, д. э. н. **В. М. Рытвин**², **Д. А. Речкалов**¹, **С. Н. Черногорлов**¹

¹ ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский институт)», г. Челябинск, Россия

² ОАО «УК РосСпецСплав», г. Екатеринбург, Россия

Наиболее распространенными видами вяжущих в отечественной и зарубежной практике производства жаростойких и огнеупорных бетонов являются глиноземистые и высокоглиноземистые цементы. В качестве сырья для их производства используют дорогостоящие бокситы и глинозем; технология получения цемента весьма энергоемка. Недорогим сырьем для получения таких вяжущих являются высокоглиноземистые шлаки алюминотермического производства ферросплавов, богатые глиноземом. Перспективная разновидность таких шлаков с точки зрения получения вяжущих — шлак безуглеродистого феррохрома, который содержит значительное количество алюминатов кальция (преобладают CA и $C_{12}A_7$), а также $\beta-C_2S$ и шпинель $Mg(Al,Cr)_2O_4$. Присутствие значительного количества $C_{12}A_7$ обеспечивает вяжущему на основе этого шлака интенсивный набор прочности в раннем возрасте, в то же время шпинель значительно затрудняет помол и ухудшает вяжущие свойства.

В настоящее время ЮжУралинструмент (г. Челябинск) применяет сепарацию для частичного извлечения шпинели из шлака безуглеродистого феррохрома ШФХ-А производства Ключевской обогатительной фабрики (Свердловская обл.). Образующиеся отходы обогащения, в которых концентрируются алюминаты кальция, весьма дисперсны (преобладает фракция 8–20 мкм). В исходном виде они обладают слабыми вяжущими свойствами, которые улучшаются после помола (предел прочности при сжатии 20–30 МПа).

Установлено, что вяжущее с высокой активностью можно получить при помоле до удельной поверхности 4200 см²/г и более. Сроки схватывания такого вяжущего очень короткие (начало схватывания в пределах 3 мин, конец — 15–20 мин). Нормализовать сроки схватывания глиноземистых вяжущих из шлаков алюминотермического производства можно введением добавок пластификаторов на основе эфиров поликарбонатов, которые хорошо адсорбируются на по-

верхности алюминатов кальция, таких как Melflux 1641, 2641 F, 2651 F (производства концерна BASF). Применение добавок обеспечивает вяжущему нормальные сроки схватывания (начало не ранее 30 мин, конец не позднее 10 ч). Прочность цементного камня нормального твердения в 3-сут возрасте 63–80 МПа и в 7-сут до 87 МПа. Методами физико-химического анализа установлено, что высокие дозировки добавок приводят к длительному сохранению в цементном камне значительного количества аморфных, гелевидных продуктов гидратации, причем наименее выражен эффект замедления у добавки Melflux 1641.

Было получено вяжущее с удельной поверхностью 4200–4900 см²/г, которое имеет нормальные сроки схватывания и предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ по ГОСТ 310.4 в 3-сут возрасте 30–35 МПа, что удовлетворяет требованиям к высокоглиноземистому цементу. К 7-сут возрасту $\sigma_{сж}$ повышается до 40–50 МПа и в дальнейшем меняется незначительно. Огнеупорность

вяжущих превышает 1450 °С (может меняться в зависимости от степени извлечения шпинели). Цементы по своему составу близки к глиноземистым с тонкомолотыми огнеупорными добавками, так как содержат значительное количество алюмомагнезиальной шпинели.

На основе полученных вяжущих были разработаны жаростойкие бетоны на шамотных, корундовых и шлаковых заполнителях (из шлака алюминотермической выплавки металлического хрома). Расход вяжущего составлял 400–450 кг/м³, $\sigma_{сж}$ бетона на шамоте 20–30 МПа, температура применения до 1300 °С. Использование шлакового и корундового заполнителей фракций мельче 5 и 5–20 мм позволяет увеличить $\sigma_{сж}$ до 50–60 МПа при одновременном повышении температуры применения до 1400–1500 °С. Жаростойкий бетон на шлаке из металлического хрома отличается повышенным $\sigma_{сж}$ — 70–90 % после нагревания до 1400 °С от $\sigma_{сж}$ после сушки.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПЛАВЛЕННЫЙ ПЕРИКЛАЗ ГРУППЫ «МАГНЕЗИТ»

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, к. т. н. М. И. Назмиев², А. А. Семенцов²¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия² ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Освоение добычи высококачественных магнезитов на Нижне-Приангарской производственной площадке (Киргетейское месторождение) с последующей кальцинацией в шахтных печах позволило существенно расширить производство плавленного периклаза как на мощностях производственной площадки, так и на реконструированных мощностях производства плавленных материалов на Саткинской производственной площадке Группы «Магнезит».

Освоены технология производства плавленного периклаза с содержанием до 98 % MgO, а также технология управления содержанием примесных оксидов и соотношением CaO/SiO₂. Производимая продукция отличается укрупненным размером кристаллов — от

150 до 2000 мкм с преобладанием кристаллов размерами 600–800 мкм. Кажущаяся плотность не ниже 3,48 г/см³. Сочетание двух последних показателей для всех марок с содержанием MgO от 96 до 98 % выгодно отличает российский продукт от импортируемого из Китая. Применение плавленного периклаза повышенного качества позволяет создавать новые марки периклазоуглеродистых огнеупоров с высокими показателями стойкости. Первые партии изделий с плавленным периклазом нового качества показали в шлаковых поясах сталеразливочных ковшей стойкость, превышающую стойкость изделий, изготовленных с использованием другого сырья с тем же содержанием MgO.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

АБРАЗИВНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ГЛИНОЗЕМНОЙ ПЫЛИ

© Д. х. н. Р. А. Апакашев, д. т. н. С. Я. Давыдов

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

В процессе кальцинации гидроксида алюминия в нагревательной печи образуется глиноземная пыль, которая улавливается электрофильтрами и, как правило, вместе с исходным материалом вновь возвращается в технологический цикл. Возвратная пыль в подобном случае представляет собой оборотный балласт, массовая доля которого может достигать существенной величины — до 7–14 % от общего количества получаемого глинозема. С точки зрения потребления энергетических ресурсов этот вариант утилизации глиноземной пыли не является экономичным.

Выполненное исследование фракционного состава глиноземной пыли свидетельствует, что 90 % ее массы

состава приходится на микрочастицы размерами менее 16 мкм. Известно, что мелкодисперсный оксид алюминия производится специальным образом и является востребованным продуктом для получения специальных качественных цементов, термостойких инертных огнеупоров и абразивных материалов. Стоимость такого оксида алюминия существенно выше стоимости глиноземной пыли. В этой связи в настоящей работе изучена возможность прямой утилизации глиноземной пыли (без выделения фракций) в качестве основного компонента абразивного материала для обработки природного камня.

Абразивный материал готовили в виде консистентной водной суспензии с регулируемой вязкостью за

счет разбавления. Устойчивость суспензии и равномерное распределение абразивного порошка по всему объему обеспечивали добавкой органического связующего вещества. Для улучшения полирующей способности в суспензию добавляли модификатор — силикат натрия. Пропорции суспензии варьировали таким образом, чтобы обеспечить ее абразивную способность как для тонкого шлифования, так и для полирования, которое позволит достигнуть качественных результатов без дополнительной обработки поверхности камня другими материалами. Обработку поверхности камня выполняли на шлифовально-полировальном станке с помощью войлочных кругов, работающих с нанесенной суспензией. Обработке подвергали поверхность мрамора, кварцита и яшмы, используемых в производстве стеновых плит, подоконников, памятников и других изделий. Учитывая гранулометрический состав исходной глиноземной пыли, характеризующийся преобладанием относительно малых по размеру частиц, поверхность камня предварительно шлифовали грубым абразивным материалом (корунд с зерном 80–100 мкм).

На основании проведенных экспериментов установлено, что суспензия с содержанием глиноземной пыли печей кальцинации обеспечивает тонкое шлифование, в результате которого поверхность камня становится одно-

родной и равномерно матовой, без видимых царапин и участков, различающихся по блеску. Суспензия, используемая для обработки, хорошо смывается водой, не загрязняет поверхность камня и является экологически безопасной. Продолжение обработки с целью полирования поверхности камня в большинстве случаев обеспечивало только промежуточный результат, соответствующий полированию среднего уровня качества. Для получения высококачественной зеркальной поверхности требовалось дополнительное финишное полирование с применением специальных абразивных материалов, предназначенных для удаления тонких шлифовальных рисок. В качестве подобного материала использовали полировальную пасту, содержащую алмазный порошок с фиксированным размером частиц от 10 до 14 мкм.

Таким образом, глиноземная пыль печей кальцинации без предварительного выделения гранулометрических фракций может быть использована в качестве основы абразивного материала общего применения, обеспечивающего тонкое шлифование и начальное полирование поверхности природного камня. Для обеспечения возможности финишного полирования поверхности камня целесообразно предварительное фракционирование глиноземной пыли с целью удаления частиц размерами более 14 мкм.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ ГЛИНИСТОЙ ФОРМАЦИИ

© К. т. н. **В. А. Белов**, к. т. н. **А. Д. Голотвин**, д. т. н. **С. Я. Давыдов**

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

Добыча глиноземов связана с безопасностью ведения работ в подземных условиях, которая достигается путем ухода от зон повышенного давления и расположения выработок вне влияния опасных зон. Определение опасных зон и уход от них дает возможность избежать вывалов в рабочее пространство, попадания посторонних примесей пустых пород в глиноземный состав. Эта работа направлена на получение максимально чистого глинозема, определение места заложения подготовительных выработок с целью повышения эффективности добычи.

В работе приведены результаты экспериментальных и аналитических исследований влияния краевых частей пластов на подготовительные горные выработки при подземной отработке пластообразных залежей осадочного типа глинистой формации. В первую очередь рассмотрены параметры давления на краевую часть пласта и глиносодержащую почву прилегающего отработанного пространства на уровне влияющего пласта, позволяющие на основе аналитических решений определить напряжения под краевой частью пласта. В результате анализа шахтных инструментальных наблюдений и лабораторных исследований на моделях из глиноземистых пород определена зависимость тангенса угла давления, характеризующего давление обрушающихся и оседающих пород в выработанном

пространстве, от отношения вертикального геостатического давления к средней прочности массива. Установлена зависимость параметра затухания давления в упругой области зоны опорного давления от глубины горных работ и вынимаемой мощности пласта. Оценено влияние фактора времени на параметры давления на глиноземистые породы почвы выработанного пространства и краевую часть пласта. На основе полученных параметров давления на уровне влияющего пласта согласно теории упругости определены величины главных напряжений под краевой частью пласта. В качестве сравнительной оценки состояния подготовительной выработки под краевой частью пласта принято отношение максимальных сжимающих напряжений, возникающих на контуре условной круглой выработки в упругой среде, к тем же напряжениям в выработке, расположенной на той же глубине в ординарных условиях. Получена хорошая сходимость результатов натурных инструментальных и визуальных наблюдений в шахтах, исследований на моделях из эквивалентных материалов и аналитических решений.

Результаты работы подтверждают установленную зависимость параметра затухания давления в упругой области зоны опорного давления от глубины горных работ и вынимаемой мощности пластообразной залежи осадочного типа глинистой формации.

© Д. т. н. И. Д. Кашеев, К. Г. Земляной, к. т. н. И. А. Павлова, М. А. Баяндина
ФГБОУ ВПО «Уральский федеральный университет», г. Екатеринбург, Россия

Основной тенденцией современной металлургии является использование огнеупорных и теплоизоляционных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками, не изменяющими состав расплава (металла), что подразумевает использование технически чистого исходного сырья. В связи с этим для производства алюмосиликатных материалов шамотного, муллитокремнеземистого и муллитового составов применяют нетрадиционные виды сырья, например каолины, к настоящему времени не используемые в производстве огнеупоров.

В работе исследована возможность получения шамота из каолинов зарубежного месторождения. Исследованный каолин является высокоосновным со средним содержанием красящих оксидов (3 %), низкодисперсным (40 % частиц размерами менее 10 мкм), малопластичным (число пластичности 6). Содержание каолинита по расчетам из данных ДТА и химического анализа составляет 92–97 мас. %. Поскольку каолин является трудноспекаемым непластичным тонкодисперсным сырьем, получение каолинового шамота предложено получать по брикетной технологии.

Образцы-цилиндры высотой и диаметром 30 мм из каолина формовали пластическим и полусухим способом под давлением прессования до 80 МПа с использованием временных технологических связующих. Спекаемость каолина исследовали в интервале 500–1550 °С. С повышением температуры обжига до 1500 °С открытая пористость образцов уменьшается с 40 до 20 %, а кажущаяся плотность, соответственно, возрастает с 1,47 до 2,23 г/см³. При дальнейшем повышении температуры обжига до 1550 °С кажущаяся

плотность образцов уменьшится до 2,12 г/см³, что связано с явлениями пережога. Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ образцов пластического и полусухого формования, обожженных до 700 °С, составляет около 30 МПа. Образцы пластического формования, обожженные в интервале 800–1300 °С, имели $\sigma_{сж}$ от 48 до 110 МПа. При дальнейшем повышении температуры обжига $\sigma_{сж}$ снижался до 84 МПа. Аналогичное поведение характерно для образцов полусухого формования — их $\sigma_{сж}$ менялся от 48 до 170 МПа в интервале 800–1300 °С, а затем снижался до 113 МПа при обжиге при 1550 °С.

Влияние добавки 5СВ (ОАО «Полипласт Новомосковск») на свойства каолина исследовали на образцах полусухого формования. Концентрацию добавки изменяли от 5 до 15 % с интервалом 5 %. Эффективной является добавка в количестве 5 %; ее дальнейшее увеличение не способствует улучшению свойств. Пластификатор способствует повышению кажущейся плотности с 2,16 до 2,45 г/см³ после термообработки при 500 °С, при этом пористость образцов после обжига в интервале 800–1550 °С ниже на 5 %, чем аналогичных образцов без добавки. У образцов, обожженных выше 800 °С, $\sigma_{сж}$ составляет более 140 МПа и практически не изменяется с дальнейшим ростом температуры обжига. Открытая пористость образцов при этом снижается с 40 до 14 % (при 1500 °С), а затем возрастает при 1550 °С до 28 %. Кажущаяся плотность повышается с 1,47 до 2,29 г/см³.

Таким образом, введение пластификатора 5СВ в количестве 5 % позволяет получить полусухим способом образцы с кажущейся плотностью до 2,29 г/см³ и $\sigma_{сж}$ до 110 МПа.

© Д. г.-м. н. В. А. Перепелицын, И. В. Острякова
ОАО «Динур», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

Современное сталеплавильное производство невозможно без применения наиболее износостойчивых оксидоуглеродистых огнеупоров, в которых обязательно наличие графита в количестве от 3 до 30 мас. %. В последние годы за рубежом около 15 % добываемого графита расходуется огнеупорной промышленностью. В России и СНГ дефицит высококачественного графита в значительной степени удовлетворяется за счет импортного, преимущественно китайского сырья. В связи с наличием в различных регионах России крупных месторождений графита решить проблему дефицита и импортозамещения этого ценного сырья можно только освоением отечественной минерально-сырьевой базы, и прежде всего на Урале — в регионе с развитой транспортной, промышленной ин-

фраструктурой и с многочисленными потребителями графита.

Мелкие рудопроявления и небольшие месторождения графита на Урале многочисленны, однако в настоящее время по технико-экономическим соображениям, особенно в связи с низким содержанием графита или его неблагоприятной микроструктурой, практического интереса не представляют. На Среднем и Южном Урале открыто более 50 проявлений и месторождений графита. На Урале добыча графита с 1942 г. осуществляется в Челябинской обл. на Тайгинском месторождении кристаллического графита. Среднее содержание графита в руде 2,5–2,6 мас. %. Извлечение графитного углерода при переработке в концентрат 80–82 мас. %. Среднее содержание графитного углерода в

концентрате 92–94 мас. %. Тайгинское месторождение графита образовалось в результате сложного метаморфизма осадочных и осадочно-вулканогенных пород, содержащих органическое вещество. В результате метаморфизма первичные породы превращены в парagneйсы или кристаллические сланцы с выделением в них графитного углерода. Тайгинский графит имеет чешуйчатую явно кристаллическую структуру, аналогичную структуре графита известного Завальевского месторождения (Украина). Разработку Тайгинского месторождения осуществляет Уралграфит, который выпускает шесть видов графита: тигельный, элементный, литейный, аккумуляторный, электроугольный и карандашный. Тайгинский графит потребляют более 450 предприятий России и СНГ.

В Свердловской обл. разведано крупное Мурзинское месторождение кристаллического графита, являющееся одной из важнейших сырьевых баз этого минерала в России. Подсчитанные и утвержденные ГКЗ СССР запасы графитовой руды составляют около 18,6 млн т (15 % от общего баланса Российской Федерации). Месторождение пока не эксплуатируется. Лицензия на недропользование выдана Уральскому научно-исследовательскому производственному предприятию (УралНИПП). Месторождение находится в Пригородном районе в 60 км к северо-востоку от Невьянска в благоприятных горнотехнических условиях. Мощность вскрышных пород не превышает 3 м. Оценка качества

сырья выполнена в соответствии с кондициями Главноруды Министерства промышленности строительных материалов СССР в 1953 г. Содержание углерода в руде составляет 5,8 мас. %. В результате технологического опробования получен концентрат с содержанием углерода 90,5 мас. % при извлечении углерода 92,3 мас. %.

Для ввода в действие обогатительной фабрики и эксплуатации Мурзинского месторождения требуются инвестиции в сумме 20 млн долл. США. При проектной мощности предприятия в 5400 т графитового концентрата в год рентабельность производства составит не менее 30 %. Графитовой рудой Мурзинского месторождения являются биотитовые и полевошпатовые гнейсы, содержащие вкрапленность графита. Графит в руде находится в виде пластинок или их скоплений в виде сплошной массы. Концентрат обогащения по качественным характеристикам аналогичен тайгинскому графиту. Таким образом, освоение Мурзинского месторождения позволит решить проблему получения качественного графита не только для огнеупорной промышленности, но и для других отраслей: ядерной энергетики, электротехники, литейного производства, химической промышленности и др. Для решения графитовой проблемы в нашей стране целесообразно создание межотраслевого холдинга Росграфит с включением в него ведущих предприятий и организаций горно-металлургического комплекса России.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛАВЛЕННОЙ ШПИНЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШЛАКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ХРОМА

© Д. Г.-м. н. В. А. Перепелицын¹, д. э. н. В. М. Рывтин², С. И. Гильварг²

¹ ОАО «Восточный институт огнеупоров», г. Екатеринбург, Россия

² ОАО «УК «РосСпецСплав – Группа МидЮрал», г. Екатеринбург, Россия

В настоящее время наряду с чистой магнезиальноглиноземистой шпинелью $MgAl_2O_4$ производят легированные разновидности плавленной и спеченной шпинели: титанистой $Mg(Al,Ti)_2O_4$, цирконистой $MgAl_2O_3 + ZrO_2$, хромистой $Mg(Al,Cr)_2O_4$ и др. Наибольшую практическую ценность представляет плавленная хромистая шпинель, имеющая наиболее высокую шлакоустойчивость в металлургических агрегатах сталеплавильного производства. Однако крупномасштабное производство такой шпинели в нашей стране и за рубежом сдерживается в значительной степени из-за высокой стоимости сырьевых материалов, особенно глинозема и оксида хрома.

Группой сотрудников Восточного института огнеупоров совместно со специалистами Ключевского завода ферросплавов и других организаций разработана технология получения плавленного легированного шпинельного материала с использованием текущих шлаков металлического хрома. Из шлаков с добавкой каустического магнезита марки ПМК-87 получена плавленная хромсодержащая алюмомагнезиальная

шпинель кажущейся плотностью 3,45–3,54 г/см³. По данным химического и петрографического анализов, содержание высокоогнеупорных фаз (шпинели в виде твердого раствора $MgAl_2O_4$ – $MgCr_2O_3$ и периклаза) в плавленном материале достигает 93 %. Его химический состав, мас. %: 51,1–59,0 Al_2O_3 , 0,5–0,8 SiO_2 , 28,5–34,5 MgO , 1,4–3,10 CaO , 7,0–10,2 Cr_2O_3 , 0,6–1,0 Fe_2O_3 , мелкие корольки металлического хрома до 2,0. Открытая пористость в куске фракции 3–1 мм 12–16 %.

На комбинате «Магнезит» выпущена опытно-промышленная партия периклазошпинельных леточных блоков с применением плавленной легированной алюмомагнезиальной шпинели в количестве 4,6 т. Температура начала размягчения под нагрузкой 1690–1720 °С. Проведено промышленное опробование опытных леточных блоков в футеровке сталевыпускного отверстия конвертера Нижнетагильского металлургического комбината. Стойкость опытных леточных блоков 47–52 плавки, что соответствует стойкости леток ПЛК-93 производства комбината «Магнезит»

из плавленного периклаза. Однако по себестоимости опытные изделия дешевле обычно применяемых леток ПЛК-93.

Наличие металлического хрома, имеющего температуру плавления 1890 °С, не является недостатком этой шпинели, особенно при ее применении для оксидоуглеродистых материалов и изделий, например для футеровки сталеразливочных ковшей, установок ковш-печь и других современных сталеплавильных агрегатов. В оксидоуглеродистых (в частности, шпинелеуглеродистых) изделиях в процессе службы металлический хром функционально представляет собой уникальный антиоксидант комплексного действия (для защиты гра-

фита от окисления, синтеза тугоплавких карбидов хрома, образования высокоогнеупорного оксида Cr_2O_3 при окислении). В безуглеродистых огнеупорах, которые подвергаются технологическому обжигу или службе в окислительной среде (воздух), присутствие 2 % металлического хрома нежелательно, так как при его полном окислении объем увеличивается в 2,08 раза, что может привести к растрескиванию или разупрочнению изделий. Таким образом, качество шпинельных изделий может быть улучшено при предварительном обогащении и утилизации металлического хрома, который является дополнительным дорогостоящим товарным продуктом.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ФЛЮС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРОВ

© В. В. Повшук, д. т. н. Г. Д. Семченко, Н. В. Евдокимова

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Повышение стойкости футеровки конвертеров способствует увеличению производительности межремонтного периода, в результате чего повышается выпуск стали и снижается ее себестоимость за счет сокращения удельного расхода огнеупоров и снижения затрат на перефутеровку конвертеров.

Установлено, что возможны снижение износа огнеупоров и повышение стойкости футеровки конвертеров за счет использования в конвертерном процессе магнезиальных материалов. Однако традиционно применяемые магнезиальные добавки (необожженный и обожженный доломит) не отвечают современным требованиям, предъявляемым к сталеплавильным флюсам, прежде всего с позиций формирования шлаков с более высоким содержанием MgO по сравнению с традиционным содержанием его в шлаке. В последние годы отмечен дефицит шлакообразующих магнезиальных материалов, особенно в Украине, где отсутствуют месторождения магнезита. В этой связи использование боя периклазоуглеродистых огнеупоров и отходов отслужившей футеровки конвертеров представляет большой практический интерес. Разработка ресурсосберегающей и энергосберегающей технологии новых магнезиальных флюсов на основе отходов футеровки конвертерного производства особенно привлекательна для Украины.

Известны составы высокомагнезиальных флюсов для сталеплавильного производства, содержащие углерод, оксид магния, оксид кальция и специальные добавки, для которых характерен молекулярный гидроудар при попадании в конвертер, что ускоряет взаимодействие введенных компонентов флюса со шлаком и создание гарнисажа на футеровке конвертера, защищающего его от износа. Разработаны составы и способы изготовления флюса на основе боя периклазоуглеродистых огнеупоров и отходов футеровки

металлургических агрегатов, содержащих MgO в количестве 86–92 %. Предложенные составы флюсов с использованием боя изделий и отходов отслужившей футеровки конвертеров из периклазоуглеродистых изделий имеют достаточно высокие показатели физико-механических свойств брикета флюса без термообработки. В качестве связующего для масс на основе измельченного боя периклазоуглеродистых огнеупоров фракций мельче 8 мм использовали органические вещества или жидкое стекло, которые обеспечивали брикету после прессования под давлением 70 МПа высокий предел прочности при сжатии (17–21 МПа при пористости 55 %). Такие брикеты не растрескиваются при транспортировке и при загрузке в конвертер и не образуют пыль. Прочность брикета обеспечивается за счет экзотермических реакций, происходящих при взаимодействии компонентов флюса, обжиг брикетов не используется.

Новые комплексные магнезиальные флюсы опробованы при плавке кислородно-конвертерной стали из низкомарганцовистого чугуна и углеродистого полупродукта. При использовании разработанного флюса с увеличением концентрации MgO в конечном шлаке до 10–13 % обеспечиваются формирование шлаков необходимой основности (для кислородно-конвертерного процесса) и сохранение высоких рафинирующих свойств шлака. Внедрение разработанных магнезиальных флюсов в практику кислородно-конвертерного производства позволит при переделе низкомарганцовистых чугунов уменьшить расход магнезиальных материалов и общий расход шлакообразующих материалов. Применение разработанных флюсов способствует повышению стойкости футеровки конвертеров. Разработанный высокомагнезиальный флюс содержит 76–82 % MgO и 4–8 % Fe_2O_3 , что удовлетворяет требованиям конвертерного производства.



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС ЗАО «РОСМЕТАЛЛКОМПЛЕКТ»

АККРЕДИТОВАННЫЙ ЧЛЕН АССОЦИАЦИИ
ИННОВАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА «НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» ПРИ ИХС РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО УМЕНЬШЕНИЮ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Исследования, разработка и производство
специальных огнеупорных материалов
для герметизации высокотемпературных соединений,
увеличения долговечности и повышения
производительности металлургических
агрегатов

Производство стартовых смесей
на основе хромитового песка AFS 45-55
производства ЮАР. Постоянный запас сырья
на складе в Санкт-Петербурге

Подбор и поставка литейного хромитового песка
производства ЮАР и США

Производство и поставка теплоизоляционной смеси
для металлургического и литейного производства

Приглашаем посетить наш стенд
на Международной конференции
огнеупорщиков и металлургов
3–4 апреля 2014 г.
г. Москва

РЕКЛАМА

«Rosmetallkomplekt» JSC

Адрес: Россия, 191023, Санкт-Петербург, ул. Гороховая, 26/40
E-mail: mail@rosmetallkomplekt.ru
Тел. +7 (812) 310-07-62. Факс: +7 (812) 310-67-91
www.rosmetallkomplekt.ru



О ПОЛУЧЕНИИ ПЛАВЛЕНОГО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

© Д. т. н. В. А. Соколов

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия

Применение в качестве сырья для получения высоко-температурных материалов стабилизированного диоксида циркония (СДЦ) с кубической структурой связано с отсутствием у него объемных изменений при 1000–1200 °С, присущих моноклинной модификации и являющихся причиной растрескивания изделий. Это свойство, обеспечивающее высокую термостойкость наряду с повышенной температурой плавления и коррозионной стойкостью, определило широкое использование материалов и изделий на основе СДЦ в самых разных областях техники. Однако несмотря на высокую потребность в нем СДЦ в России практически не производится, и важнейшие отрасли промышленности (авиационная, ракетно-космическая, металлургическая, керамическая и др.) зависят от зарубежных поставок. Это также является причиной ограничения и эффективного применения СДЦ в новых отраслях. Вследствие отсутствия отечественного сырья и технологии в России отсутствует также производство плавнелитых изделий на основе СДЦ.

Основными способами получения СДЦ при использовании добавок оксидов иттрия, кальция и магния являются электроплавка, обжиг при 1600–1900 °С, а также осаждение компонентов из растворов солей. В качестве основного сырья для термических способов используют дорогостоящие и дефицитные диоксид циркония металлургического производства или бадделеитовый порошок. Достаточно перспективной может быть технология получения СДЦ с использованием в качестве сырья цирконового концентрата. Это может быть осуществлено электродуговой плавкой цирконового концентрата при совмещении двух процессов: обескремнивания циркона при карботермическом восстановлении кремнезема и стабилизации диоксида циркония оксидами кальция или иттрия. При этом важной задачей является определение макси-

мального значения остаточного кремнезема, при котором осуществляется полная стабилизация диоксида циркония.

Приведены результаты получения СДЦ в индукционной и электродуговой печах плавкой сырья на основе оксидов ZrO_2-CaO и ZrO_2-SiO_2-CaO . Результаты исследований показали, что стабилизирующее действие оксида кальция в плавных материалах высокоциркониевой области системы ZrO_2-SiO_2-CaO зависит от содержания кремнезема в огнеупорной композиции. В материалах, содержащих 10–32 % SiO_2 , оксид кальция является компонентом стекловидной фазы и стабилизирующего действия на диоксид циркония не оказывает. Эффект стабилизации достигается в материалах с 5 % стеклофазы, в которых основной кристаллической фазой является кубическая модификация ZrO_2 . Таким материалом являются продукт индукционной плавки ПЦИС 14 (87,6 % ZrO_2 , 4,5 % SiO_2 , 7,5 % CaO). Этот материал может быть использован для получения плавнелитых изделий с повышенными коррозионной стойкостью и термостойкостью. Возможно также использование такого плавного СДЦ с указанным содержанием кремнезема для получения огнеупоров по керамической технологии.

Исследование карботермического разложения циркона в электродуговой печи показало, что при использовании в качестве восстановителя литейного кокса может быть получен плавный продукт с содержанием SiO_2 менее 11 %. Получение плавного продукта с содержанием SiO_2 менее 5 % требует изменений в технологии подготовки шихты и режимах электродугового плавления.

Полученные результаты позволили определить необходимые условия для реализации изготовления плавного материала на основе СДЦ электроплавкой цирконового шихты.

ВЗАИМОСВЯЗЬ КАРЬЕРНЫХ АВТОДОРОГ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ

© К. т. н. Ю. В. Стенин, С. А. Арефьев, Р. С. Ганиев

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

Карьерные автодороги являются дорогами промышленных предприятий. Отличительной особенностью карьерных автодорог является зависимость их геометрических и прочностных характеристик от параметров карьера, от технологических показателей открытых горных работ, условий строительства и эксплуатации дорог в карьерах, технических параметров автосамосвалов и режимов их движения.

Минимальная ширина проезжей части ограничивается условием безопасного движения автосамосвалов

при технологически минимальной скорости движения. Исследования, проведенные на карьерах по добыче огнеупорных материалов ОАО «Ураласбест» и на карьерах черных и цветных металлов Михайловского и Ковдорского ГОКов, показывают, что условия безопасности при минимальной скорости движения встречных автомобилей обеспечиваются, когда расстояние между встречными автомобилями составляет (0,35–0,40) ширины автосамосвала B_a , а расстояние от внешних габаритов по ширине автосамосвала до края проезжей

части — (0,04–0,05) B_a . Максимальная ширина проезжей части соответствует свободному движению автосамосвалов в потоке. При этом расстояние между встречными автомобилями составляет (1,0–1,15) B_a , а расстояние от внешних габаритов по ширине автосамосвала до края проезжей части (0,4–0,5) B_a .

В то же время ширина проезжей части карьерной автодороги является определяющим параметром транспортной бермы карьера. От ширины последней зависит угол откоса рабочего и нерабочего бортов карьера, а значит, и скорость углубки, объем вскрышных пород при формировании борта карьера и возможная производительность карьера как по полезному ископаемому, так и по вскрышным породам.

Так, для эффективной работы автотранспорта целесообразно формировать транспортные бермы с максимальной шириной проезжей части. В то же время необходимость минимизации коэффициента вскрыши при разработке карьера обуславливает стремление уменьшать ширину транспортных берм. Наличие таких противоречий определяет необходимость рационализации и оптимизации конструкции и параметров транспортных берм карьеров, в том числе ширины проезжей части. Суммарная грузонапряженность за срок службы участков дороги с четкой закономерностью изменяется по глубине карьера: максимальная на верхних горизонтах и минимальная — на нижних. Такая же закономерность наблюдается при изменении срока службы

отдельных участков дороги от глубины их расположения в карьере.

Длина $L_{p.r.t}$ км, автодорог на рабочих горизонтах в t -м году эксплуатации равна средней длине $L_{ф.с.t}$ км, активного фронта горных работ в этом году, т. е. $L_{p.r.t} = L_{ф.с.t}$, а длина дорог на временных съездах определяется как функция от высоты уступа, количества и уклона съездов, коэффициента развития трассы. Длина дорог, подлежащих сооружению в t -м году эксплуатации карьера, определится как функция от длины активного фронта горных работ, скорости перемещения фронта горных работ и размеров заходки по целику.

Из вышеизложенного следует, что проектирование, строительство и содержание карьерных дорог должно осуществляться с учетом взаимосвязей параметров автодорог и параметров карьера и автосамосвалов, а также с учетом изменения по глубине карьера таких параметров, как срок службы и суммарная за срок службы грузонапряженность дороги. Проведенный анализ показывает также, что одним из основных условий качественного строительства и эксплуатации карьерных автодорог является дифференцированный подход, учитывающий как место расположения участка автодороги и морфологию карьера, так и характеристику автосамосвалов, геометрические параметры дороги, срок ее эксплуатации, интенсивность движения и объем перевозок за срок эксплуатации.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ВЛИЯНИЕ РИСКА РАСХОЖДЕНИЯ ПЛАНОВЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРОВ ОАО «УРАЛАСБЕСТ»

© К. т. н. Ю. В. Стенин, Р. С. Ганиев, С. А. Арефьев

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

Существующие методики планирования горных работ основываются на детерминированных расчетах производительности экскаваторно-автомобильного комплекса (ЭАК). В реальности же большая часть параметров его работы (длительность погрузочно-транспортных операций, качество подготовки забоя, высота забоя и т. д.) имеет вероятностный характер, обусловленный высокой степенью расхождения горнотехнических условий работы на разных участках карьера, особенно в условиях крупных карьеров и ГОКов.

Кафедрой РМОС Уральского государственного горного университета исследована надежность системы планирования производительности на карьере ОАО «Ураласбест». Анализ результатов сменной работы карьера, выполненный по сводкам за 45 смен, показал, что сменные плановые задания в среднем недовыполняются на 15–20 % по различным месяцам работы. Такая тенденция прослеживалась и в показателях месячной производительности, отклонения которых за исследуемый период в сторону уменьшения производительности достигали 18 %. В анализируемой выборке сводок прослеживалось закономерное уве-

личение недовыполнения сменного плана по мере расхождения плановой и фактической производительности автосамосвалов, а также наблюдалась высокая нестабильность в плановых и фактических условиях работы. Такая изменчивость в значениях параметров работы экскаваторно-автомобильного комплекса позволяет рассматривать их как величины, обладающие определенной вероятностью, а следовательно, производительность ЭАК в целом также является величиной вероятностной. Отсутствие точной и однозначной информации о длительности элементов рабочего цикла ЭАК и условиях его работы определяет степень риска невыполнения им плановых показателей. Величина этого риска не учитывается в процессе расчета сменных объемов выемочно-погрузочных работ, что снижает достоверность результатов планирования в целом.

Одним из наиболее простых и эффективных методов оценки риска в условиях предприятия является имитационное моделирование. В качестве примера производится оценка риска невыполнения сменного задания автосамосвалом БелАЗ-7555, работающим в

Центральном карьере ОАО «Ураласбест» в комплексе с экскаватором ЭКГ-6,3УС на плече откатки, приведенная длина которого равна 2,4 км. На основе хронометражных наблюдений за работой автосамосвалов были получены выборки по значениям параметров транспортных процессов, на основе которых вычислен риск невыполнения нормативной производительности экскаватора в данных условиях. Результаты вычислений, представленные в виде графика регрессии, показывают, что 71 % опытов находился в области неблагоприятных значений, т. е. риск невыполнения сменной производительности автосамосвалом БелАЗ-7555, за-

ложенный в нормативные показатели по комбинату, составлял 71 %.

Таким образом, располагая информацией о диапазоне изменения параметров ЭАК, можно определить величину риска отклонений его фактических показателей от плановых и на основе полученных значений разрабатывать решения по обеспечению плановой производительности комплекса (например, создания резерва производительности или улучшения горно-технических условий эксплуатации комплекса). Реализация принципа учета риска возможна в качестве элемента АСУ на предприятии.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КОЛИЧЕСТВО КОКСОВОГО ОСТАТКА В СВЯЗУЮЩЕМ НА ОСНОВЕ ПУЛЬВЕРБАКЕЛИТОВ

© Р. И. Юнусов
ООО «Метадинеа», Москва, Россия

Пulвербакелиты отличаются от других связующих для огнеупорных материалов следующими качествами: повышенной адгезией, высоким коксовым остатком при карбонизации, низким выделением опасных веществ. Pulвербакелиты представляют собой термореактивный полимер, который обладает высокой прочностью при отверждении и обеспечивает хорошую стабильность получаемого огнеупора. Основным преимуществом pulвербакелитов в качестве связующего для углеродсодержащих огнеупоров, является высокий коксовый остаток. Коксовый остаток pulвербакели-

тов непостоянная величина и зависит от многих факторов: молекулярной массы новолачных смол, количества отвердителя в pulвербакелитах, количества кислорода в атмосфере во время карбонизации и размера частиц новолака.

Таким образом, pulвербакелиты хорошо применимы для использования в качестве связующего в производстве углеродсодержащих огнеупоров. Важно выбрать наиболее подходящую марку pulвербакелита для соответствующего применения и оптимальные условия отверждения и пиролиза.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОНВЕРТЕРА ПЛАВКИ НИКЕЛЕВЫХ ШТЕЙНОВ

© К. т. н. Л. М. Аксельрод, Р. А. Донич, И. В. Привалов, И. Г. Марясов, Ю. В. Данилова
ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

При производстве никеля существует несколько особенностей службы футеровки, значительно отличающих это производство от производства меди. Футеровка тепловых агрегатов никелевого производства, так же как и медного, в процессе конвертирования подвергается воздействию газовой среды, содержащей большое количество оксида серы и агрессивных флюидов шлаков, а также воздействию повышенных температур, достигающих в горизонтальном конвертере 1600–1700 °С. В связи с падением цен на никель в производстве используют более дешевые концентраты, что дополнительно усиливает химическую нагрузку на футеровку.

Для оригинальных условий эксплуатации разработаны огнеупорные изделия в системе Al_2O_3 – MgO – Cr_2O_3 при низком содержании SiO_2 . Изделия обладают высокими термостойкостью, механической прочностью в горячем состоянии и стойкостью к воздействию расплава никеля и шлака. Микроструктура образцов из-

делий показывает, что зерна АМШ и хромшпинелида практически полностью подвергаются диффузионно-химическим изменениям с взаимным перекрестным насыщением основными ионами компонентов Al^{3+} и Cr^{3+} ; образуется непрерывный ряд твердых растворов Al – Cr -шпинелида. В поровой структуре преобладают мелкие изолированные поры; преобладают поры размерами 10–25 мкм. Крупные поры размерами до 400 мкм присутствуют, но практически не имеют ответвлений. Сообщающихся пор мало, что подтверждается низкой газопроницаемостью изделий.

В ходе исследования образцов в контакте со штейном с добавлением флюса, применяемым в производстве никеля, установлено, что при взаимодействии со шлаком в образцах выделяются три зоны:

— наименее измененная зона, в целом схожая с материалом образцов до испытаний;

— зона пропитки силикатами, характеризующаяся заполнением пор компонентами шлакового расплава и

изменением порового пространства огнеупора. В зоне наблюдаются интенсивные процессы взаимодействия компонентов огнеупора между собой с образованием сложного Al–Cr–Mg-шпинелида. При этом имеющиеся в изначально введенных зернах АМШ кристаллы корунда насыщаются ионами хрома и не участвуют в процессе образования сложного шпинелида;

— рабочая зона, которая имеет прерывистый характер и состоит из кристаллов сложного Al–Cr–Mg-шпинелида и щелочного алюмосиликата.

При взаимодействии с расплавом никеля в образцах из нового огнеупора выделяются три зоны:

— наименее измененная зона, в целом схожая с материалом образцов до испытаний;

— зона пропитки силикатами незначительной мощности (до 700 мкм); местами зона вообще отсутствует;

— рабочая зона, представленная кристаллами сложного Al–Fe–Ni-шпинелида с содержанием NiO до 16 %, в котором, в свою очередь, кристаллизуется магнетит.

Шлакоустойчивость материала в системе Al_2O_3 – MgO – Cr_2O_3 показала перспективность его применения в зонах никелевого конвертера, определяющих стойкость его футеровки.

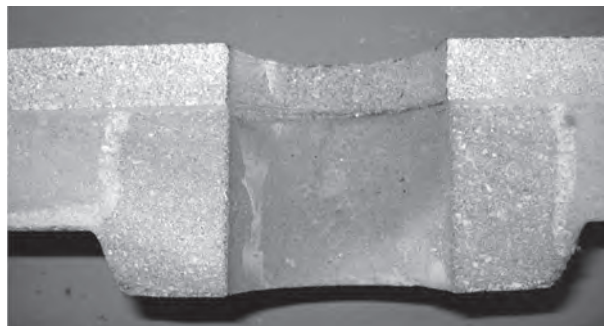
ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВНЫХ ПЛИТ ШИБЕРНЫХ ЗАТВОРОВ

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, М. Ю. Турчин², О. Н. Пицик², Е. А. Киселёва²¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия² ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Специалисты Группы «Магнезит» осуществляют постоянный мониторинг службы огнеупоров собственного производства и поставки, направленный на своевременное выявление проблем, возникающих у потребителя. Одно из «узких» мест при эксплуатации шиберных затворов на некоторых металлургических предприятиях — повышенный износ периклазовых бикерамических плит при разливке стали на МНЛЗ, при работе в режиме дросселирования. При данном способе разливки стали огнеупорные плиты подвергаются интенсивному высокотемпературному и механическому воздействию, так как в режиме дросселирования происходит частичное перекрытие сталевыпускного отверстия с преломлением струи металла. Это приводит к повышенному износу плиты, расположенной ниже вкладыша в зоне канала. Для решения проблемы специалистами Управления инжиниринга выполнен расчет напряжений, возникающих в изделиях сложной конфигурации, путем моделирования процессов пресования методом конечных элементов. Полученные данные показали неоднородность плотности огнеупора в различных его участках — наиболее проблемной является зона бурта и канала плиты, подвергающаяся наибольшей нагрузке при разливке металла, особенно при разливке в режиме дросселирования.

Для стабилизации эксплуатационных свойств шиберной плиты специалистами Управления технологических разработок был изменен состав шихты и откорректирован режим формования огнеупора.



Это позволило существенно усилить огнеупорный материал в потенциальной зоне его разрушения (см. рисунок) и тем самым улучшить служебные характеристики огнеупора. Опытные партии периклазовых плит марки ПСП 96-3-60 трех модификаций (не би-, а трикерамические), изготовленные по усовершенствованной технологии, прошли успешные испытания в шиберных затворах МНЛЗ на предприятиях компании ЕВРАЗ НТМК, в том числе при работе в режиме дросселирования. Усовершенствованные периклазовые плиты марки ПСП 96-10-1-90 были испытаны в шиберных затворах сталеразливочных ковшей кислородно-конвертерного цеха Магнитогорского металлургического комбината. Вся партия изделий отслужила без замечаний со стороны потребителя: размытия бурта и сталеразливочного канала не зафиксировано. Разработанная технология внедрена на комбинате «Магнезит».

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МАРК ПЕРИКЛАЗОШПИТЕЛЬНЫХ ОГНЕУПОРОВ ГРУППЫ «МАГНЕЗИТ»

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, А. Р. Хурматуллин², О. Н. Пицик², В. А. Устинов¹¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия² ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Группа «Магнезит» расширяет ассортимент огнеупоров для футеровки вращающихся печей цементной промышленности, что связано с рядом причин:

• вводом линий сухого способа производства цемента, характеризующихся повышенными нагрузками на огнеупоры (в том числе тепловыми и материальными);

- необходимостью удовлетворения запросов потребителя на повышение и стабилизацию стойкости футеровки вращающихся печей;

- необходимостью уменьшения простоев печей, в том числе связанных с ремонтом участков футеровки, подверженных опережающему износу (переходные зоны, подбандажные участки и т. п.).

Для решения поставленных задач необходимо было разработать принципиально новые огнеупоры, ресурс которых был существенно выше ресурса имеющейся рядовой продукции, а также обладающих специфическими свойствами для решения конкретных эксплуатационных задач. Основные направления исследовательских и конструкторских работ направлены на обеспечение:

- гибкости структуры огнеупора (flexibility), что проявляется в высокой стойкости против сколообразования;
- высокой абразивоустойчивости огнеупоров — низкой скорости износа от воздействия истирания клинкером;
- хорошей способности к набору обмазки для огнеупоров, предназначенных для эксплуатации в зоне спекания;
- высокой химической стойкости против агрессивного воздействия компонентов клинкера, топлива и газовой среды;
- высокой стойкости к повышенным тепловым нагрузкам, действующим в зоне работы факела горелок высокой мощности.

Результат решения поставленных задач — разработка и организация производства новых марок

огнеупоров для цементных печей. Одновременно совершенствуются как схемы футеровки агрегатов, так и система услуг по выполнению футеровки с участием специализированной организации в составе Группы «Магнезит» — ООО «Магнезит Монтаж Сервис». Наряду с широко известными огнеупорными изделиями марок ПШПЦ-81 и ПХЦ, не содержащими оксид хрома, используются изделия марок с улучшенными характеристиками: термостойкостью, прочностью, газопроницаемостью, характером поровой структуры, формированием фазового состава, устойчивого к воздействию тех или иных агрессивных факторов. К последним относятся изделия марок: ПШПЦ-81А, ПШПЦ 86N и ПШПЦ 86AF.

В 2012 г. футеровка вращающейся печи № 6 ОАО «Вольскцемент» выполнена с использованием изделий ПШПЦ 86N в зоне постоянной обмазки и в начале верхней переходной зоны. Изделия ПШПЦ 81А установлены на участке верхней переходной зоны, в остальных зонах были установлены стандартные изделия ПШПЦ 81. После 350 сут эксплуатации вращающаяся печь № 6 была остановлена на ремонт. Остаточная толщина футеровки составила от 110 до 170 мм (первоначальная 220 мм). Оригинальная схема футеровки с использованием периклазошпинельных огнеупоров нового качества позволила достигнуть равностойкости футеровки на различных участках, причем стойкость всей футеровки до ремонта в 1,8 раза превысила стойкость футеровки предыдущего дизайна.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ КОВШЕВЫЕ ОГНЕУПОРЫ ГРУППЫ «МАГНЕЗИТ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОБСТВЕННОГО ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ПЕРИКЛАЗА И ОБНОВЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, к. т. н. Т. В. Ярушина²

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

² ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

В «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК» завершилась серия испытаний футеровки сталеразливочных ковшей, выполненной по индивидуально разработанной схеме опытными периклазоуглеродистыми огнеупорами производства Группы «Магнезит». Использовали плавный периклаз с 98 и 97 % MgO (кажущаяся плотность >3,48 г/см³, средний размер кристаллов 600–800 мкм, максимальный 2500 мкм), полученный из магнезитов Нижне-Приангарской группы месторождений, а также комплексную функциональную добавку, включающую комплексный антиоксидант.

Эффективность выбранной концепции подтверждена в процессе испытаний шести комплектов футеровки сталеразливочных ковшей в ЭСПЦ-1 и ЭСПЦ-2. Средняя стойкость опытных изделий в рабочем слое футеровки стен и дна двух сталеразливочных ковшей ЭСПЦ-1, эксплуатировавшихся без промежуточного ремонта шлакового пояса, составила 59 плавов. Апробирован вариант с заменой шлакового пояса после 44 плавов, достигнута стойкость 63 плавки. Остаточная толщина рабочего слоя футеровки при выводе стале-

разливочных ковшей на ремонт в варианте равностойкости зон футеровки составила: шлаковый пояс до 150 мм, стены не менее 110 мм, дно от 200 до 220 мм, «бойная» зона дна от 190 до 200 мм.

В ЭСПЦ-2, в котором осуществляется внепечная обработка стали (ковш-печь и циркуляционный вакууматор), средняя стойкость (3 кампании) изделий в рабочем слое футеровки стен и дна составила 66 плавов, максимальная 70 плавов. Средняя стойкость изделий в шлаковом поясе составила 36 плавов при максимальной 41 плавка. Остаточная толщина рабочего слоя футеровки при выводе сталеразливочных ковшей на ремонт составила: шлаковый пояс до 160 мм, стены до 160 мм, дно от 220 до 240 мм, «бойная» зона — от 190 до 200 мм.

При выводе сталеразливочных ковшей ЭСПЦ-1 и ЭСПЦ-2 с опытной футеровкой как на проведение промежуточного ремонта, так и на полную замену футеровки было отмечено отсутствие «прососов» между изделиями, локальных износов, проникновения металла в горизонтальные и вертикальные швы. Значительная остаточная толщина огнеупоров в футеровке дна и стен

предполагает дальнейшее совершенствование схемы футеровки сталеразливочного ковша с использованием

углеродсодержащих огнеупоров Группы «Магнезит» для оптимизации удельных затрат на огнеупоры.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ КОКСОВОГО ОСТАТКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ОГНЕУПОРОВ

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, к. т. н. Т. В. Ярушина², И. Г. Маряев², М. Ю. Латкин²

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

² ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Важнейшей составляющей шихты безобжиговых огнеупоров, определяющей их эксплуатационные свойства, является углерод с его способностью к формированию специфической эластичности структуры связки. Технические свойства углеродсодержащих огнеупоров — повышенная термостойкость за счет снижения теплопроводности и уменьшения термического расширения, сопротивление инфильтрации оксидными расплавами и др. — напрямую зависят от качества углеродной составляющей. В качестве носителя твердого углерода обычно используют природный чешуйчатый графит, для связывания которого применяют фенольные смолы или термопластичное связующее на основе пека и его производных с повышенным выходом углерода после коксования. Тщательным подбором состава углеродной составляющей шихты можно регулировать свойства изделий в широком диапазоне и в соответствии с предполагаемыми условиями службы.

Исследования специалистов Управления технологических разработок Группы «Магнезит» показали, что, варьируя зерновой состав применяемого чешуйчатого графита, можно достичь оптимального заполнения пор в огнеупорных изделиях углеродом. Это положительно влияет на коррозионную стойкость огнеупоров. В состав углеродной составляющей шихты огнеупоров, включающей чешуйчатый графит обычного качества со средним диаметром частиц 100 мкм, вводили графит с чешуйками размерами менее 20 мкм (микрогра-

фит). В качестве коксующейся связки использовали смесь жидкой фенольной смолы новолачного типа и твердого пека с минимальным содержанием полициклических ароматических соединений. В результате лабораторного тестирования установлено, что после коксования при 1000 °С изделия характеризовались пониженной открытой пористостью (7–9 %), повышенными кажущейся плотностью (2,98–3,05 г/см³) и пределом прочности при сжатии (не менее 35 МПа). Анализ коксовой структуры огнеупоров показал, что поры в микроструктуре в основном закрытые, изолированные; преобладают поры размерами 10–20 мкм.

Для испытания в службе в футеровке шлакового пояса сталеразливочных ковшей была выпущена опытно-промышленная партия периклазоуглеродистых ковшевых изделий марки ПУК 95-10-К с оптимизированным составом углеродной составляющей. Приготовление массы, прессование и термообработку изделий осуществляли в условиях цеха магнезиальных изделий комбината «Магнезит» по режиму, принятому для обычных огнеупоров. Испытания в сталеразливочных ковшах ЭСПЦ показали, что по сравнению с серийными огнеупорами той же марки опытные изделия имели повышенную остаточную толщину (110–120 мм против 60–80 мм у серийных) после 60 плавов. Металлургическому предприятию будет предложен новый дизайн футеровки с использованием в ее зонах изделий различного качества с целью повышения стойкости футеровки до 70 плавов и более.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЖАРСТОЙКОГО БЕТОНА НА ШЛАКОЩЕЛОЧНОМ ВЯЖУЩЕМ, ШАМОТНОМ И ШЛАКОВЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

© Р. Р. Ахтямов¹, д. т. н. Б. Я. Трофимов²

¹ ООО «УралНИИСтром», г. Челябинск, Россия

² ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

Одним из перспективных направлений в технологии жаростойких бетонов является использование шлакощелочного вяжущего. Работы в этом направлении были начаты в нашей стране в начале 70-х годов прошлого столетия. В качестве вяжущего применяли молотый доменный гранулированный шлак, который затворяли растворами щелочей или отходами содового производства, в качестве заполнителя — доменный шлак. Максимальная температура применения таких бетонов не превышала 800 °С.

Работы, проводимые в УралНИИСтроме, были направлены на повышение максимальной температуры

применения шлакощелочных бетонов за счет введения в их состав более огнеупорных заполнителей и тонкомолотых добавок из материалов Уральского региона. Были применены самораспадающийся шлак производства феррохрома Челябинского электрометаллургического комбината по ТУ 14-5-295-99 с удельной поверхностью 2900–3000 см²/г, тонкомолотые добавки, крупные и мелкие заполнители из шамота огнеупорного производства Челябинского металлургического комбината с содержанием Al₂O₃ не менее 35 %. Смеси затворяли раствором едкого натра по ГОСТ 2263 «Натрий едкий технический». С применением шамотных заполнителей

был получен жаростойкий бетон со средней плотностью 1950–2100 кг/м³ и температурой применения до 1350 °С. При использовании в качестве мелкого и крупного заполнителя шлаков алюминотермического производства металлического хрома и ферротитана Ключевского завода ферросплавов марок ППГ-75 и ППГ-65 по ТУ 0798-069-00186482–2011 «Продукт плавный глиноземистый» были получены бетоны с температурой применения соответственно 1500 и 1400 °С (см. таблицу).

Технология организации участка по производству окантовочных блоков из жаростойкого шлакощелочного бетона на шамотных заполнителях, разработанная УралНИИстромом, успешно применяется в настоящее время на Коркинском (Челябинская обл.), Кушвинском (Свердловская обл.) и Норском (Ярославская обл.) кирпичных заводах. В течение последних трех лет УралНИИстромом были переданы рекомендации по организации участков, инструкции по составам и технологии производства окантовочных блоков из

Показатели	Заполнитель		
	шамот	ППГ-75	ППГ-65
Средняя плотность, кг/см ³	1950–2100	2650–2750	2600–2700
Предел прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$), МПа, не менее	60	50	50
Остаточный $\sigma_{сж}$ после нагрева до 800 °С, %, не менее	50	50	50
Термостойкость (800 °С – вода), теплосмены, не менее	80	60	60
Усадка после нагрева до максимальной температуры применения, %, не более	0,6	0,5	0,5
Максимальная температура применения, °С	1350	1500	1400

шлакощелочного бетона еще шести кирпичным заводам. Из бетонов на шлаковых заполнителях изготовлены опытные партии изделий, которые испытываются в футеровке различных тепловых агрегатов.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫХ ФЛЮСОВ НА ПАНТЕЛЕЙМОНОВСКОМ ОГНЕУПОРНОМ ЗАВОДЕ

© Р. И. Дикарёва¹, А. Г. Макаренко¹, С. А. Коротеев²¹ ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод», г. Горловка Донецкой обл., Украина² ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Флюсы — один из перспективных продуктов, который позволяет оптимизировать ремонтные и эксплуатационные затраты металлургических предприятий и успешно решать вопросы повышения стойкости футеровки тепловых агрегатов. Технология производства магнезиальных флюсов для условий Пантелеймоновского огнеупорного завода разработана совместно специалистами Управления технологических разработок Группы «Магнезит» и специалистами завода.

В первом квартале 2013 г. высокомагнезиальные флюсы производства Пантелеймоновского огнеупорного завода проходили промышленные испытания в условиях Енакиевского металлургического завода и Днепропетровского металлургического комбината им. Дзержинского. Присадка магнезиальных флюсов на шлак перед ошлакованием в количестве 0,20–0,30 т флюса на 1 т шлака совместно с внесением извести позволяет получить высокомагнезиальные шлаки и, соответ-

ственно, сформировать высокоогнеупорный шлаковый гарнисаж. Среднее содержание MgO в шлаке составило 7,0 %. При этом отмечено сокращение времени растворения флюса за счет оптимального фазового состава флюса и оптимальных геометрических размеров брикета. В настоящее время магнезиальный флюс марки PANS LAG P71 с содержанием MgO 71–78 % производства Пантелеймоновского огнеупорного завода поставляется на украинские металлургические предприятия: Енакиевский металлургический завод, Днепропетровский металлургический комбинат им. Дзержинского, комбинат «АрселорМиттал Кривой Рог». Тысячи тонн нового продукта поставляются потребителю на регулярной основе. В планах развития производства — расширение ассортимента изготавливаемых флюсов, дальнейшее совершенствование технологий с учетом требований потребителя, расширение производства металлургических флюсов до 50000 т в год.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

КАРБИДКРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИЙ БЕТОН ДЛЯ АГРЕГАТОВ РАЗЛИВКИ МЕДИ

© Р. А. Дониц, И. В. Привалов, Ю. В. Данилова

ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

При разливе расплавов меди большинство предприятий для футеровки разливочных желобов, переливных ковшей, разливочных ковшей используют шамотные изделия. Это вызывает ряд проблем, таких как прилипание расплава к поверхности футеровки, опережающий химический износ футеровки, необходимость частой ее замены. Более современным представляется

использование предварительно изготовленных из огнеупорного бетона изделий высокой стойкости.

В Группе «Магнезит» разработана технология изготовления изделий из бетона высокой термостойкости с добавлением бескислородных компонентов, снижающих смачивание огнеупорного материала расплавом меди. Изделия производятся методом виброформо-

вания с последующей термообработкой при 300 °С. Изделия обладают низкой открытой пористостью во всем диапазоне температур до 1300 °С (<15 %) при минимальном количестве сообщающихся пор и после обжига при температуре, эквивалентной температуре эксплуатации огнеупора. Предел прочности изделий существенно превышает прочность шамотных изделий.

Образцы изделий после исследования на шлакоустойчивость со шлаком в ОАО «Карабашмедь» имеют ярко выраженную зональность. Рабочая зона огнеупора на контакте со шлаковой корочкой представлена (после

кристаллизации) алюмосиликатом типа андезит, в котором в виде игл присутствуют силлиманит и включения металлического железа. Зона пропитки отсутствует. При взаимодействии огнеупора с расплавом медного штейна также выявлена зональность. За шлаковой корочкой расположена зона пропитки компонентами расплава — сульфидом меди, металлическим железом (по поровому пространству) — глубиной 300–800 мкм. При испытаниях сливных носков в ЗАО «Кыштымский медеэлектролитный завод» стойкость была увеличена в 5 раз. Существенно снижено время на замену футеровки желоба.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ НА СУХОЛОЖСКОМ ОГНЕУПОРНОМ ЗАВОДЕ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА

© Н. Н. Казанцева, А. В. Мамаев

ОАО «Сухоложский огнеупорный завод», г. Сухой Лог Свердловской обл., Россия

Сухоложский огнеупорный завод за свою историю пережил несколько этапов технического перевооружения. Взамен старых технологий внедрялись новые, расширялось производство новых видов огнеупоров, которые сегодня играют приоритетную роль в экономике завода. Уже более 10 лет на Сухоложском огнеупорном заводе используется технология вибролитья для получения огнеупорных бетонных изделий различной конфигурации. Характеристика изделий: температура применения от 1300 до 1500 °С, содержание оксида алюминия от 45 до 62 %, плотность от 1,66 до 2,4 г/см³. Это такие марки, как ШБВ-51А, МЛВБ, ВР А-I, ШБЛВУ, ТБ. Неплохо зарекомендовали себя в службе горелочные камни ГНП (по ГОСТ 22442 и ГОСТ 8691), изделия канализованного пода для футеровки вагонеток по обжигу кирпича, изделия для изоляции глассажных труб и т. п. Технология вибролитья используется также для получения теплоизоляционных бетонных изделий марки ШБЛВ-51 кажущейся плотностью 1,3 г/см³ с температурой применения 1300 °С. Эти изделия служат в основном в энергосберегающих слоях футеровки. Предприятием освоен выпуск огнеупорных шамотных сухих смесей марки СКБ-35 по бесцементной технологии на основе ВКВС с температурой применения до 1400 °С.

Новый дизайн футеровки тепловых агрегатов с использованием дорогостоящих импортных огнеупорных и теплоизоляционных материалов увеличивает спрос в

России на современные теплоизоляционные изделия и сухие огнеупорные бетонные смеси, изготовленные по международным стандартам ASTM. Это заставило специалистов завода искать пути дальнейшего совершенствования существующего на предприятии технологического процесса и возможность выпуска изделий, удовлетворяющих запросы потребителей. Специалисты Сухоложского огнеупорного завода и итальянской компании «Lincos Вахо» отработали технологии производства изделий типа ISOM 23, 26, 28, 30, а также сухих смесей марок LICOFESE PC 124 I TR и LICOFESE PC 105 TR, полностью удовлетворяющих стандарту ASTM, из отечественного сырья. Разработана нормативно-техническая документация для производства изделий марки СЛ-23, 26, 28, 30, а также сухих бетонных смесей марок БОССЛ-105 и БОССЛ-124 кажущейся плотностью от 0,88 до 1,04 г/см³ с пределом прочности при сжатии после сушки от 1 до 4 МПа.

В рамках технического перевооружения Сухоложский огнеупорный завод в 2013 г. приобрел у ликвидируемой итальянской компании «Nuova Isoltermica» ряд высокоавтоматизированных технологических линий. В настоящий момент смонтирован и введен в эксплуатацию комплекс по производству неформованных огнеупоров; ведется реконструкция 1-го технологического потока; начато строительство новой туннельной печи, которая позволит производить обжиг до температуры 1500 °С.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

PRE-CAST ОГНЕУПОРЫ ОСНОВНОГО И АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СОСТАВОВ ПРОИЗВОДСТВА НПК «МАГНЕЗИТ». ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

© А. П. Лаптев¹, к. т. н. Л. М. Аксельрод², Д. А. Марченко³, Р. А. Донич³¹ ООО «НПК «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия² ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия³ ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Развитие современной металлургии как в мире, так и в России направлено на производство высококачественной стали для машиностроения, судостроения, трубной промышленности; металлурги обычно говорят

о «чистой стали (clean steel)». Существенно повысились требования к размеру и количеству неметаллических включений в стали. Для сортовых МНЛЗ требуется увеличение производительности, включая повышение

серийности разливаемых через один промежуточный ковш плавов (сталеразливочных ковшей). Сегодня требуется обеспечить непрерывную работу МНЛЗ при разливке 60–100 плавов (плавка на плавку). Для достижения поставленных целей в промежуточном ковше используют так называемые pre-cast огнеупоры (металлоприемники, турбостопы, перегородки, пороги, плиты для «бойной» зоны футеровки дна и стен и т. д.).

Группа «Магнезит» организовала производство разнообразной продукции по технологии pre-cast, в том числе для промежуточных ковшей МНЛЗ на НПК «Магнезит». Технология pre-cast включает приготовление сухой смеси требуемого состава, ее увлажнение в смесителе, вибролитье изделий (реже полусухое формование) с последующей термообработкой по заданному режиму. В течение последних лет отработаны технологии производства металлоприемников основного состава с содержанием MgO не менее 80 % способом вибролитья, а также полусухим прессованием с использованием сырьевых материалов Группы «Магнезит» и покупных материалов высокоглиноземистого и корундового со-

ставов. Практически для каждого предприятия производится оригинальная продукция как по конфигурации, так и по качеству с учетом решаемых задач; масса изделий 80–1000 кг. Продукция НПК «Магнезит» поставляется в Уралсталь, ОМК, Ижсталь, ГУП «ЛПЗ», Тагмет и на ряд других предприятий. Наличие разнообразных технологий позволяет НПК «Магнезит» решать любые задачи, стоящие перед металлургами.

Модернизация металлургических процессов в последнем десятилетии резко увеличила долю электро-стали в современных электропечах, работающих на сверхмощных трансформаторах; особые требования предъявляются к сводам. Наибольшее распространение получили монолитные своды. Специалистами Группы «Магнезит» был разработан ряд составов под определенные условия эксплуатации; наибольшее распространение получили изделия MAGSTONE AM90/7 и MAGSTONE ACR85/1,5. Проведенные испытания доказали конкурентоспособность новой продукции, достигнута стойкость 1600 плавов на дуговых сталеплавильных печах вместимостью от 30 до 130 т.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ТОРКРЕТ-МАССА ДЛЯ ПОЛУСУХОГО ТОРКРЕТИРОВАНИЯ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

© К. т. н. М. И. Назмиев¹, В. В. Ряшин², Е. С. Могильникова¹¹ ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия² ООО «Группа «Магнезит», г. Магнитогорск, Россия

Внедрение различных технологий внепечной обработки стали привело к ужесточению условий эксплуатации футеровки сталеразливочных ковшей, увеличило износ огнеупоров, снизило общий ресурс агрегата. Увеличения стойкости футеровки сталеразливочных ковшей можно добиться за счет различных технологий, одной из которых является полусухое торкретирование стен и шлакового пояса с использованием специальных магнезиальных масс. Предупредительное торкретирование препятствует износу футеровки, а своевременный локальный ремонт позволяет продлить ее службу и снизить удельный расход огнеупоров.

Специалистами Группы «Магнезит» разработана и испытана магнезиальная масса Dalgun SL-P80 с содержанием MgO не менее 80 %, CaO менее 5 % и потерями массы при прокаливании не более 4,5 % на основе плотноспеченного периклазового клинкера и химикокерамического связующего. Масса обладает низкой водопотребностью. Плотноспеченный периклазовый

клинкер получен путем двойного обжига при температуре выше 1800 °С природного магнезиального сырья в современных шахтных печах. Применение высокоплотного периклазового клинкера стабилизирует физико-химические и эксплуатационные характеристики торкрет-масс.

Особенность разработанной торкрет-массы — высокие адгезия к огнеупорному материалу футеровки, термостойкость и механическая прочность изготовленного покрытия. Торкрет-масса для полусухого торкретирования сталеразливочных ковшей прошла испытания на ряде металлургических предприятий. Стойкость торкрет-покрытия составила 3–4 плавки. Отмечено снижение обезуглероживания в процессе разогрева сталеразливочного ковша, создана защита от диффузионного проникновения компонентов шлака и металла в огнеупор, а также в швы футеровки. Доказана экономическая эффективность использования торкрет-массы в сталеразливочных ковшах.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ТОРКРЕТИРОВАНИЕ — МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ГОРЯЧЕГО РЕМОНТА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

© А. Н. Образцов¹, Е. И. Поспелова¹, В. В. Ряшин²¹ ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия² ООО «Группа «Магнезит», г. Магнитогорск, Россия

Современные требования к стойкости футеровки сталеразливочного ковша, предъявляемые металлургами,

неуклонно возрастают. Главным показателем стойкости футеровки принято считать количество нали-

ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Для обезвоживания концентратов, извлечения твердого из растворов



Вакуумные дисковые фильтры КДФ

- ❖ Высокая удельная производительность
- ❖ Низкая влажность кека
- ❖ Непрерывность действия
- ❖ Экономия энергоресурсов
- ❖ Снижение эксплуатационных затрат



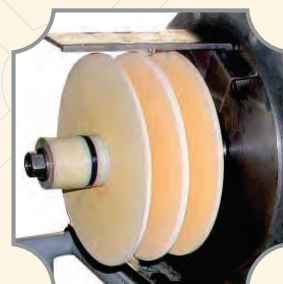
Патронные керамические фильтры ПКФ

- ❖ Высокая производительность — $1,9 \text{ м}^3/\text{м}^2$
- ❖ 99,98% извлечения твердого из растворов
- ❖ Возможность фильтрации горячих растворов
- ❖ Возврат ценных твердых продуктов в производство



Тангенциальные фильтры ТТФ

- ❖ Высокая удельная производительность
- ❖ Низкая влажность кека
- ❖ Непрерывность действия
- ❖ Экономия энергоресурсов
- ❖ Снижение эксплуатационных затрат



РЕКЛАМА



ЗАО «Научно-технический центр «Бакор»

Тел.: +7(495)502-78-68

E-mail: bakor@ntcbakor.ru

www. ntcbakor.ru



бакор

Огнеупоры керамические

**БАДДЕЛЕИТОКОРУНДОВЫЕ
КЕРАМИЧЕСКИЕ
ОГНЕУПОРЫ
БКТ**



**ХРОМОКСИДНЫЕ
ОГНЕУПОРЫ
ХС-МВУ**



**КОРУНДОМУЛЛИТОЦИРКОНИЕВЫЕ
КЕРАМИЧЕСКИЕ
ОГНЕУПОРЫ
КМЦ**



**ТИГЛИ ВЫСОКООГНЕУПОРНЫЕ
ДЛЯ ПЛАВКИ МЕТАЛЛОВ
И СПЛАВОВ**



**ХРОМАЛЮМОЦИРКОНИЕВЫЕ
ОГНЕУПОРЫ
ХАЦ**



**ВТУЛКИ
КЕРАМИЧЕСКИЕ**



**ХРОМКОРУНДОВЫЕ
ОГНЕУПОРЫ
ХКТ**



**ОГНЕУПОРНАЯ
КЕРАМИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА**



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Повышенная термостойкость
- Химическая стойкость
- Коррозионная стойкость к сплаву, к агрессивным кислотным и щелочным средам при повышенных температурах

ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Химическая и нефтехимическая промышленность
- Стекольная промышленность
- Металлургическая промышленность
- Промышленность теплоизоляционных материалов
- Керамическая промышленность
- Машиностроение и авиационное моторостроение

ОГНЕУПОРНАЯ ФУТЕРОВКА ПЕЧЕЙ В КОМПЛЕКТЕ

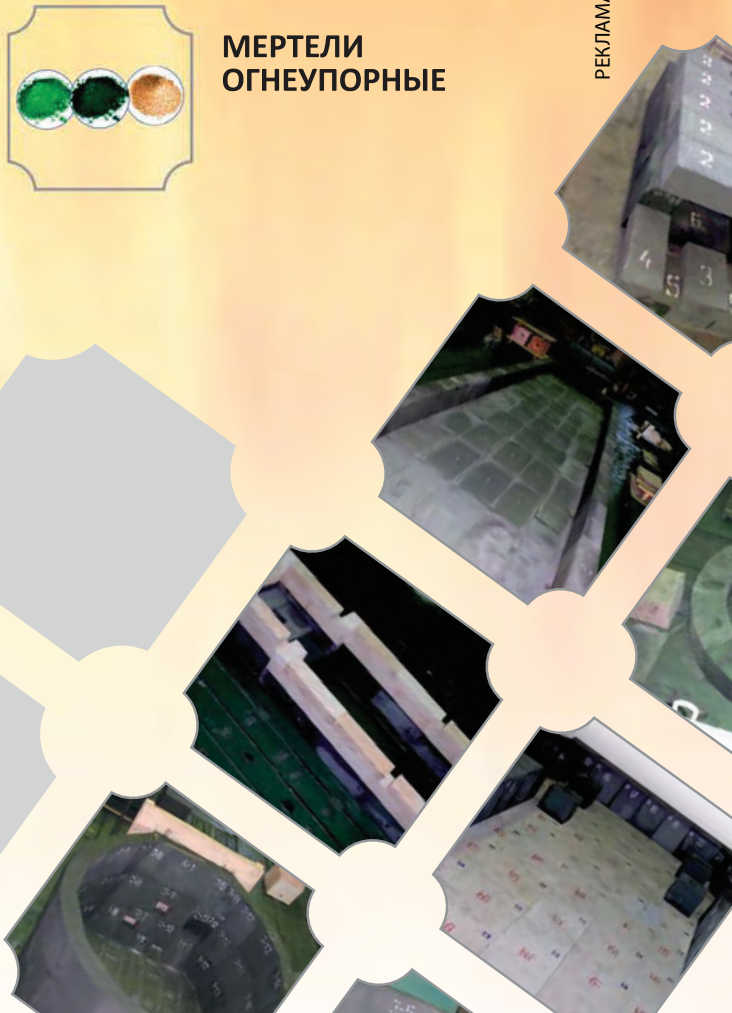
- Стекловаренные печи
- Плавильные печи минеральных пород в производстве базальтовых и минеральных волокон
- Плавильные агрегаты черной и цветной металлургии

ЗАО «НТЦ «Бакор» (центр специальной керамики)
142172, г. Москва, г. Щербинка, ул. Южная, д. 17
Тел.: +7 (495) 502-78-17. Факс: +7 (495) 502-78-09
E-mail: bakor@ntcbacor.ru. Сайт: www.ntcbacor.ru

**МЕРТЕЛИ
ОГНЕУПОРНЫЕ**



РЕКЛАМА



вов и, соответственно, количество разливок стали, прошедшей через сталеразливочный ковш. Этот показатель на ряде предприятий приближается к 100, а в ряде случаев превышает его. При этом футеровка ковшей подвергается воздействию различных факторов, действующих одновременно либо циклически, которые так или иначе приводят к ее износу и разрушению. К наиболее существенным факторам, разрушающим футеровку сталеразливочного ковша, следует отнести:

- циклические термоудары, связанные с охлаждением футеровки после окончания разливки при 900–1200 °С и быстрым нагревом при заполнении сталеразливочного ковша полупродуктом при 1650–1670 °С;
- механические воздействия на футеровку падающей со значительного расстояния жидкой металлической струи и возникающие затем мощные турбулентные потоки расплава;
- механическое и химическое воздействие шлаковой и металлической фаз на элементы материала футеровки сталеразливочного ковша в период внепечной обработки.

Одним из эффективных способов поддержания футеровки сталеразливочного ковша в рабочем состоянии в течение длительного времени, обеспечивающих 100 и более наливов, является промежуточный экспресс-ремонт торкретированием. Эта операция осуществляется с применением специализированного оборудования и эффективных ремонтных материалов. Выбор специализированного оборудования достаточно широк и представлен фирмами-изготовителями. В ряде случаев оборудование проектируется и изготавливается самими металлургическими предприятиями с учетом конкретных условий работы и технологических привязок производственных участков. Однако выбор материалов для торкретирования, их разработка и совершенствование оказываются более сложными за-

дачами, обусловленными целым рядом требований и условий их применения.

Специалисты Управления инжиниринга Группы «Магнезит» совместно с инженерами и технологами Управления технологических разработок и предприятия «Магнезит-торкрет-массы» проводят исследования, разработку и внедрение таких материалов. Установлено, что требованиям эффективного торкретирования футеровки сталеразливочного ковша наиболее полно отвечают материалы на магнезиальной и магнезиально-известковой основе. Применение таких материалов для текущего горячего торкретирования обеспечивает сокращение временных затрат при проведении ремонта, снижение себестоимости ремонта за счет низкого расхода материала, снижение трудозатрат при проведении ремонта торкретированием, достижение равностойкости всех элементов футеровки сталеразливочного ковша и увеличение валовой стойкости футеровки в целом, возможность проведения экстренного ремонта элементов футеровки в чрезвычайных случаях.

Данные материалы представлены на рынке торговой маркой DALGUN. Модификации масс DALGUN специально разработаны для проведения горячих и текущих ремонтов различных сталеплавильных агрегатов — ДСП, конвертеров, вакууматоров, сталеразливочных ковшей. При разработке торкрет-масс DALGUN особое внимание уделялось гранулометрическому составу масс различных модификаций для создания максимально изотропного слоя на рабочей футеровке теплового агрегата. Массы DALGUN характеризуются прочной адгезией к рабочему слою футеровки металлургического агрегата, минимальным отскоком и безвозвратной потерей материала, ускоренным процессом спекания, возможностью применения при существенно различных температурах футеровки.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПЕРИКЛАЗОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ С ФОРСТЕРИТОВОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТОРОВ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

© В. В. Смертин, О. Н. Пицик, И. Г. Беспалова, А. А. Крохин
000 «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

В Группе «Магнезит» разработаны технологии изготовления форстеритсодержащих огнеупоров для футеровки регенераторов стекловаренных печей. Присутствие форстерита придает огнеупорному материалу дополнительную коррозионную устойчивость к стекольным расплавам и продуктам стекловыноса.

Первыми из группы форстеритсодержащих огнеупоров были разработаны высокочистые периклазоцирконовые изделия марки ПЦСС-78, в которых за счет разложения $ZrSiO_4$ в процессе обжига происходит формирование форстеритовой матрицы.

Разработан также ряд новых огнеупоров с форстеритовой связью, которым присвоены марки ПФС-92 и ПФС-90. Изделия изготавливают на основе высокочистого плавного периклаза с $MgO > 97\%$ и плотноспеченного клинкера собственного производства с введением в состав огнеупоров магнезиально-силикатных компонентов. Разработанные огнеупоры имеют высокий предел прочности при сжатии (70–80 МПа) при открытой пористости 15–17 % и температуре начала размягчения выше 1600 °С; термостойкость при этом составляет 20–30 воздушных теплосмен.

Испытания на коррозионную устойчивость проводили тигельным методом с использованием в качестве корродиентов стекла и продуктов пылеуноса при его производстве (в том числе боросиликатного состава). Для проведения сравнительного анализа разработанные изделия испытывали параллельно с образцами высокоустойчивых огнеупоров марки ПЦСС-78, которые уже зарекомендовали себя с положительной стороны у потребителя. По данным петро-

графического анализа тиглей после испытаний был рассчитан индекс стеклоустойчивости по величине площади пропитки. Результаты показали, что разработанные огнеупоры характеризуются высокой степенью устойчивости ко всем видам исследованных корродиентов, что позволяет по стеклоустойчивости поставить их в один ряд с периклазоцирконовыми изделиями. При этом себестоимость изделий марок ПФС-92 и ПФС-90 ниже, чем у изделий марки ПЦСС-78.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМАТА ОГНЕУПОРОВ ГРУППЫ «МАГНЕЗИТ», ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ГОРЕЛОЧНОГО ПОЯСА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ШАХТНОЙ ПЕЧИ

© М. Ю. Турчин, О. Н. Пицик, Д. А. Найман

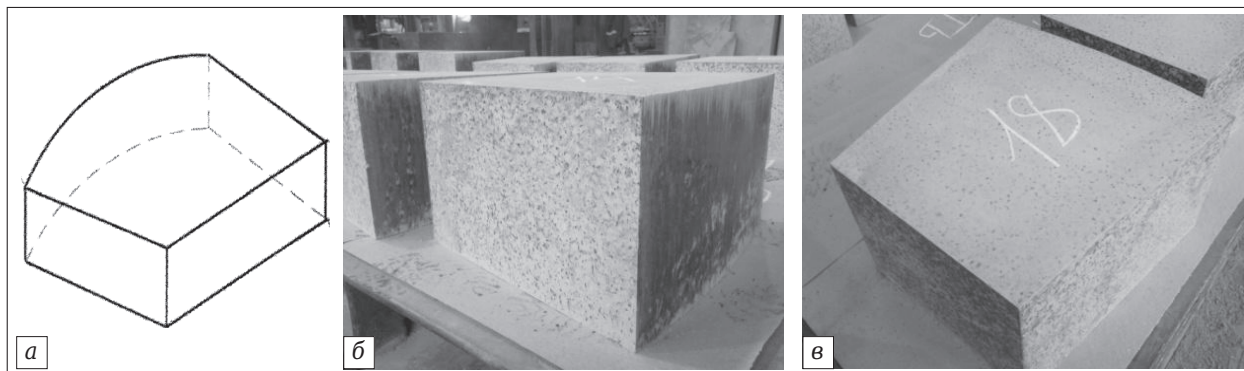
ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Высокотемпературные шахтные печи для предприятий по обжигу магнезита, доломита, извести и других сыпучих материалов футеруются высококачественными огнеупорными материалами основного состава. Традиционно рабочий слой футеровки шахтной печи выполняют клиновыми магнезиальными изделиями. Опыт эксплуатации установленной на Саткинской производственной площадке Группы высокотемпературной шахтной печи фирмы «Maerz» (футеровка была поставлена поставщиком оборудования) позволил выявить некоторые уязвимые зоны в этих высокотехнологичных тепловых агрегатах. Так, в футеровке горелочного пояса при высверливании отверстия для установки горелок увеличивается площадь шовности этого участка футеровки ввиду частичного или полного совпадения высверленного отверстия с межшовным пространством. При сверлении огнеупора, собранного из частей на мертеле, наблюдаются выкрашивание мертеля и образование сколов на рабочей поверхности при выходе коронки из огнеупора. В дальнейшем в процессе эксплуатации теплового агрегата в этой зоне футеровки происходил опережающий локальный износ.

Управлением инжиниринга Группы «Магнезит» было предложено использовать в зоне горелочного пояса крупноформатные изделия (блоки). Эскиз (а) нового формата огнеупора и спрессованные крупноблочные изделия (б, в) показаны на рисунке. Пред-

ложенное решение позволило сократить шовность локального участка футеровки примерно 2,5 раза, а также исключить возможность совпадения горелочного отверстия со швом футеровки. Геометрические и качественные особенности изготовления этого формата предполагают сохранение основных физико-химических характеристик изготавливаемого огнеупора, соответствующего ранее традиционным типоразмерам. Изготовление огнеупоров обновленного блочного формата потребовало от разработчиков Группы «Магнезит» отработки ряда технологических параметров, в частности подбора специального временного технологического связующего, режимов прессования и термообработки.

Опытная партия крупноблочных изделий обновленного формата в августе 2013 г. во время планового ремонта была установлена в горелочный пояс футеровки высокотемпературной печи фирмы «Maerz». При проведении ремонта удалось значительно сократить сроки футеровочных работ, уменьшив длительность простоя теплового агрегата. Специалистами Группы «Магнезит» осуществляется мониторинг эксплуатации теплового агрегата; нареканий к футеровке до настоящего времени не выявлено. Это позволяет успешно осваивать дальнейшее производство и внедрение в эксплуатацию нового формата огнеупорных изделий в футеровке горелочного пояса высокотемпературных шахтных печей.



ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ЦИРКОНИСТОГРАФИТОВЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ШЛАКОВОГО ПОЯСА ПОГРУЖАЕМОГО СТАКАНА© А. В. Яговцев, Д. Б. Кобелев, А. М. Гороховский
ОАО «Динур», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

Современная черная металлургия требует огнеупоры с улучшенными служебными свойствами. Длительность службы огнеупора во многом зависит от его свойств, которые, в свою очередь, полностью зависят от технологии производства. В инженерном центре ОАО «Динур» постоянно ведутся разработки, направленные на совершенствование технологии производства огнеупоров. Особое внимание уделяется разработкам и повышению качества продукции, производимой изостатическим прессованием. На изостатическом прессе формируют защитные трубы, стопоры-моноблоки, погружаемые стаканы. Погружаемые стаканы состоят из двух материалов: корундографитового (Al_2O_3-C) и цирконистографитового (ZrO_2-C). При непрерывной разливке стали наблюдается износ цирконистографитового материала погружаемого стакана в основном из-за взаимодействия со шлакообразующей смесью (ШОС) кристаллизатора.

В лаборатории инженерного центра тигельным методом была определена устойчивость различных составов цирконистографитового материала к расплаву ШОС при $1400\text{ }^{\circ}C$ в окислительной среде. Для исследований применили ШОС основностью $CaO/SiO_2 = 1$ с содержанием фтора 8 мас. %. Тигли были распилены на две части и сфотографированы в разрезе. Изображения были обработаны при помощи программы SIMAGIS. На основании исследований был разработан состав цирконистографитового материала с повышенной устойчивостью к расплаву ШОС. Результатом работы стал выпуск опытной партии погружаемых стаканов. Применение опытных стаканов обеспечило разливку полной серии с остаточной толщиной стенки 15 мм против 8 мм на погружаемом стакане импортного производства. Испытания продолжаются. Разработанный состав цирконистографитового материала показывает лучшие служебные свойства, чем зарубежный материал.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ ИЗДЕЛИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПАНТЕЛЕЙМОНОВСКОГО ОГНЕУПОРНОГО ЗАВОДА© К. т. н. Т. В. Ярушина¹, Е. М. Сладков², Р. И. Дикарёва³¹ ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия² ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия³ ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод», г. Горловка Донецкой обл., Украина

Одно из крупнейших огнеупорных предприятий на Украине — ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод» (ПАО ПОЗ), вошедшее в состав Группы «Магнезит» в феврале 2012 г., наращивает объемы производства периклазоуглеродистых изделий. Ассортимент периклазоуглеродистых изделий ПАО ПОЗ включает около 30 основных марок и более 150 их подвидов в зависимости от зон применения и условий эксплуатации тепловых агрегатов.

В 2013 г. введена в эксплуатацию автоматизированная система дозирования компонентов в смеситель с высокой точностью взвешивания. Система включает функцию протоколирования и обеспечивает синхронную работу технологического оборудования линии. Введен в эксплуатацию модернизированный блок для термообработки изделий, оборудованный системой управления от ведущих мировых производителей, что позволило стабилизировать температурный профиль агрегата и получать продукцию со стабильно высокими качественными показателями. По итогам 2013 г. стойкость периклазоуглеродистых изделий производства ПАО ПОЗ составила:

— на МК «Азовсталь» средняя стойкость рабочего слоя футеровки стен и шлакового пояса 350-т сталеразливочных ковшей ККЦ по результатам эксплуатации 32 комплектов, выполненных изделиями ППУ 472Б и ППУ 263Б, составила 101 плавку; максимальная стойкость 109 плавок;

— на Алчевском металлургическом комбинате при гарантированной стойкости 70 плавков средняя стойкость рабочего слоя футеровки стен 300-т сталеразливочных ковшей ККЦ, выполненного изделиями марки 472Б, составила 74,1 плавки. Три комплекта рабочей футеровки, выполненных изделиями ППУ 472Б для стен и ППУ 263Б для шлакового пояса, достигли средней стойкости более 79 плавков;

— на Днепровском металлургическом комбинате им. Дзержинского достигнут рекорд стойкости рабочего слоя футеровки стен и шлакового пояса 250-т сталеразливочных ковшей ККЦ — 87 плавков без замены шлакового пояса;

— на комбинате «АрселорМиттал Кривой Рог» достигнута рекордная для комбината стойкость футеровки сталеразливочных ковшей — 80 плавков без замены шлакового пояса. По итогам законченных кампаний в 2013 г. средняя стойкость футеровки составила 65,7 плавки, с бетонным дном 73,4 плавки.

Продукция предприятия востребована потребителями и успешно конкурирует с аналогичными огнеупорами зарубежных поставщиков. Используя богатый опыт производства и применения оксидуголеродистых огнеупоров специалистов Группы «Магнезит», предприятие практикует индивидуальный подход к каждому потребителю огнеупорной продукции с учетом особенностей металлургических процессов и условий эксплуатации.

Оборудование для подачи аргона



Система разработана для 600 °C и обеспечивает:

- снижение потерь аргона
- увеличение сроков службы продувочной пробки
- более высокая металлургическая эффективность при подготовке металла
- повышение надежности металлургического процесса
- надежность и долговечность работы оборудования
- оборудование практически не требует обслуживания
- не требуется замена уплотнений
- минимальные издержки производства
- безопасность и простота при эксплуатации
- индивидуальные решения подбора оборудования.

Оборудование для подачи кислорода

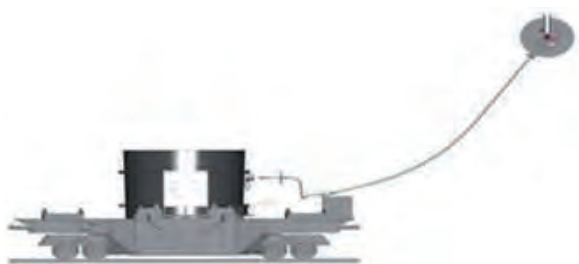


Область применения:

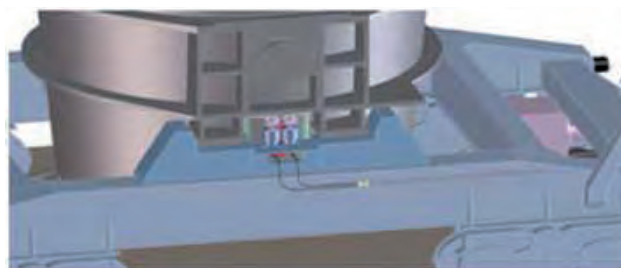
- прожигание стакана промежуточного ковша
- прожигание ковшевого шиберного затвора
- чистка пористой вставки
- прожигание и чистка шиберного затвора изнутри
- прожигание и чистка шиберного затвора снаружи
- прожигание летки доменной печи
- чистка выпускного желоба для чугуна
- прожигание сталевого выпускного отверстия ДСП
- удаление настыли на рабочем окне печи
- очистка кислородной фурмы конвертора
- удаление настыли на горловине конвертора
- разрезание лома и шлаковой настыли.

Оборудование для обвязки сталевого при продувке аргоном:

подключение ручное



подключение автоматическое



РЕКЛАМА

- стальной может перемещаться на расстояние 40 м в каждом направлении, с подключенными рукавами, обладающими достаточным пределом прочности
- для специальных случаев длина пути перемещения сталевого в соответствии с требованиями заказчика
- вращение ролика сочленения гарантирует точное направление рукава во время движения
- специально разработан самонапрягающийся барабан для питающего рукава

Фирма также предлагает оборудование для ковшей с автоматической системой подключения (Набор Ar) и комбинированное, автоматическое и ручное (дополнительное/аварийное) подключение на стальном, в VOD, установке ковш-печь.

«Орион Трейдинг» официальный представитель BEDA Oxygentechnik Armaturen GmbH

на территории Российской Федерации. Специалисты ООО «Орион Трейдинг» прошли обучение на головном предприятии BEDA Oxygentechnik Armaturen GmbH в Ратингене, Германия, и имеют необходимую квалификацию.

Трейдинг» прошли обучение в Ратингене, Германия, и имеют необходимую

Для заказа продукции и получения консультаций:

ООО «Орион Трейдинг»
г. Москва, ул. Каланчевская, д. 11, стр. 3, оф. 22.
Контактное лицо – Александр Глухов
Телефон: +7 (495) 363-00-47 доб. 24; +7 (915) 314-62-06
E-mail: Alexandr.glukhov@orion.msk.ru
www.orion.msk.ru

BEDA Oxygentechnik Armaturen GmbH
Германия, г. Ратинген (An der Pont 59; D-40885 Ratingen)
Контактное лицо – Александр Деревянко
Телефон: +7 10 49 2102-9109-20
E-mail: Alexander.Derevyanko@beda.com
www.BEDA.com

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДАЧИ АРГОНА И КИСЛОРОДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛА. НЕМЕЦКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

© А. В. Глухов¹, Jan Matthias²

¹ ООО «Орион Трейдинг», Москва, Россия

² Компания «BEDA Oxygentechnik Armaturen GmbH», Германия

Компания «Орион Трейдинг» является крупным поставщиком сырья и оборудования для металлургической промышленности на рынки РФ. Поставки производятся с предоставлением полного пакета услуг: доставка от «двери до двери», комплектация и при необходимости дальнейшая сервисная поддержка. Миссия компании — развитие эффективного, безопасного и конкурентоспособного производства в России, делать доступнее для отечественных производителей металла лучшие мировые достижения в области металлургического оборудования и огнеупоров.

Немецкая компания «BEDA Oxygentechnik Armaturen GmbH», официальным представителем которой на рынке РФ является ООО «Орион Трейдинг», — один из лучших мировых производителей оборудования для подачи аргона и кислорода в производстве металла, работающий на мировом рынке более 50 лет. Металлургические предприятия, заинтересованные в работе по современным технологиям, понимают необходимость модернизации технологических процессов. В связи с этим участились случаи обращений металлургических комбинатов в ООО «Орион Трейдинг» на заказы оборудования компании «BEDA Oxygentechnik Armaturen GmbH». Специалистами ООО «Орион Трейдинг» совместно с немецкой компанией разработаны наиболее востребованные проекты.

Обязка сталеразливочного ковша для продувки расплавленного металла аргоном

Преимущества при выборе уникальной системы продувки ковша аргоном от компании «BEDA Oxygentechnik Armaturen GmbH»:

а) система разработана для 600 °C — от начала и до конца полностью металлический дизайн, отсутствие резиновых (сгораемых) уплотнений:

— на внешней стороне ковша температуры часто достигают 250 °C, что делает применение Viton-уплотнений нецелесообразным;

— оборудование подходит для одной, двух и более продувочных пробок и любых размеров ковшей;

— высокая надежность оборудования даже при очень высоких температурах при применении на всех типах вакууматоров;

— в VOD температура может достигать выше 450 °C; только металлические и графитовые соединения могут выдержать такую температуру;

— стандартные соединения, вентили и рукава не могут быть установлены на ковше;

б) утечки аргона не происходит:

— снижены потери аргона;

— увеличен срок службы продувочной пробки;

— более высокая металлургическая эффективность при подготовке металла;

— повышена надежность металлургического процесса;

в) надежность и долговечность работы оборудования:

— оборудование практически не требует обслуживания;

— не требуется замена уплотнений;

— издержки производства минимальны;

— надежность и доступность в использовании;

г) безопасность и простота в эксплуатации:

— надежное подключение с безопасного расстояния;

— удобное обслуживание даже в перчатках;

— продуманное проектирование для быстрого сцепления (подключения);

— быстрый и легкий доступ к продувочной пробке;

д) индивидуальные решения в подборе оборудования:

— индивидуальный дизайн, оптимизированный к определенному сталеразливочному ковшу;

— поддержка технологического процесса для лучшей безопасности и эффективности;

— оптимизация стоимости при подборе компонентов;

— консультационная помощь при установке оборудования.

Обязка сталевоза для подключения аргона:

— сталевоз может перемещаться на расстояние 40 м в каждом направлении с подключенными рукавами, обладающими достаточным пределом прочности;

— для специальных случаев длина пути перемещения сталевоза в соответствии с требованиями заказчика;

— вращение ролика сочленения гарантирует точное направление рукава во время движения;

— специально разработан самонатяжной сматывающий барабан для питающего рукава.

Фирма также предлагает оборудование для ковшей с автоматической системой подключения (набор Ar) и комбинированное, автоматическое и ручное (дополнительное/аварийное) подключение на сталевозе, в VOD, установке печь-ковш.

Полный (или выборочный) ассортимент кислородного оборудования:

для прожигания отверстий стакана промежуточного ковша, ковшевого шибера затвора;

для прожигания и чистки шибера затвора изнутри и снаружи;

для чистки пористой вставки;

для прожигания летки доменной печи;

для чистки выпускного желоба для чугуна;

для прожигания сталевого выпускного отверстия ЭДСП;

для удаления настыли на рабочем окне ЭДСП, на горловине конвертера;

для очистки кислородной фурмы конвертера;

для удаления лома и шлаковой настыли.

Предохранители от обратного теплового удара и обратного потока шлака:

— монтаж исключительно позади держателя кислородной трубки;

— *функция безопасности 1:* запирание при нагреве, обратном тепловом ударе и обратном потоке шлака посредством переднего подпружиненного вентиля и спекающегося материала;

— *функция безопасности 2:* против обратного проникновения газа в шланг благодаря заднему подпружиненному вентилю давления;

— *функция безопасности 3:* практически полное запирание кислорода при неправильном зажатии кислородной трубки;

— не заменяют регулирующий вентиль на кислородной трубке.

В условиях возрастающей конкуренции при постоянной тенденции к повышению требований к качеству продукции, сокращению издержек при производстве, недопущению случаев травматизма на производстве предлагаемое оборудование является оптимальным для любого производственного процесса. Специалисты ООО «Орион Трейдинг» прошли обучение на головном предприятии компании «BEDA Oxygentechnik Armaturen GmbH» в г. Ратингене и могут дать квалифицированные консультации и разъяснения по различным вопросам.

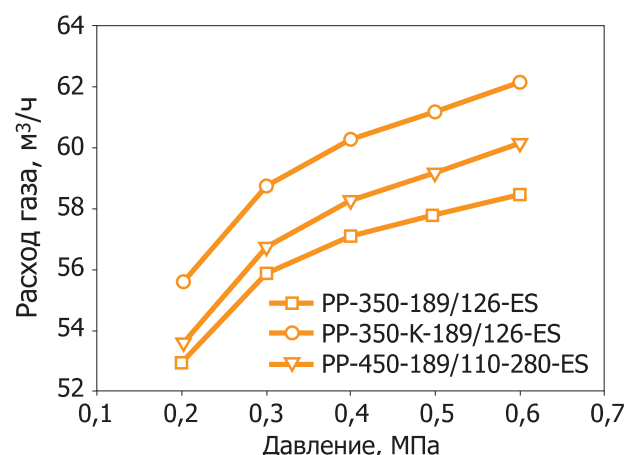
Изделия для донной продувки

Использование систем продувки металла аргоном в сталеразливочных ковшах на сегодняшний день является стандартным компонентом оборудования. За прошедшие годы были усовершенствованы безопасность, увеличен срок службы пробок, а также повышена эффективность продувки.

Компания «Кералит» выпускает щелевые пробки на основе высокочистого глинозема и глиноземистой шпинели. Пробки имеют варьируемое количество щелей, а геометрия позволяет потребителю достичь желаемого расхода газа в зависимости от производственного процесса. Специальная технология изготовления гарантирует прохождение газа только через щели.

Вся продукция компании постоянно совершенствуется в соответствии с запросами потребителей. Продувочные системы включают в себя продувочные пробки и гнездовые блоки как в сборке, так и по отдельности.

Пропускная способность продувочных пробок



РЕКЛАМА

Тип пробки	D_1 , мм	D_2 , мм	H , мм	Объем, дм^3
PP 480-59/224	59	224	480	9,30
PP 380-129/224	129	224	380	9,40
PP 320-144/224	144	224	320	8,64
PP 325-131/189	131	189	325	6,50
PP 278-154/224	154	224	278	7,89
PP 278-59/179	59	179	278	3,29
PP 278-100/178	100	178	278	4,21
PP 450-110/189	110	189	450	8,00
PP 352-126/189	126	213	352	6,85
PP 380-119/213	119	213	380	8,33
PP 480-106/224	106	224	480	10,59
PP 165-59/128	59	128	165	1,15

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОРЕЗИНЕННЫХ ЛЕНТ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ТРУБЧАТЫХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

© Д. т. н. С. Я. Давыдов, В. С. Шварев

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

В последние годы в различных отраслях промышленности все более широко применяют трубчатые ленточные конвейеры (ТЛК) для транспортирования угля, дробленой руды, гипса, щебенки, песка химических материалов, пастообразных материалов и т. д. Особенность зарубежных ТЛК состоит в том, что конвейерная лента сворачивается в трубу, а ее края образуют в верхней части трубчатой поверхности зону перекрытия (края ленты перекрывают друг друга внахлест), в которой находится транспортируемый материал. Величина зоны перекрытия краев ленты Δ , мм, определяется из соотношения $\Delta = 0,5 d_{тр}$. Для Рефтинской ГРЭС (Свердловская обл.) фирмой «ContiTech», Германия, спроектирован ТЛК для перемещения горячей угольной золы (+ 90 °С) на расстояние 4300 м. Скорость транспортирования 5,2 м/с, наружный диаметр трубчатой ленты 570 мм. Привод — двигатели переменного тока 4 × 800 кВт в головной части конвейера и 2 × 800 кВт — в хвостовой. Минимально реализованный радиус поворота на участке транспортировки 420 м.

В известных зарубежных ТЛК используют специальные гибкие в поперечном сечении ленты. Зажатый грузонесущей и обхватывающей лентами транспортируемый материал по предлагаемой авторами конструкции ТЛК также образует пробку движущегося насыпного груза, что позволяет увеличить угол наклона конвейера. Радиус загиба грузонесущей ленты в полузамкнутое сечение примерно на 30 % больше радиуса загиба этой же ленты внахлест, что отражается на значительном снижении нагрузок от скручивающего ленту момента.

Для выбора определенной конструкции применительно к конкретным условиям представлены разработанные и испытанные варианты переворота резино-тканевой ленты на предприятиях России. Загиб отечественной конвейерной ленты вокруг продольных волокон прокладок (поперек поперечных волокон утка) в полузамкнутое сечение (трубчатое сечение с зазором между кромками ленты) был изучен и использован в устройствах для ее переворота с помощью прижимных роликов. Для уменьшения поперечных размеров холостая ветвь ленты конвейера также должна иметь полузамкнутое сечение с кромками, направленными вверх по всей трассе. Предложен расчет технических параметров ТЛК с С-образным сечением ленты.

По сравнению с обычными ленточными конвейерами предложенные авторами ТЛК имеют неоспоримые преимущества: значительно уменьшены габариты конвейера по ширине; отсутствуют вредные воздействия на окружающую среду при транспортировании экологически опасных (агрессивных, пылящих и выделяющих вредные вещества) грузов; можно изменять пространственную конфигурацию трассы конвейера с перегибами в горизонтальной и вертикальной плоскости одновременно; можно транспортировать груз под углом 30° к горизонту без применения специальной ленты. К недостаткам ТЛК относятся: высокая стоимость, более сложный монтаж и предпусковая отладка, большая дороговизна ленты по сравнению с лентой классического конвейера, усложненная навеска ленты на конвейер.

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГРУЗОПАССАЖИРСКОГО ПНЕВОТРАНСПОРТА С ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

© Д. т. н. С. Я. Давыдов, А. С. Юсупова

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

Транспортный комплекс страны затрагивает все отрасли деятельности человека и производства, отвечает за потребности гражданского населения и народного хозяйства в перевозках как людей, так и груза. Из всех сфер экономики транспорт значительно отличается тем, что, не производя никакой продукции, он вносит существенный вклад в бюджет страны, отвечая за то, чтобы все остальные производства не нуждались в сырье, сбыте продукции, в своевременных поставках модифицированного оборудования для ускорения процессов производства и чтобы все это происходило в конкретные сроки, оговоренные в договорах между компаниями: поставщиками, производителями, сферой сбыта и потребителями. В последние десять лет сфера транспорта Российской Федерации получила значительный толчок, как финансовый со сто-

роны инвесторов, так и на управленческом уровне со стороны руководства страны (транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г.). Благодаря этому в настоящее время налицо изменения во всех отраслях, которые касаются всех видов транспорта РФ, без исключения. Объем перевозки работников предприятия и сопутствующих грузов для комфортного следования к местам назначения требует особых подходов в организации и подборе оптимальных средств перемещения, отказа от существующих традиционных транспортных средств и применения различных видов возобновляемых экологически чистых видов энергии.

Надземная трубопроводная грузопассажирская пневмотранспортная система предназначена для перевозки пассажиров из районов мегаполиса к промышленным предприятиям и месторождениям полезных

ископаемых, разрабатываемых открытым либо подземным способом, а также к местам отдыха. Уральский государственный горный университет совместно с ОАО «Транспрогресс» и Уральской государственной архитектурно-художественной академией ведут разработки в данной области, рассматривая возможность использования трубопроводного транспорта для соединения участка мегаполис – промышленное предприятие, а также для транспортировки грузов.

ОАО «Новосибирское карьероуправление» — динамично развивающаяся компания горнодобывающей отрасли, обладающая современной технологией производства щебня. Приоритетные направления деятельности компании — добыча камня и его переработка в щебень. Предприятие располагает четырьмя производственными структурными подразделениями, территориально сосредоточенными в Новосибирской обл. — Искитимский карьер (Искитимский р-н), Медведский карьер (Черепановский р-н, с. Медведск), Новобибеевский карьер (Болотнинский р-н) и Шайдуровский карьер (Сузунский р-н, с. Шайдурово). На карьерах Новосибирской обл. выпускается широкий ассортимент строительного камня — щебня различной породы и фракций из плотных горных и осадочных пород. Производимый щебень представлен самым широким спектром пород: диабазовые и базальтовые порфириты, известняк, граниты, альбитофиры. Готовая продукция применяется в качестве заполнителя сборного железобетона для промышленного и гражданского строительства (колонны, ригеля, балконные плиты, плиты перекрытия, кровли и др.), отделочного материала (облицовочная плитка, мозаичные полы и т. д.), материала для строительства и ремонта автодорог. Рынки сбыта продукции: Новосибирская, Омская, Томская области, Алтайский край и Ханты-Мансийский автономный округ.

В состав ОАО «Новосибирское карьероуправление» вошло ОАО «Искитимраморгранит-Н», что позволило значительно увеличить объемы производства и войти в тройку лидеров Новосибирской обл. На сегодняшний день доставка продукции потребителю с карьера осуществляется автомобильным и водным транспортом. Для упрощения транспортного сообщения между населенными пунктами и карьерами предприятия предлагается провести систему грузопассажирского трубопроводного

транспорта. Разработка новой транспортной системы, в частности надземной универсальной трубопроводной грузопассажирской пневмотранспортной артерии с использованием экологически чистых видов энергии, позволит: увеличить производительность перевозки пассажиров и грузов при низкой себестоимости; обеспечить плановую доставку пассажиров и грузов независимо от погодных условий и времени суток; обеспечить отсутствие пыли, грязи и вредных выбросов в окружающую среду (экологическая чистота 100 %); обеспечить безопасность при эксплуатации, так как отсутствует прямой контакт людей с транспортными средствами; отказаться от использования нефтяного топлива; осуществить прокладку трубопроводного пневмотранспорта над землей без необходимости отчуждения земельных участков; обеспечить простоту монтажа и демонтажа конструкции.

Благодаря возможности прокладки трубопроводов в горных условиях, болотистой местности и в труднодоступных районах системы грузопассажирского пневмотранспорта (ГППТ) можно применять для соединения участка карьер – завод – потребитель. Подобная система ГППТ обеспечит транспортировку не только груза в отдельных специализированных вагонах, но и рабочего и обслуживающего персонала до места работы в комфортабельных вагонах при любых погодных условиях. Простота конструкции позволяет легко монтировать-демонтировать систему в условиях сложного рельефа местности и отсутствия развитой инфраструктуры связи.

Выполненные разработки показали, что наличие остановок поездов в системе грузопассажирского трубопроводного транспорта как в трубопроводе, так и на открытых участках ограничивает ее пропускную способность и обладает значительными энергозатратами при торможении поездов до нуля и разгона до транспортной скорости, что резко отражается на скоростных параметрах этих поездов. С учетом этих недостатков известных систем трубопроводного пневмотранспорта впервые будет осуществлено комплексное исследование взаимосвязи открытых участков и транспортного трубопровода. Будет разработана новая система высокоскоростной грузопассажирской трубопроводной трассы с безостановочным движением поездов на всех его участках, способной к правовой охране.

ОБОРУДОВАНИЕ
для современных процессов
производства ОГНЕУПОРОВ

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ СИСТЕМ И ОГНЕУПОРОВ К НИМ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

© Д. т. н. В. И. Золотухин, А. Г. Головкин, к. т. н. Е. И. Гордеев, к. т. н. Д. А. Провоторов
ООО НПП «Вулкан-ТМ», г. Тула, Россия

Новая концепция построения современных сталеразливочных систем производства «Вулкан-ТМ» основана на адаптированности затвора к использованию шибберных плит различных типоразмеров и производителей. Для разлива стали с применением шибберных затворов переход на плиты других типоразмеров всегда означает одно — необходимость смены модели шибберного затвора и в лучшем случае его кардинальную доработку,

не всегда удовлетворяющую условиям габаритных ограничений и возможности сохранения посадочных мест. Очевидно, что все связанные с этим изменения характеризуются соответствующими затратами средств и времени. Новая модель шибберного затвора модели ВТ-60/80Р для ковшей вместимостью до 160 т имеет универсальный механизм крепления шибберных плит различных типоразмеров. Он позволяет переходить на плиту другого

типоразмера без снятия затвора с ковша. Длительность такой переналадки затвора не превышает среднего времени его обслуживания при смене шиберной керамики.

Для различных условий эксплуатации разработаны 2 модификации затвора — с боковым и вертикальным открытием. Конструкция затвора позволяет устанавливать его на уже имеющиеся посадочные места и может быть легко адаптирована под использование существующих на предприятиях систем привода. Оригинальным решением для всех затворов серии ВТ является механизм прижима, имеющий 2 пружинных блока, состоящих из жаропрочных тарельчатых пружин, вынесенных из зоны высокотемпературного нагрева. Основные преимущества использования сталеразливочных систем серии ВТ: широкий спектр применяемости — МНЛЗ, сифонная разливка, литейные производства; сокращение затрат времени на обслуживание ковша; оптимизация ковшевой логистики; ликвидация шиберной мастерской; увеличение выхода годного металла; сокращение энергозатрат до 25 %; снижение удельных затрат в 1,5–2,0 раза.

В НПП «Вулкан-ТМ» более десяти лет налажены производство и поставка формованных бетонных огнеупорных изделий для шиберной разливки: стакан-коллектор в металлической обечайке, гнездовой стакан, гнездовые блоки различных типов и модификаций. Освоен выпуск шиберных огнеупорных из-

делий с различными эксплуатационными характеристиками как для заводов с низким коэффициентом использования (металлургические заводы, где применяют шамотную футеровку и не требуется высокая стойкость шиберных огнеупоров), так и для высокотехнологических предприятий, где требуются высокостойкие огнеупорные изделия. В настоящее время НПП «Вулкан-ТМ» выпускает огнеупорные изделия со стойкостью, сопоставимой со стойкостью огнеупоров мировых поставщиков, таких как RHI, Interstop и Vesuvius.

Результаты эксплуатации шиберных затворов модели ВТ-60/80Р с диаметром разливочного канала 60 мм показали равную стойкость стаканов-коллекторов и используемых шиберных плит, доходящую до 9 плавов. Шиберные плиты по-прежнему выступают элементом, лимитирующим стойкость огнеупорного комплекта, но при появлении шиберных плит с улучшенными эксплуатационными характеристиками НПП «Вулкан-ТМ» имеет все возможности для разработки стаканов-коллекторов, обладающих соответствующей стойкостью. Для сравнения: стойкость гнездового стакана в шиберном затворе ВТ-60/80Р достигает 25 плавов. Очевидно, что следующей концепцией построения современных сталеразливочных систем будет достижение равностойкости гнездового стакана, шиберной плиты и стакана-коллектора.

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ДРОБЛЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© Л. И. Полянский, А. Н. Добродородный, В. А. Хромов, М. В. Кобелев, А. В. Ветошкин
ЗАО «СПАЙДЕРМАШ», г. Екатеринбург, Россия

Для современных условий переработки отработанных огнеупорных материалов используются компактные и эффективные щековые дробилки ЩДС-I-1,6х3,9 и ЩДС-I-0,9х2,9, обеспечивающие селективное дробление. Измельчение материалов в дробилках ЩДС-I-1,6х3,9 или ЩДС-I-0,9х2,9 является эффективной подготовкой порошков к обогащению, т. е. к очистке от металла и шлака. Дробилка состоит из узла дробления, соединенного кли-

ноременными передачами с электродвигателем, рамы, комплекта кожухов, бункера, воронки и лотка. Конструктивной особенностью дробилки является кинематическая схема механизма дробления, обеспечивающая сложные встречные движения обеих щек по замкнутым кривым с разной скоростью. В дробилке происходит измельчение материала путем его раздавливания, излома и истирания при сближении подвижных щек.

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

СОВРЕМЕННЫЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ АНАЛИЗ В ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© К. ф.-м. н. В. Н. Прибора
Компания BRUKER, Москва, Россия

В связи со спецификой применения огнеупорных материалов современные производители и потребители предъявляют высокие требования к качеству продукции. Основные методы контроля качества при производстве огнеупоров включают определение элементного состава образцов, а также тип и соотношение кристаллических фаз (фазовый анализ). Следует отметить, что этот контроль осуществляется на всех этапах производства продукции — начиная от анализа входного сырья, контроля промежуточных стадий процесса и заканчивая оценкой конечного продукта.

Элементный состав или, как его называют, химический состав, удобно и быстро определяется методом рентгенофлуоресцентного анализа. Компания BRUKER предлагает современные спектрометры: высокоскоростной последовательный S8 TIGER, многоканальный S8 LION, многоканальный с обзорным каналом S8 DRAGON, позволяющие количественно и с высокой точностью определять элементы от бериллия до урана в концентрации от единиц ppm до 100 % в твердых, порошкообразных и жидких пробах. В частности, концерн «RHI Refractories» использует этот спектрометр для кон-



РЕКЛАМА

Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный спектрометр **S8 TIGER**

- Определение химического состава материалов
- Простая и быстрая пробоподготовка
- Анализ элементов от бериллия до урана
- Диапазон измеряемых концентраций от долей ppm до 100%
- Воспроизводимость 0,05 % отн.
- Быстрый обзорный анализ и получение полуколичественных результатов без использования стандартных образцов
- Современное программное обеспечение **SPECTRA^{PLUS}**

Энергодисперсионный спектрометр **S2 RANGER**

- Анализ элементов от натрия (11) до урана (92)
- Уровень измеряемых концентраций от миллионных долей (ppm) до 100%
- Компактный дизайн со встроенным вакуумным насосом, компьютером, сенсорным экраном и принтером - требуется только подключение к электропитанию
- Автоматический загрузчик на 28 позиций с произвольным доступом. Проба загружается со съемного лотка в изолированную измерительную камеру

Innovation with Integrity

Современный рентгеновский анализ в промышленности



Настольный рентгеновский дифрактометр **D2 PHASER**

- Качественный и количественный фазовый анализ
- Определение степени кристалличности
- Характеристики фазы (параметры ячейки, размер кристаллитов, микронапряжения)
- Определение кристаллических структур
- Широкий спектр прободержателей стандартного промышленного размера ($\varnothing 51.5$ мм) для различных задач

Рентгеновский дифрактометр **D4 ENDEAVOR**

- Фазовый анализ большого количества проб
- Быстрый анализ при помощи позиционно-чувствительного детектора
- Интегрирование в производственные линии
- Дифрактометр **D4 ENDEAVOR** специально разработан для автоматизированной системы контроля качества в промышленности

XRF/XRD

www.bruker.ru

ООО Брукер

Москва, 119017,
Пятницкая ул. 50/2 стр. 1
Тел.: +7 (495) 517-92-84
+7 (495) 517-92-85
e-mail: xray@bruker.ru

Санкт-Петербург
Екатеринбург
Казань
Новосибирск

Тел.: +7 (812) 323-46-09
Тел.: +7 (343) 345-85-92
Тел.: +7 (843) 290-81-89
Тел.: +7 (983) 121-63-89

троля технологического процесса на нескольких предприятиях. Благодаря современному программному обеспечению спектрометры легко интегрируются в общую систему управления качеством на производстве.

Фазовый анализ образцов проводится методом рентгеновской дифракции. Для решения этих задач компания предлагает дифрактометры D8 ADVANCE, D2 PHASER и D4 ENDEAVOR, позволяющие анализировать готовые образцы продукции и контролировать этапы производства. Использование термокамеры существенно расширяет возможности аналитической лаборатории для моделирования процессов производства. Если объем производства незначителен либо требуется проводить анализы в «поле», то стоит обратить внимание на компактный дифрактометр D2 PHASER, требующий для работы только стандартную электро-

зетку. На крупных заводах с большим объемом производства хорошо зарекомендовал себя промышленный дифрактометр D4 ENDEAVOR, который встраивается в имеющуюся производственную линию и позволяет максимально автоматизировать процесс анализа.

Компания BRUKER имеет большой опыт применения аналитических приборов в огнеупорной промышленности, что позволяет специалистам компании помогать пользователям отрабатывать методики конкретных аналитических задач, включающих вопросы пробоподготовки и калибровки аналитических систем. Кроме того, компания обладает готовыми решениями для анализа различных материалов.

В России пользователями оборудования компании BRUKER являются, в частности, Кералит, РХИ Подольские огнеупоры, Боровичский комбинат огнеупоров.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПЛАВЛЕННОГО АЛЮМИНИЯ С ОГНЕУПОРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

© Д. х. н. Р. А. Апакашев, д. т. н. С. Я. Давыдов

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

Алюминий, находясь в расплавленном состоянии, контактирует с огнеупорными материалами футеровки нагревательной печи и элементов литейной оснастки, что может способствовать загрязнению первичного металла примесями, отрицательно влияющими на его физико-механические свойства. Наиболее нежелательным является неконтролируемое взаимодействие расплавленного алюминия с диоксидом кремния в случае применения силикатных огнеупорных материалов. При таком взаимодействии может происходить загрязнение расплава восстановленным кремнием.

В настоящей работе исследовали технологический контакт расплавленного алюминия с огнеупорными материалами, контролируя химический состав кристаллизующегося металла. В качестве объектов исследования использовали алюминий марки А0, огнеупорные трубки из корундовой и муллитокорундовой керамики, а также из плавленого кварца оптического качества. Внутренний диаметр трубок составлял 5 мм. Алюминий плавил в электрической печи сопротивления при 985 К в корундовом тигле. Отбор проб проводили, создавая разрежение в трубке. Трубку наполняли расплавом на 5 см по высоте, выдерживали в печи фиксированное время, а затем охлаждали на воздухе. Общее время контакта расплава с огнеупорным материалом трубки при 985 К составляло 60 с. После охлаждения до комнатной температуры трубку разрушали. Из средней части извлеченного слитка вырезали образец высотой 1,5 см, структуру и химический состав которого регистрировали с помощью растрового электронного микроскопа «Quanta 200», оборудованного приставкой рентгеновского микроанализа EDAX. В результате проведенных исследований установлено, что высоко-

температурный контакт алюминия как с корундом, так и с муллитокорундом за время пребывания расплава в трубке (а перед этим в тигле) не меняет структуру и химический состав кристаллизующегося металла. Массовая доля кремния в алюминии как перед плавлением, так и после эксперимента сохраняется на уровне 0,71 %, что соответствует ГОСТ 11069 (Европейский стандарт EN 573-3-94). Алюминий после кристаллизации имеет структуру равноосных полиэдрических зерен. Средний размер зерен составляет около 150 мкм.

Радикальные изменения структуры и химического состава алюминия проявляются после его контакта с плавленым кварцем. Установлено, что в результате взаимодействия с диоксидом кремния первичный алюминий превращается в гетерогенный материал, содержащий включения кремния. Преобладающий линейный размер частиц кремния составляет 3–5 мкм и менее. Наибольшее количество кремния наблюдается в центральной части цилиндрического слитка. По результатам рентгеновского анализа гетерогенные частицы содержат около 99 % кремния, а их массовая доля в отдельных участках алюмоматричного материала достигает 29 %.

Таким образом, сохранению высокого качества алюминия способствует повышенное содержание глинозема в материале футеровки и литейной оснастки, что позволяет сохранить химический состав металла на исходном уровне при технологическом контакте с огнеупором. Результаты настоящей работы согласуются с данными других исследований и расширяют сложившиеся представления об отрицательном влиянии на качество алюминия огнеупорных материалов на основе кварцевого песка, контактное взаимодействие с которыми может сопровождаться максимальным переходом кремния в металлический расплав.

ПЛОТНЫЕ ОГНЕУПОРЫ ИЗ КАРБИДИЗИРОВАННЫХ ГРАНУЛ

© К. т. н. О. А. Белогурова, М. А. Саварина, Т. В. Шарай

ФГБУН «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук», г. Апатиты Мурманской обл., Россия

Концепция огнеупорного материала на основе гранул из углерода и суглинков была представлена исследователями Colle D., Aneziris C. G., Schurf W. L., Dudczig S. в 2007 г. Суглинки представляли собой природные смеси кварца и глинистых минералов, состоящих из мелких фракций каолиновых микрочастиц и аморфных алюмосиликатных фаз субмикронных размеров. В качестве связки была использована углеродистая смола, которая обладает высокой температурой плавления и образует ориентированные графитоподобные структуры после коксования. Полученные углеродсодержащие алюмосиликатные композиты в зависимости от термообработки характеризуются плотностью до 2200 кг/м³, открытой пористостью до 20 %, пределом прочности при сжатии выше 30 МПа. Эти материалы опробовали не только в зонах спекания шахтных печей, но и как монолитные и фасонные изделия для металлургической промышленности.

Цель настоящей работы — получение плотных огнеупоров различных составов на основе карбидизированных гранул из сырья Мурманской обл. и выявление зависимости их термостойкости, прочности и эффективного торможения окисления от состава и структуры. Карбид кремния, получаемый в гранулах при карботермическом восстановлении кианитовой руды или

ставролита, обладает более высокой теплопроводностью, низким значением ТКЛР и отсутствием анизотропии ($\lambda = 30 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\alpha = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$) по сравнению с муллитом ($\lambda = 3,0 \div 3,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\alpha_a = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$, $\alpha_b = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$, $\alpha_c = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$) и форстеритом ($\lambda = 2,5 \div 3,0 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\alpha_a = 13,6 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$, $\alpha_b = 22,0 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$, $\alpha_c = 7,6 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$) в интервале 298–1098 К. Это создает предпосылки к снижению температурного градиента и напряжений внутри изделия при нагреве и охлаждении. При получении плотного огнеупора авторы учитывали результаты своих предыдущих исследований процесса грануляции с углеродной составляющей для теплоизоляционных материалов.

Проводятся испытания полученных огнеупорных материалов в многослойной футеровке на установке, реализующей модель теплопроводящего «стержня» с минимизированными тепловыми потерями с боковой поверхности. Рассчитывается эквивалентный коэффициент теплопроводности для оптимального состава многослойной футеровки. Выявляются зависимость температур на поверхности установки от вида применяемых плотных и теплоизоляционных материалов в слоях футеровки, а также количественный показатель «погашения» температуры при использовании каждого вида огнеупора.

СИНТЕЗ ОКСИНИТРИДА АЛЮМИНИЯ СВС-МЕТОДОМ В АЗОТСОДЕРЖАЩИХ АЛЮМОГЕЛЯХ

© К. т. н. А. В. Галахов, к. т. н. В. А. Зеленский, д. т. н. Л. В. Коваленко,

чл.-корр. РАН М. И. Алымов

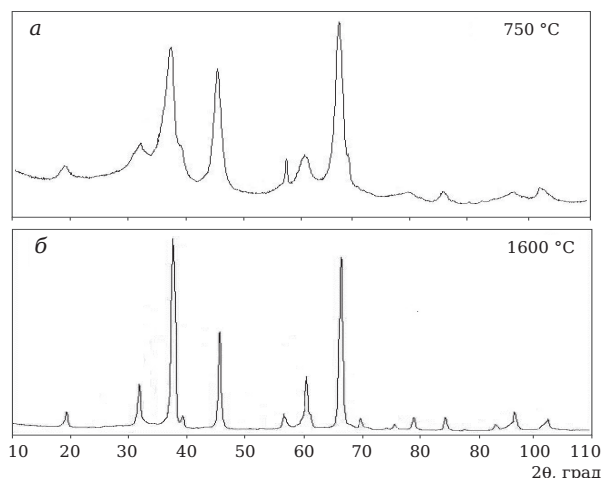
Учреждение РАН Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова, Москва, Россия

Оксинитрид алюминия — соединение на диаграмме $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—AlN}$ в стехиометрии $9\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{AlN}$. Часто в технических и рекламных публикациях для обозначения этого соединения используется аббревиатура AlON. В настоящее время к этому материалу проявляется активный интерес в связи с уникальным комплексом свойств, необходимых для его применения в средствах прозрачной бронезащиты.

Наиболее распространенным методом синтеза оксинитрида алюминия является карботермальный СВС-процесс. Процесс проводят в азотной атмосфере в области 1750–2000 °С. Получение прозрачного AlON по этой схеме требует для своей реализации дорогостоящего специализированного термического оборудования, что существенно удорожает производство материала. Снижение температуры синтеза оксинитрида алюминия сулит значительные технические и коммерческие выгоды. Авторы попробовали применить для этой цели СВС-процесс в азотсодержащих алюмогелях. Для протекания

карботермической реакции образования оксинитрида используемый гель должен содержать достаточное количество азота и углерода для связывания избыточного кислорода. Такие гели авторы получили на базе органических и неорганических соединений.

Схема синтеза: получение раствора исходных соединений, удаление растворителя с дальнейшей термической деструкцией геля, в процессе которой инициируется СВС-карботермическая реакция с образованием оксинитрида алюминия. Гель на основе органических соединений получали, растворяя в этиловом спирте этилат алюминия (источник катионов алюминия), мочевины (источник атомарного азота и инициатор СВС-процесса) и сахарозу (источник углерода). Растворитель удаляли из реакционной смеси отгонкой на ротационном испарителе. Высушенный аморфный продукт обжигали в аммиаке при различных температурах с мониторингом фазового состава. Кристаллизация оксинитрида алюминия происходила



НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

СИНТЕЗ ТУГОПЛАВКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРЕССУЕМОГО ПОРОШКА Al_2O_3 ПРИ СПЕКАНИИ В СПАРК-ПЛАЗМЕ

© Д. х. н. В. Н. Гурин¹, д-р Ю. Гринь², д-р У. Буркхардт², к. х. н. Ю. Веремчук²,
к. г.-м. н. Л. И. Деркаченко¹

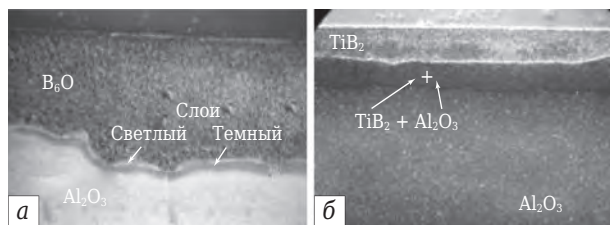
¹ ФГБУН «Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук»,
Санкт-Петербург, Россия

² Max-Planck Institut für Chemische Physik fester Stoffe, г. Дрезден, Германия

Некоторые вещества (TiB_2 , B_6O и др.) обладают более высокой прочностью и огнеупорностью по сравнению с корундом и в виде покрытий могут продлевать срок службы корундовых изделий. В настоящей работе впервые нанесение таких покрытий проведено с помощью так называемой СПАРК-плазмы (искровое плазменное одновременное спекание порошков покрытия и корунда при пропускании пульсирующего электрического разряда через образец при высокой температуре под давлением, иначе искровое плазменное спекание — SPARK PLAZMA SINTERING (SPS). Кроме того, с помощью СПАРК-плазмы

были впервые получены образцы корунда с покрытием из синтезированного в процессе спекания субоксида бора B_6O . Взятые в необходимых пропорциях порошки исходных компонентов ($TiB_2 + Al_2O_3$) и ($B + B_2O_3$) с Al_2O_3 помещали в графитовый цилиндр, выложенный внутри со всех сторон графитовой тканью и закрытый сверху и снизу графитовыми шторками. Устройство помещали в установку СПАРК-плазмы, создавали давление, пропускали электрический разряд; затем происходило нагревание. Таким способом были получены покрытия на спрессованном нанопорошке Al_2O_3 (см. рисунок) при 1360 (B_6O) и 1500 °C (TiB_2).

Образующееся покрытие из B_6O показывает более высокую микротвердость (25–67 ГПа при нагрузке 50 г) по сравнению с корундом (18–24 ГПа), которая, как и у TiB_2 (25–43 ГПа), понижается при переходе в область чистого корунда. Кроме того, в обоих покрытиях наблюдается заметная пористость, которая как бы «запирается» промежуточными слоями. В отдельных случаях покрытия отслаиваются. Все вышеизложенное показывает, что эта интересная проблема требует дальнейшего систематического исследования.



Общий вид аншлифов образцов с покрытиями из B_6O (а) и TiB_2 (б) на спеченном порошковом корунде Al_2O_3 . Видны переходные слои между корундом и покрытием

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

КАРБИД КРЕМНИЯ НА НИТРИДНОЙ СВЯЗКЕ — ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ, КОНЦЕНТРАЦИЙ И СТРУКТУРЫ

© О. Ю. Данилова¹, А. Н. Довгаль¹, А. В. Лукин¹, д. т. н. А. Л. Юрков¹, к. т. н. В. А. Дороганов²,
д. т. н. Е. И. Евтушенко², О. В. Гоголевская²

¹ ОАО «Волжский абразивный завод», г. Волжский Волгоградской обл., Россия

² ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»,
г. Белгород, Россия

Характерными для всех материалов, содержащих карбид кремния, являются относительно невысокий ТКЛР,

повышенная теплопроводность, высокая термостойкость, относительно высокая температура начала раз-

мягчения, стойкость к кислым шлакам. Благодаря своим специфическим свойствам карбидкремниевые огнеупоры находят широкое применение в различных областях техники, в том числе в черной и цветной металлургии, химической, керамической промышленности и др.

Карбидкремниевое изделие на нитридной связке — это композиционный материал, представляющий собой смесь зерен карбида кремния, сцементированных нитридом кремния. Наиболее простой способ получения нитрида кремния — воздействие газообразного азота непосредственно на порошок кремния по реакции



В ходе реакции кремний в заготовке реагирует с газообразным азотом среды, происходит увеличение массы m и объема V по сравнению с исходными значениями:

$$\frac{m(\text{Si}_3\text{N}_4)}{3m(\text{Si})} = \frac{3 \cdot 28 + 4 \cdot 14}{3 \cdot 28} = 1,67, \quad (2)$$

$$\frac{V(\text{Si}_3\text{N}_4)}{3V(\text{Si})} = \frac{43,89}{3 \cdot 12,17} = 1,2.$$

В общем случае свойства материалов зависят от химического и гранулометрического составов исходных порошков, микропримесей, микроструктуры, определяемой размером зерен, количеством, размером и характером распределения пор, стабильностью структурных характеристик при температуре эксплуатации в агрессивных средах. Для определения влияния состава шихты и количества связки в готовом изделии на качество готовых изделий были изготовлены серии образцов с разным содержанием технического молотого кремния в шихте в шагах 5 % в интервале от 5 до 25 %. С увеличением содержания кремния в шихте отмечены

увеличение кажущейся плотности и снижение открытой пористости изделия, что объясняется заполнением пор заготовки образца нитридом кремния по реакции (1). Минимальная открытая пористость составила 7,7 %, максимальная кажущаяся плотность 2,73 г/см³, максимальная геометрическая плотность 2,71 г/см³. Геометрическая плотность является технологическим параметром и рассчитывается по формуле

$$\rho_{\text{геом}} = m/V, \quad (3)$$

где $\rho_{\text{геом}}$ — геометрическая плотность, г/см³; m — масса изделия после обжига, г; V — объем изделия, см³.

Для определения объема измеряют длину, ширину и толщину изделия. За значение толщины принимается среднее значение, измеренное в четырех точках изделия — по четырем углам (при измерении изделия в форме параллелепипеда). Массу изделия находят путем взвешивания.

С увеличением содержания кремния в шихте отмечается также увеличение предела прочности при сжатии при комнатной температуре у изделий с различными геометрическими размерами. Снижение роста этого показателя у изделий с содержанием кремния в шихте 20 и 25 % может свидетельствовать о слабости карбидкремниевых каркасов ввиду малого содержания крупных частиц карбида кремния и значительного количества мелких частиц нитрида кремния, которые не обеспечивают механическую прочность изделия в целом. Подтверждено, что на характеристики готового изделия влияет толщина изделия. Отмечается разброс по толщине изделия как физико-механических показателей, так и химического состава.

Исследовано изменение свойств готовых изделий при введении кремния в виде искусственного керамического вяжущего, полученного помолотом в шаровой мельнице.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2\text{--SiC}$

© К. т. н. В. А. Дороганов, к. т. н. Н. А. Перетокина, О. В. Гоголевская, д. т. н. Е. И. Евтушенко, О. Ю. Данилова
ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород, Россия

Одним из способов повышения стойкости огнеупорных композитов является модифицирование структуры путем введения бескислородных соединений, характеризующихся повышенной стойкостью к воздействию агрессивных сред при высоких температурах. Одним из самых распространенных бескислородных соединений является карбид кремния. Высокие механическая прочность и абразивоустойчивость в широком интервале температур обуславливают применение этих огнеупоров в качестве деталей, от которых требуется сопротивляемость механическим воздействиям: направляющих рельсов и тяг, футеровки циклонов, пылесборников, трубопроводов, желобов, подов и других зон, подвергающихся интенсивному

истиранию, этажеров на вагонетках туннельных печей и т. д. Специфические химические свойства карбида кремния делают весьма эффективным его применение в различных печах и агрегатах цветной металлургии, химической промышленности. До последнего времени улучшение качества огнеупоров на основе оксидов осуществляли в основном за счет повышения чистоты сырья, увеличения давления формования и повышения температуры обжига. Кроме того, обеспечение коррозионной стойкости наряду с достаточной термостойкостью достигалось использованием огнеупоров с бескислородными компонентами: карбидокремниевых, глиноземуголеродистых и периклазоуглеродистых.

В настоящей работе была изучена возможность повышения качества композиционных материалов смешанного муллитокарбидкремниевого состава на основе искусственных керамических вяжущих (ИКВ). Установлены особенности синтеза ИКВ муллитокарбидкремниевого состава отдельным и совместным способом. В результате были получены вяжущие, характеризующиеся плотностью 2370–2450 кг/м³, влажностью 13,8–16,8 %, содержанием частиц менее 100 нм 0,3–1,2 % и объемной концентрацией твердой фазы 62–65 %. Выявлено, что оптимальное содержание вяжущих на основе карбида кремния и высокоглиноземистого шамота в бинарной системе составляет 30 и 70 % соответственно. При этом образцы на их основе, термообработанные при 1300 °С, характеризуются минимальным значением открытой пористости (2,5–3,0 %) и пределом прочности при сжатии 180 МПа. Показано, что в образцах на смешанном ИКВ при 1300 °С на поверхности образуется тонкий слой (пленка) муллита, который предотвращает окисление

карбида кремния в материале, что приводит к улучшению всех характеристик изделия. Изучено влияние различного содержания модифицирующей добавки нанокремнезема Ludox (зарегистрированная торговая марка фирмы «GRACE Davison», Германия) на реологические и физико-механические характеристики ИКВ муллитокарбидкремниевого состава. Установлено, что введение нанодисперсного кремнезема приводит к снижению эффективной вязкости при неизменном характере течения. Наилучшие показатели были достигнуты при использовании нанокремнезема марки АС-40 в количестве 0,1–0,5 %.

Таким образом, были разработаны и исследованы составы композиционных материалов на основе муллитокарбидкремниевого искусственного керамического вяжущего, которые после термообработки при 1300 °С характеризовались открытой пористостью 12–20 %, плотностью 2450–2500 кг/м³ и пределом прочности при сжатии 70–80 МПа; при этом усадка композита не превышала 0,4 %.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СУШКИ ГЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗОМ, НА ОБРАЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ В НАНОКЕРАМИЧЕСКОМ ПРЕКУРСОРЕ СОСТАВА $87\text{ZrO}_2\text{--}5\text{HfO}_2\text{--}8\text{Y}_2\text{O}_3$

© Д. х. н. В. Г. Конаков^{1,2}, к. х. н. С. Н. Голубев², Н. Н. Новик^{1,2}, к. х. н. В. М. Ушаков²

¹ ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

² ООО НТЦ «Стекло и керамика», Санкт-Петербург, Россия

Керамика на основе стабилизированного ZrO_2 находит широкое применение в технике. В частности, она применяется в качестве мембран для высокотемпературных топливных элементов, электрохимических сенсоров, в ряде других случаев в качестве конструкционной керамики. Перспективным способом улучшения керамики может быть введение в ее состав небольшого количества диоксида гафния. При этом интересно исследование систем с небольшим — порядка 5–15 мол. % — количеством добавки диоксида гафния, особенно при использовании нанокерамики (bulk nanoceramics), полученной из наноразмерных порошков-прекурсоров.

Золь-гель синтез показал себя одним из наиболее интересных методов получения наноразмерных порошков-прекурсоров керамики. Варьирование условий его проведения позволяет существенно влиять на характеристики итогового продукта, в том числе на дисперсность частиц. В данной работе использовали золь-гель синтез в варианте обратного соосаждения. Его достоинства — простота аппаратного оформления и относительная дешевизна реактивов. В качестве исходных компонентов использовали $(\text{ZrO})(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{HfOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, в качестве осадителя — раствор гидроксида аммония. Синтез проводили при 2–4 °С. Полученный гель отфильтровывали и промывали до нейтральной реакции промывных вод, а также до отрицательной реакции промывных вод на ион Cl^- . Различные методы обработки геля могут влиять

на температуру фазовых переходов и размер частиц в прекурсорах керамики. В настоящем исследовании гель обрабатывали двумя способами. Одна часть была высушена при 120 °С под давлением порядка 1 кг/см², другая — лиофильно. В таком случае дисперсионная среда удаляется напрямую из твердого состояния в газ.

Проведено сравнение свойств порошков-прекурсоров, полученных обоими методами обработки гелей. Методом ДТА определены температуры и тепловые эффекты фазовых переходов высушенных порошков. От 100 до 200 °С в обоих случаях наблюдается экзотермический эффект, который можно сопоставить с потерей структурно-связанной воды. Эндотермический пик, который может соответствовать кристаллизации аморфного порошка, виден при 440 °С для образца, высушенного под давлением, и для лиофильно высушенного образца при 470 °С.

На основании данных ДТА порошки были прокалены при 600 и 1000 °С. Их структура была изучена на рентгеновском дифрактометре XRD-6000 фирмы «Shimadzu», Япония, с использованием $\text{Cu K}\alpha$ -излучения при комнатной температуре. Уже при 600 °С наблюдается формирование кубического твердого раствора на основе ZrO_2 , при этом кристалличность лиофильно высушенного образца значительно выше и достигает 61 % по сравнению с 17 % кристалличности для порошка, высушенного под давлением. При 1000 °С формирование кубического твердого раствора на основе ZrO_2 в обоих



Спец ОГНЕУПОР Комплект



**Разработка, производство, поставка, шеф-монтаж
огнеупоров и высокотемпературной теплоизоляции**



- Неформованные огнеупоры: огнеупорные бетоны (сухие бетонные смеси), торкрет-массы
- Формованные (фасонные) огнеупорные изделия из бетонов высокоглиноземистого и муллитового составов по чертежам заказчика
- Высокотемпературная безасбестовая теплоизоляция из муллитокремнеземистого, керамического и биорастворимого волокна
- Высокотемпературные теплоизоляционные изделия из силиката кальция
- Теплоизоляционные быстросъемные оболочки
- Защитные огнеупорные, высокотемпературные, антипригарные покрытия, краски, клеящие мастики



**Проектирование, ремонт,
модернизация тепловых агрегатов**

Россия, 620010, Екатеринбург, ул. Профсоюзная, д. 43, оф. 10
Тел.: (343) 253-58-76 (многокан.). Факс: (343) 253-58-73
E-mail: spets@spetsogneupor <http://www.spetsogneupor.ru>

случаях практически завершено, кристалличность образцов схожа и составляет порядка 70–75 %. С помощью формулы Шерера для прекурсоров, прокаленных при 600 °С, был оценен размер кристаллитов. У порошков, высушенных под давлением, он составил 17 нм, высушенных лиофильно 52 нм. Эти данные подтверждают получение авторами наночастиц; при этом разница в размерах частиц весьма существенна.

Таким образом, на данный момент нельзя сделать выводы о существовании предпочтительного метода сушки гелей в системе $87\text{ZrO}_2\text{--}5\text{HfO}_2\text{--}8\text{Y}_2\text{O}_3$, однако исследование является неполным. Необходимы оптимизация методики лиофильной сушки, а также проведение дополнительных исследований по агломерации частиц данного состава при различной обработке и по кристаллизации порошков.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПРЕКУРСОРОВ С НИЗКОЙ СТЕПЕНЬЮ АГЛОМЕРАЦИИ МЕТОДАМИ «МЯГКОЙ ХИМИИ»

© Д. х. н. В. Г. Конаков^{1,2}, к. х. н. О. Ю. Курапова^{1,2}, к. х. н. С. Н. Голубев², к. х. н. В. М. Ушаков²

¹ ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

² ООО «ТНЦ Стекло и керамика», Санкт-Петербург, Россия

Наноразмерные прекурсоры на основе флюоритоподобных твердых растворов ZrO_2 широко используют для изготовления наноструктурированной конструкционной керамики, огнеупоров, сенсоров полноты сгорания топлива и мембран для твердооксидных топливных элементов. Их применяют также в качестве добавки для улучшения свойств различных органических и неорганических материалов, таких как, например, теплоизоляционные плиты на основе пенополиуретана для транспортировки сжиженного газа и сферопластики специального назначения.

Поскольку свойства разрабатываемых материалов во многом зависят от физико-химических свойств тех наноразмерных порошков, которые выступают в качестве их прекурсоров или модификаторов, то применимость прекурсоров на основе ZrO_2 определяется как возможностью получения порошков заданной дисперсности, так и сохранением наноразмерного состояния. Снижение степени агломерации нанодисперсных порошков, возникающее вследствие уменьшения избыточной поверхностной энергии, становится центральной проблемой их получения. При этом необходима стабилизация флюоритоподобного ZrO_2 , поскольку использование моноклинной и тетрагональной форм не позволяет получить материалы с требуемыми характеристиками.

Сохранение исходной дисперсности порошков, а также расширение области стабилизации высокосимметричных модификаций ZrO_2 по сравнению с соответствующей равновесной диаграммой состояния исследуемой системы возможны за счет использования методов «мягкой химии» при последующей обработке гелей, полученных золь-гель синтезом. В первую очередь к ним относятся криохимические методы, в частности лиофильная сушка. В этом случае удаление дисперсионной среды (воды) происходит напрямую из твердой фазы в газ, что сводит к минимуму количество контактов между частицами дисперсной фазы. Последнее позволяет избежать образования прочных, не поддающихся разбиению агломератов и получить наноразмерные порошки-прекурсоры требуемой дис-

персности. В связи с вышесказанным целью работы явилась разработка метода получения низкоагломерированных наноразмерных порошков-прекурсоров на основе флюоритоподобных твердых растворов ZrO_2 , стабильных в широком интервале температур и составов. Исследование проводили на примере системы $x\text{CaO} - (100 - x)\text{ZrO}_2$, где $x = 5, 9, 12, 15$ мол. %. Для получения прекурсоров был выбран золь-гель синтез в варианте обратного соосаждения из 0,1 М раствора исходных солей. Осадителем являлся 1 М раствор гидроксида аммония. Полученный гель многократно промывали и подвергали лиофильной сушке, а также криохимической обработке в жидком азоте с последующим параллельным прокаливанием при 400, 600, 800, 1000 и 1300 °С.

Все полученные прекурсоры были исследованы методом дифференциально-термического анализа на синхронном термоанализаторе «Netzsch STA 449 F1 Jupiter» в атмосфере азота в интервале 20–800 °С со скоростью нагрева 10 град/мин. Рентгенофазовый анализ (РФА) порошков проводили на дифрактометре XRD-6000 компании «Shimadzu», Япония, с использованием $\text{Cu } K\alpha$ -излучения ($\alpha = 1,54 \text{ \AA}$) при комнатной температуре. Для идентификации веществ и сингоний использовали картотеку порошкограмм, приложенных к программному обеспечению дифрактометра. Средний размер кристаллитов оценивали по профилю наиболее интенсивного рефлекса с использованием формулы Шерера. Анализ дисперсности синтезированных прекурсоров проводили на приборе «Horiba partica LA-950» методом лазерного рассеяния. Структуру прекурсора после лиофильной сушки определяли методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с помощью автоэмиссионного растрового электронного микроскопа «Zeiss Supra 55V», а также методом томографии на приборе «Xradia Micro CT-400». Максимальная энергия рентгеновских лучей составляла 40 эВ. Информация о структуре образца была получена по 1505 проекциям.

Методами синхронного термического анализа (СТА), РФА, СЭМ, анализа удельной поверхности частиц по BET,

лазерной седиментографии и компьютерной нанотографии получена взаимодополняющая информация о влиянии предыстории получения прекурсоров на основе ZrO_2 , стабилизированного CaO , на кинетику и механизм превращений аморфная фаза $\rightarrow$ метастабильный кристаллический твердый раствор $\rightarrow$ стабильный кристаллический твердый раствор, а также на дисперсность, морфологию и полноту кристаллизации полученных порошков. Показано, что фазообразование в исследуемой системе с температурой подчиняется эмпирическому правилу Оствальда. Применение неdestructивной криохимической обработки гелей позволяет элиминировать процессы агломерации прекурсоров до 1000 °С. Последнее ведет к расширению температурно-концентрационной области существования метастабильного флю-

оритоподобного твердого раствора на основе ZrO_2 по сравнению с данными равновесной фазовой диаграммы. Использование лиофильной сушки для обработки гелей позволило доказать, что экзотермический эффект на кривых ДСК в области 360 °С действительно отвечает кинетически заторможенной кристаллизации, которая сопровождается образованием метастабильного флюоритоподобного твердого раствора.

Предложена новая методика синтеза наноразмерных прекурсоров с низкой степенью агломерации, состоящая в золь-гель синтезе методом обратного соосаждения из водных растворов, последующей лиофильной сушке гелей, содержащих криопротектор в виде добавки 10 мас. % глицерина, и термообработке полученных порошков до 1000 °С.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МУЛЛИТОКОРУНДОВЫХ ОГНЕУПОРОВ

© М. А. Костицын¹, А. А. Зайцева², В. И. Казаков², А. В. Митрофанов³, к. т. н. Д. В. Кузнецов¹

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия

² ООО «Северсталь-Промсервис», г. Череповец, Россия

³ ЧерМК ОАО «Северсталь», г. Череповец, Россия

Сегодня важнейшими задачами являются создание новых комплексных технологических форматов и обновление традиционных подходов к решению задач огнеупорной промышленности. Нынешняя ситуация в огнеупорном промышленном секторе нерациональна, так как головные металлургические комбинаты страны используют огнеупоры, произведенные за границей. Такое положение дел сложилось из-за снижения рентабельности производственных мощностей, так как качество отечественных огнеупоров повышается с заметно меньшей скоростью, чем требуется металлургам. Главными аспектами снижения рентабельности производства огнеупоров являются повышение конкурентоспособности Китая в данном сегменте рынка и отсутствие инвестиций в огнеупорную отраслевую науку.

Одним из направлений развития огнеупорной отраслевой науки является разработка экспресс-методов определения ключевых физико-химических и механических характеристик огнеупорных материалов. В настоящей работе приведены результаты опытной апробации методики исследования структурных и механических характеристик огнеупорных изделий методом сквозной ультразвуковой дефектоскопии. Анализ полученных данных показал, что использование ультразвуковых

методов в процессе формирования огнеупорных изделий позволяет с высокой точностью определить временные интервалы протекания гидратационных и других физико-химических процессов, имеющих определяющее значение в технологии неформованных огнеупоров. Это создает основу эффективного использования таких методик для контроля структурообразования цементного камня при производстве монолитных изделий.

Другим перспективным путем повышения качества огнеупорной продукции является использование добавок различных нанодисперсных материалов, позволяющих значительно повысить уровень эксплуатационных характеристик, воздействуя на процессы фазо- и структурообразования в огнеупоре. В частности, в ходе исследований показано, что применение высокоактивных оксидных гидрофильных нанопорошков приводит к получению метастабильных гидроалюминатных форм на промежуточных этапах гидратации высокоглиноземистых цементов. При этом протеканию этапов сушки и спекания огнеупорного изделия сопутствуют процессы перекристаллизации метастабильного восьмиводного гидроалюмината кальция в стабильную форму с образованием высокопористой структуры, обладающей улучшенными эксплуатационными показателями.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАБОТКИ СЫРЦА НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОГНЕУПОРОВ

© К. т. н. Г. А. Лысова, к. т. н. С. И. Боровик

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

При эксплуатации углеродсодержащих огнеупоров происходит выделение значительного количества продуктов термического разложения фенольных свя-

зующих (СФП), улавливание которых в помещении цехов металлургических производств затруднено. Это осложняет экологическую обстановку в цехе и пред-

ставляет серьезную опасность для здоровья человека. Одним из наиболее токсичных летучих продуктов при карбонизации фенольных связующих является фенол, ПДК которого в воздухе рабочей зоны не должна превышать 0,3 мг/м³. Производство углеродсодержащих огнеупоров у изготовителя заканчивается процессом сушки при 200–300 °С, поэтому все процессы карбонизации связующего с выделением летучих продуктов, содержащих фенол, протекают при подготовке и эксплуатации печных агрегатов, в том числе процессы формирования прочности, термического расширения и усадки углеродсодержащих изделий, приводящие к возникновению трещин в огнеупорной кладке.

Проведен анализ динамики выделения фенолов в процессе карбонизации фенольных связующих до температуры 700 °С и изменения прочности в зависимости от температуры обработки сырца. Использованы смолы отечественных и зарубежных производителей марок 012К («Карболит»), 0125М и 011Л («Уралхимпласт»), СТ2163 («Токем») и фирмы «Бакелит» — 7026 и 7313. Установлено присутствие фенола в летучих продуктах карбонизации фенольных смол во всем исследованном интервале температур вследствие выделения как свободного фенола, содержащегося в исходных смолах, так и образующегося в результате процессов термической деструкции. Максимальное количество выделившегося фенола отмечено в летучих продуктах пиролиза фенольных смол с низкой степенью полимеризации и повышенным (1,33 и 1,45 % соответственно) содержанием свободного фенола (СТ2163 и 011Л). Отмечено, что выделение фенола продолжается и в процессе структуризации карбонизованного связующего выше 700 °С.

Марка СФП	Предел прочности при сжатии, МПа			
	сырец	сырец после термообработки при температуре, °С		
		200	300	500
0125М	16,9	18,2	12,5	20,0
011Л	18,5	19,2	17,1	19,3
СТ2163	17,3	17,7	12,5	15,4
012К	17,9	18,3	12,0	18,3
7026	17,7	16,3	17,8	18,9
7313	20,1	17,4	20,0	19,7

Изучение влияния температуры обработки сырца на механическую прочность огнеупорного материала, обожженного до температуры эксплуатации 1600 °С (см. таблицу), показало, что снижение эксплуатационной прочности материала в сравнении с рядовой технологией изготовления обусловлено незавершенностью процесса структуризации карбонизованного связующего, особенно для смол с низкой степенью полимеризации в интервале 300–500 °С. Следовательно, для максимального удаления фенолов из связующего, структурирования углеродного каркаса кокса и достижения требуемого уровня механических свойств огнеупорного материала термообработку сырца целесообразно осуществлять до температуры не ниже 700 °С. Внедрение в технологию производства огнеупоров термообработки прессованных изделий до температуры не ниже 700 °С позволит предотвратить усадочные процессы при эксплуатации огнеупоров, образование трещин и разрушение огнеупорной кладки, а также проводить мероприятия по улавливанию и обезвреживанию фенолов у изготовителя.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КЕРАМИКЕ НА ОСНОВЕ УПРОЧНЕННОГО ЧАСТИЧНО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

© К. ф.-м. н. В. В. Милявский¹, к. т. н. Ф. А. Акопов¹, д. т. н. Е. С. Лукин², к. т. н. Л. Б. Боровкова, к. ф.-м. н. Т. И. Бородин¹, Г. Е. Вальяно¹, Н. А. Попова², к. ф.-м. н. В. С. Зиборов¹

¹ ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН», Москва, Россия

² ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева», Москва, Россия

Для получения высокоплотной керамики на основе ЧСДЦ был использован промышленный порошок ZrO₂, частично стабилизированный Y₂O₃. Количество Y₂O₃ в нем составляло 2,0–2,1 мол. %. В исходном порошке наблюдалось наличие двух фаз — кубического и моноклинного твердых растворов на основе ZrO₂. Содержание моноклинной фазы составляло 42 мас. %, кубической 58 мас. %. Образцы прессовали на гидравлическом прессе под давлением 200 МПа и после сушки обжигали на воздухе при 1450 °С с выдержкой 2 ч при конечной температуре.

Результаты рентгенофазового анализа (РФА) показали, что в спеченных образцах поверхностные слои толщиной около 10 мкм сложены из материала, вклю-

чающего тетрагональный (95–96 мас. %) и моноклинный (4–5 мас. %) твердые растворы на основе ZrO₂. Первая из этих фаз имеет тетрагонально искаженную флюоритную структуру ZrO₂. Рентгеновская плотность материала лежит в диапазоне от 6,21 до 6,27 г/см³. Плотность образцов, определенная методом гидростатического взвешивания, составляет 6,01 г/см³ при пористости 3–4 %. Керамика сложена из агрегатов размерами 2–10 мкм в поперечнике, состоящих, в свою очередь, из частиц с линейными размерами 0,2–0,8 мкм. Средний размер частиц около 0,3 мкм. Существенный рост размера частиц связан с их рекристаллизацией в процессе спекания. Предел прочности керамики при статическом изгибе

(1500 ± 200) МПа, модуль сдвига 78 ГПа, коэффициент Пуассона 0,3.

Для изучения изменения кристаллической структуры и состава керамики образцы подвергали резанию алмазным диском, механическому ударному нагружению и воздействию жидких азота и гелия. Результаты РФА показали, что материал на срезах и изломе имеет трехфазный состав. Помимо моноклинного ($m\text{-ZrO}_2$) и тетрагонального ($t_1\text{-ZrO}_2$) твердых растворов, присутствующих на базовых поверхностях, фиксируется наличие второй тетрагональной фазы ($t_2\text{-ZrO}_2$), имеющей

объемно-центрированную кристаллическую структуру. Количество моноклинной фазы на срезах колеблется от 7 до 9 мас. %, на изломе 21 мас. %. Сопоставление составов на срезах и изломе показывает, что увеличение количества моноклинной фазы на изломе обеспечено в основном за счет перехода фазы $t_2\text{-ZrO}_2$ в моноклинную модификацию. Пребывание в жидком азоте и жидком гелии не приводит к утрате образцами целостности и появлению на их поверхностях трещин и микротрещин, а вызывает лишь небольшое увеличение количества моноклинной фазы.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ТЕРМОСТОЙКИЙ МУЛЛИТОКОРДИЕРИТОВЫЙ БЕТОН

© Д. г.-м. н. В. А. Перепелицын, А. М. Гороховский, М. Н. Дунаева
ОАО «Динур», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

Природный и синтетический кордиерит относится к числу редких минералов с аномально низким ТКЛР ($2,5 \cdot 10^{-6}/\text{град}$), определяющим высокую термостойкость керамических материалов. Однако кордиерит, являющийся алюмосиликатом магния $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$, имеет относительно низкую температуру инконгруэнтного плавления 1465 °С и не относится к числу огнеупорных соединений. Максимальная температура службы кордиеритовой керамики не превышает 1200 °С. Вместе с тем известны многочисленные попытки изготовления термостойких огнеупоров с использованием в качестве компонента синтезированного кордиерита. Целенаправленное регулирование свойств керамики и огнеупоров в настоящее время осуществляется методами фазового легирования, структурного модифицирования либо их сочетанием. Анализ современной диаграммы состояния системы $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ показал, что кордиерит в равновесных высокотемпературных условиях сосуществует с шестью соединениями: кремнеземом, корундом, шпинелью MgAl_2O_4 , энстатитом MgSiO_3 , муллитом $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ и сапфирином $4\text{MgO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ с температурой плавления, °С (ТКЛР, $10^{-6}/\text{град}$), соответственно 1728 (0,5–20,0), 2050 (5,7), 2135 (8,0), 1557 (10,2), 1890 (4,5) и 1475 (8,2). Для повышения термостойкости при достаточной огнеупорности бетона выбрано оптимальное сочетание кордиерита с муллитом.

В качестве модификатора термостойкой микроstructures использовали импортный синтетический кордиерит следующего химического состава, мас. %: SiO_2 50,4, Al_2O_3 34,4, Fe_2O_3 0,59, CaO 0,17, MgO 14,1. По данным рентгенофазового анализа минеральный состав представлен одним кордиеритом стехиометрического состава $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$. Под микроскопом видно, что в материале присутствуют небольшие примеси остаточного корунда и стеклофазы (в сумме не более 2,3 мас. %). Кордиерит фракций 1–3 и 3–5 мм имеет следующие свойства: кажущаяся плотность 1,74 и 1,84 г/см³, открытая пористость 25,6 и 33,0 %, закрытая пористость 3,0 и 6,9 % соответственно.

С использованием кордиерита изготовлен низкоцементный муллитокремнеземистый бетон следующего химического состава, мас. %: SiO_2 36,3, Al_2O_3 54,4, Fe_2O_3 1,8, R_2O 0,23, CaO 1,7, MgO 2,9, TiO_2 1,7. Минеральный состав бетона после сушки, мас. %: муллит 56, кордиерит 8,2, корунд 6,5, анортит 6,3, кристобалит 1,9, рутил 1,5, гидроалюминаты кальция 4–5, алюмосиликатное стекло 15,0. Физические свойства бетона: предел прочности при сжатии 45–48 МПа, открытая пористость 20,3–21,3 %, кажущаяся плотность 2,26–2,29 г/см³, температура начала размягчения под нагрузкой 1550 °С, огнеупорность 1730 °С, теплопроводность при 400 °С 0,72 Вт/(м · К), при 600 °С 0,95 Вт/(м · К), при 800 °С 0,99 Вт/(м · К), при 1000 °С 1,12 Вт/(м · К), термостойкость более 20 теплосмен (1300 °С – вода). После испытания на термостойкость согласно ГОСТ 7875 образцы бетона не изменили исходные размеры и форму, не имели никаких внешних дефектов, макро- и микротрещин, сохранили высокий предел прочности при сжатии (34,7 МПа). Практически не изменились открытая пористость (21,0–21,1 %) и кажущаяся плотность (2,26–2,29 г/см³).

Как известно, термостойкость огнеупоров является особо чувствительным физическим свойством, зависимым одновременно как от фазового (минерального) состава, так и от микроstructures всех порядков (от нано- до макроустройства). Результаты петрографических исследований показали, что микроstructure и минеральный состав бетона после 20 теплосмен сохранились почти без заметных изменений. Микроstructure представлена развитым непрерывным тонкокристиаллическим сростком муллита, в котором все другие второстепенные минералы образуют дискретные микровключения в муллитовом каркасе. Высокая термостойкость обусловлена полиминеральным составом с различными значениями ТКЛР. Рядом специфических особенностей микроstructures огнеупора объясняются также его высокая для такого вещественного состава термopрочность, отсутствие разупрочнения даже после 20 термоциклов и необычно высокая температура

начала размягчения под нагрузкой — 1550 °С при содержании Al_2O_3 всего 54,4 мас. %.

В результате исследований разработан термостойкий муллитокордиеритовый бетон для изготовления горелочных камней и других изделий для тепловых агрегатов,

подверженных резкому перепаду температур. Максимальная температура службы бетона 1550 °С. Бетон показал высокую устойчивость структуры к высокотемпературному старению при 1400 °С в течение 30 сут при трехкратных циклах нагрев – охлаждение на воздухе.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ПОВЫШЕНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ ПЛАВЛЕННЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ $MgO-Al_2O_3$

© Д. г.-м. н. В. А. Перепелицын, А. М. Гороховский, А. В. Федоровцева, Л. А. Карпец
ОАО «Динур», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

Рассмотрены практические вопросы способов повышения термостойкости (ТС) ряда плавленных материалов, получаемых в промышленных условиях в ОАО «Динур». Согласно функциональной классификации всех физико-химических свойств и технических характеристик огнеупоров известно, что ТС является наиболее сложным физическим свойством (точнее, характеристикой), величина которого в различной степени определяется как фазовым (минеральным) составом, так и многочисленными параметрами микроструктуры всех порядков (масштабов от нано до макро) материала. В прикладном материаловедении, являющемся базовой основой для разработки новых огнеупоров высокой износоустойчивости, практическая формула ТС в упрощенном виде выглядит следующим образом:

$$ТС = f(M, S) = \frac{\sigma \lambda}{\alpha E},$$

где M — минеральный (фазовый) состав, включающий макро- (механические) и микропримеси (изоморфные, твердые растворы и продукты их распада); S — совокупность текстурно-структурных критериев различных порядков (масштабов) строения; σ — предел прочности материала в целом и всех его структурных составляющих; λ — теплопроводность в фиксированном температурном интервале; α — ТКЛР; E — модуль упругости образца.

Объектами исследования были кусковые образцы (80–100 мм) и монофракционные пробы (3–6 мм) плавленного корунда, легированного оксидами магния, титана, железа, кремния и нестехиометрической плавленной шпинели ($MgO \sim 36$ мас. %) в исходном состоянии и после окислительной термообработки при 1400, 1410 и 1600 °С в течение 5, 15 и 12 ч. Определение ТС выполняли по собственной разработанной в ОАО «Динур» методике путем количественной оценки соотношения сохранившихся и разрушенных зерен (< 3,0 мм) после термоциклирования. У всех материалов также были определены открытая пористость, кажущаяся плотность, минеральный состав и микроструктура до и после высокотемпературного обжига по различным термовременным режимам.

В результате экспериментальных исследований установлены следующие общие закономерности влияния вещественного состава и микроструктуры на ТС в

условиях одинакового режима термообработки плавленных материалов.

1. В серии легированных корундов наибольшее повышение ТС имеет комплексно-легированный электрокорунд, имеющий наиболее сложный минеральный состав. Наименьшее увеличение ТС показал магниевый корунд, имеющий минимальное содержание легирующей добавки. Титанистый корунд по приросту ТС занимает промежуточное положение.

2. Алюмомагнезиальная нестехиометрическая шпинель имеет минимальное положительное изменение ТС исключительно в образцах (80–100 мм) и только в условиях длительного обжига в туннельной печи при максимальной температуре 1410 °С.

3. С повышением температуры обжига с 1400 до 1600 °С ТС разновидностей электрокорунда изменяется различным образом. При этом комплексно-легированный и магниевый корунды снижают ТС соответственно в 1,9 и 1,4 раза, а титанистый корунд, наоборот, повышает ТС (1,2 раза).

4. С увеличением продолжительности термообработки в куске при 1400 °С ТС и другие физические свойства изменяются в лучшую сторону, но менее интенсивно, чем в зернистом виде.

5. Исходная открытая пористость в зерне (3–6 мм) примерно в 2,0–2,5 раза меньше, чем в кусковых образцах. При обжиге в зерне пористость титансодержащих электрокорундов возрастает в 1,5–2,7 раза, а в кусковых образцах остается практически без изменения.

При термообработке во всех образцах (кроме шпинели) происходят многочисленные фазовые и структурные превращения, особенно в образцах комплексно-легированного и титанистого корунда. Фазово-структурные превращения вызывают существенное изменение всех свойств, а также осветление окраски материала. К числу главных фазовых превращений относятся: окисление низших оксидов титана и последовательный переход их в рутил ($2TiO + 0,5O_2 \rightarrow Ti_2O_3$, $2Ti_2O_3 + 0,5O_2 \rightarrow TiO_2$); распад твердого раствора $(Al, Ti)_2O_3$ с выделением импрегнатов (микровключений) рутила в кристаллах корунда $(Al, Ti)_2O_3 + 0,5O_2 \rightarrow Al_2O_3 + TiO_2$; синтез вторичного титалита в виде микровключений в кристаллах титанистого корунда: $Al_2O_3 + TiO_2 \rightarrow Al_2O_3 \cdot TiO_2$. Примесное металлическое железо окисляется последовательно в ряд стадий: $Fe \rightarrow$

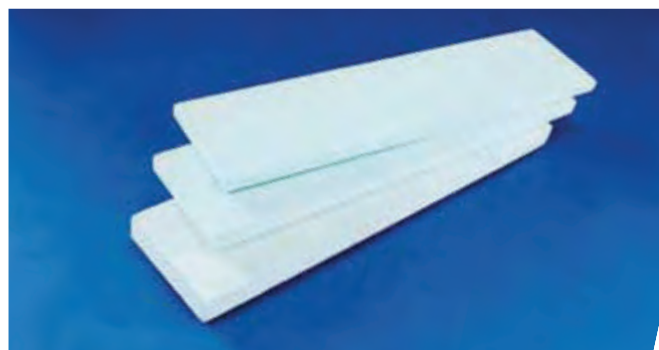


ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

ЗАО НПП «Изомат» уже 17 лет работает на российском рынке теплоизоляционных материалов, производит и продает широкий ассортимент продукции из керамического волокна и позиционируется все эти годы не только как динамически развивающаяся промышленная организация, но и как научно-исследовательский центр, который занимается разработкой новых и усовершенствованием практикуемых профильных материалов из волокна.



РЕКЛАМА



Наиболее широкий ассортимент компании на сегодняшний день составляют теплоизоляционные одеяла и изделия из него. Исключительные теплотехнические характеристики в сочетании с высокой механической прочностью, гибкостью, упругостью делают одеяла незаменимым материалом в отраслях промышленности, связанных с высокими температурами, термообработкой, теплоизоляцией, а также в производстве печей и котлов различных типов.

Волокнистые материалы сочетают в себе высокотемпературные, огнеупорные и изоляционные свойства.

Виды продукции из керамического волокна:

- Теплоизоляционные одеяла
- Бумага и фетр
- Плиты теплоизоляционные
- Сыпучие волокна
- Мастики, клеи, цементы, покрытия
- Формованные изделия
- Шнуры, ленты, ткани
- Модули Prismo-Block

Применение:

- Материал для производства модульных блоков
- Футеровка промышленных печей
- Теплоизоляция котлов, газоходов
- Теплоизоляция при снятии напряжений сварных швов
- Высокотемпературные прокладки
- Заглушки для алюминиевой промышленности
- Теплоизоляция высокотемпературных трубопроводов
- Многоцветная изоляция паровых и газовых турбин
- Гибкая трубная изоляция
- Фильтрующие элементы для использования при высоких температурах
- Блоки горелок
- Желоба для разлива расплавов металлов

Преимущества:

- низкая теплопроводность и малая теплоемкость
- устойчивость к перепадам температур
- малый вес
- высокая прочность и долговечность
- простота монтажа и низкие трудозатраты
- устойчивость к эрозии и пламени
- стабильная плотность и малая усадка
- большой диапазон толщин

Официальный представитель
мирового лидера —
компании



производящей высокотемпературную
керамическую волокнистую изоляцию



Россия, 141506, Московская обл., г. Солнечногорск, ул. Революции, д. 3
Тел./ факс: +7 495 994-39-09, +7 495 988-40-49, +7 4962 64-68-88
www.izomat.ru, info@izomat.ru

→ FeO → Fe₃O₄ → Fe₂O₃. Примесная стеклофаза начинает плавиться при 1400 °С, а при 1600 °С имеет низкую вязкость и мигрирует на поверхность кусков и зерен комплексно-легированного корунда. При длительной термообработке, особенно при 1600 °С, происходит тер-

мическая деструкция β-глинозема вследствие испарения Na₂O и превращения этого соединения в корунд. Таким образом, повышение ТС плавящихся материалов обусловлено фазово-структурными изменениями и осуществляется только при оптимальных режимах термообработки.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

СИНТЕЗИРОВАННЫЕ КОРУНДСИАЛОНСОДЕРЖАЩИЕ ОГНЕУПОРЫ С ДОБАВКОЙ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

© Д. т. н. В. В. Примаченко, к. т. н. В. В. Мартыненко, к. т. н. Л. А. Бабкина, к. т. н. Л. К. Савина,
к. г.-м. н. Н. Г. Привалова
ПАО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина

В ПАО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» исследовано влияние количества добавки ферросилиция на образование в корундовых огнеупорах сиалона и свойства корундовых огнеупоров на сиалонсодержащей связке. Установлено, что добавка ферросилиция в оптимальном количестве способствует более полному протеканию реакции образования сиалона со снижением количества остаточного кремния в огнеупоре и при примерно равной пористости огнеупора обеспечивает повышение его прочности (примерно на 27 %).

Освоена технология изготовления корундовых изделий на сиалонсодержащей связке с добавкой ферросилиция. Изделия после обжига при 1560 °С в среде газообразного азота характеризуются следующими показателями (средние значения): массовая

доля Al₂O₃ 79,3 %, N 6,1 %, Si_{своб} 0 %, открытая пористость 15,0 %, кажущаяся плотность 3,00 г/см³, предел прочности при сжатии 140 МПа, температура деформации под нагрузкой 0,2 МПа выше 1750 °С, термостойкость (1300 °С – воздух) более 25 теплосмен. Опытная партия корундовых огнеупоров на сиалонсодержащей связке с добавкой ферросилиция (плиты размерами 520 × 450 × 40 мм) была поставлена на ПАО «УкрНИИ Технологии Машиностроения» для испытания в термической печи и в настоящее время находится в эксплуатации. Учитывая высокие служебные свойства, в частности прочность и термостойкость, разработанные огнеупоры рекомендуются для службы при температуре до 1600 °С. По показателям свойств они находятся на уровне мировых аналогов.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

МУЛЛИТОКОРУНДОВАЯ НАБИВНАЯ МАССА С ДОБАВКОЙ ПЫЛЕВИДНОГО КВАРЦА ДЛЯ ФУТЕРОВКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

© Д. т. н. В. В. Примаченко, к. т. н. В. В. Мартыненко, к. т. н. Л. А. Бабкина, к. т. н. И. В. Хончик,
Л. Н. Никулина
ПАО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина

В ПАО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» исследовано влияние добавки пылевидного кварца марки А (< 50 мкм) на свойства муллитокорундовой набивной массы. Установлено, что использование добавки пылевидного кварца марки А обеспечивает значительное увеличение предела прочности при сжатии образцов, изготовленных из набивной муллитокорундовой массы: примерно в 1,5–1,7 раза после обжига при 1100 °С и в 1,3–1,4 раза после обжига при 1580 °С. Показатели физико-химических свойств разработанной массы: Al₂O₃ не менее 90 %, SiO₂ 3,2–5,0 %, P₂O₅ 2,5–3,5 %, Fe₂O₃ не более 1,0 %, зерновой состав — фракция

мельче 3 мм, предел прочности образцов при сжатии после обжига при 1100 и 1580 °С 80 и 97 МПа соответственно.

В институте организовано изготовление набивной муллитокорундовой массы с добавкой пылевидного кварца. Масса рекомендуется для футеровки индукционных канальных печей плавки и выдержки чугуна, агрегатов МДН (магнитодинамических насосов), подин нагревательных печей с шагающим подом, имеющих большие удельные нагрузки на подовые балки, шлаковых поясов и гнезд сталеразливочных ковшей, подвергающихся жестким условиям эксплуатации.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ПРИМЕНЕНИЕ В УСТАНОВКАХ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВЫСОКООГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАВЛЕННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ОКСИДОМ ИТТРИЯ

© Д. т. н. В. В. Примаченко, к. т. н. В. В. Мартыненко, к. т. н. И. Г. Шулик, к. т. н. Т. Г. Гальченко,
Е. Б. Процак
ПАО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина

В ПАО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» разработана технология и организовано производство высокоогне-

упорных изделий из плавленного диоксида циркония, стабилизированного 8–11 и 22–25 мас. % Y₂O₃, в виде

тиглей, крышек, цилиндров, сегментов, плит, подставок, колец с замковым соединением, дисков с замковым соединением, сегментов с замковым соединением 34 типоразмеров для установок выращивания монокристаллов александрита, форстерита, алюмомагнезиальной шпинели, а также изделий в виде сегментов 8 типоразмеров для установок выращивания лейкокапфилов. Производимые в виде опытных партий изделия характеризуются высокими показателями свойств (см. таблицу).

Изделия успешно служат в высокотемпературных установках выращивания монокристаллов на предприятиях Украины, Российской Федерации, Республики Беларусь, Канады, Республики Корея, обеспечивая выращивание качественных монокристаллов и длитель-

Показатели	Изделия, стабилизированные	
	8–11 % Y_2O_3	22–25 % Y_2O_3
Массовая доля, %:		
$ZrO_2 + HfO_2$	87–91	73–77
Fe_2O_3	0,3	0,3
Открытая пористость, %, не более	25	25
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	35	45
Дополнительная усадка после обжига при 2100 °С, %	Не более 1	

ный срок службы изделий в вакууме при температуре около 2200 °С.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ В ТЕХНОЛОГИИ MgO–C-МАТЕРИАЛОВ

© Д. Т. Н. Г. Д. Семченко, В. В. Повшук, К. Т. Н. Д. А. Бражник, К. Т. Н. О. Н. Борисенко, Н. В. Евдокимова, А. А. Литовченко

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Известно, что присутствие наноразмерных элементов структуры керамических материалов обеспечивает получение наиболее высокого уровня показателей их физико-механических свойств. Изготовление огнеупорных материалов полностью из наночастиц не только нереально, но и экономически нецелесообразно, однако использование незначительного количества добавок наночастиц практически возможно и может значительно повлиять на свойства огнеупорных материалов. Установлено, что 1–5 % наночастиц армирующего компонента равномерно распределяется в матрице из более крупных фракций наполнителя и в значительной мере участвует в управлении свойствами материала на участках контакта наночастиц между собой и с более крупными частицами наполнителя. Результаты экспериментов показали, что присутствие наночастиц в углеродистой связке периклазоуглеродистых огнеупоров в виде аморфного кремнезема (в количестве 0,25–0,35 %) вдвое улучшает прочностные характеристики термообработанных при 180–200 °С периклазоуглеродистых материалов. Синтезирующиеся в службе наночастицы β -SiC из модифицированной тетраэтоксисилом фенолоформальдегидной смолы, армирующие скокованную углеродистую связку, увеличивают высокотемпературную прочность и шлакоустойчивость, уменьшают окисление благодаря присутствию в синтезированном материале антиоксиданта в виде наночастиц SiC.

Учитывая то, что в качестве антиоксиданта могут использоваться разные металлы, в том числе Mg, Al, Si, Ni, была рассмотрена возможность дополнительного введения антиоксиданта в виде наночастиц никеля в периклазоуглеродистые материалы. Изучено влияние неорганических и синтезированных органических пре-

курсоров никеля в виде солей лимонной и щавелевой кислот на процесс модифицирования фенолоформальдегидной смолы и их влияние на физико-механические свойства материала после термообработки при 180 °С. Изучены способы синтеза прекурсоров, намечены пути их введения в шихту, в том числе прямо на графит и в модифицированную тетраэтоксисилом жидкую фенолоформальдегидную смолу; изучена разница влияния органических и неорганических прекурсоров никеля на свойства материала. Установлены физико-химические процессы превращения полученных прекурсоров. Показано, что их термодеструкция и превращение в Ni и NiO происходят выше температуры термообработки периклазоуглеродистых огнеупоров после прессования, которая составляет всего 180–200 °С, т. е. в службе. Присутствие уротропина в углеродистой связке способствует превращению Ni^{2+} в Ni. Образованные наночастицы Ni распределены равномерно в самой скокованной углеродистой связке, покрывающей однородным слоем чешуйки графита. В процессе разлики стали Ni будет окисляться, защищая графит от окисления. Установлено оптимальное количество добавки солей никеля для улучшения прочностных характеристик периклазоуглеродистых материалов. Откорректирована технология изготовления периклазоуглеродистых огнеупоров при использовании органических и неорганических солей никеля и способов их введения при модифицировании разных компонентов шихты.

Исследована шлакоустойчивость периклазоуглеродистых огнеупоров с различными наночастицами в углеродистой связке из отечественной фенолоформальдегидной смолы, имеющей экологические преимущества по сравнению с другими фенолоформальдегидными смолами из-за меньшего содержания фенола. Использо-

вание элементов золь-гель технологии при модифицировании фенолоформальдегидной смолы способствует синтезу наночастиц SiC и Ni, улучшающих физико-механические свойства периклазоуглеродистого материала и повышающих его шлакоустойчивость. Благодаря

созданию на поверхности футеровки несмачивающейся пленки, насыщенной наночастицами, шлак не смачивает поверхность материала и не проникает внутрь, что должно увеличить срок эксплуатации футеровки из разработанных модифицированных огнеупоров.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ МАСС НА ОСНОВЕ ВЫГОРАЮЩЕЙ ДОБАВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

© Д. т. н. **В. Н. Соков**, к. т. н. **С. Д. Сокова**, **А. А. Солнцев**

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет)», Москва, Россия

На протяжении многих десятилетий наука о высокопористых огнеупорах решает актуальные задачи — максимально снизить энергозатраты на испарение формовочной смеси, сократить сроки ее тепловой обработки, снизить усадку при сушке и повысить качество изделий путем удаления излишка воды, добавляемой в формовочную смесь для придания ей необходимой текучести (подвижности). На определенном этапе развития исследований был предложен ряд приемов и способов, снижающих исходную формовочную влажность масс (вибрация, экструзия, введение химических добавок и т. п.). Авторами предложен иной подход к решению данной проблемы, основанный на гипотезе интенсивного удаления избыточной влаги не испарением, а принудительным отжатием, путем теплосилового воздействия на подвижные минерально-полистирольные системы, заключенные в жестком перфорированном объеме. В этом случае определяющим становится не начальное, а оставшееся влагосодержание после удаления избыточной воды из масс.

Суть способа заключается в следующем. В лопастную мешалку засыпают предварительно подвешенный полистирол, туда же заливают воду затворения, засыпают сухие компоненты и все это перемешивают. Готовую формовочную смесь влажностью 40–50 % заливают в жесткую перфорированную форму, закрывают крышкой и подвергают тепловой обработке. Выше 80 °С полистирол начинает вспениваться. В результате развиваемых усилий удаляется до 70–80 % жидкости; на такой же объем уплотняется вся система. После окончания вспенивания полистирола форма открывается и сырец на поддоне отправляется на кратковременную досушку и обжиг. В качестве генератора давления в самоуплотняющейся системе принят вспенивающийся бисерный полистирол фракции № 5 (полистирольная пыль-отсев при производстве бисерного полистирола).

Авторы изменили природу уплотняющего компонента и перешли на выгорающую добавку растительного происхождения. Такая добавка в отличие от полимерной воспроизводима, а значит, неисчерпаема. Известно, что на технологические факторы, структурные и физико-технические свойства изделия влияют геометрическая форма зерен и их удельная поверх-

ность. Первый фактор определяет расход минерального компонента, необходимый для создания монолитного каркаса, второй — общую пористость системы. Таким условиям может удовлетворить добавка правильной сферической формы с минимальной поверхностью (шероховатостью). Таким условиям удовлетворяет и новая добавка. Она нерастворима в воде, а при использовании энергии электрогидротеплосилового поля увеличивается в объеме, создавая прессующее внутреннее давление до 0,3 МПа. Активная добавка не требует предварительной обработки, как это предусмотрено в технологии с применением полистирола (предвспениватель исходного бисерного полистирола).

Несомненным преимуществом метода введения активной выгорающей добавки растительного происхождения является использование форм без перфорации, что полностью устраняет вынос с водой отжатия твердых компонентов. Эта особенность позволяет получать теплоизоляционные огнеупоры из чистых глин. Содержание глины в шихте значительно определяет прочностные показатели изделия. Однако ее технологические свойства, и в первую очередь высокая воздушная усадка, определяют необходимость формирования в формовочной массе жесткого каркаса. Это достигается введением в шихту отошающих добавок, роль которых в алюмосиликатных огнеупорах выполняет шамот. Увеличение его содержания в шихте снижает конечную прочность изделий, повышает их среднюю плотность, удельный расход топлива и электроэнергии (обжиг и помол глины на шамот). Основным препятствием при изготовлении бесшамотных теплоизоляционных изделий является очень высокая сила связи влаги с глинистыми частицами. Поэтому при прогреве самоуплотняющихся глинополистирольных масс в замкнутых перфорированных формах вместе с влагой через перфорацию уходит и глина. Особенно явно это наблюдается при форсированном электропрогреве. Техническая сущность нового подхода та же, что и в прототипе, только применяется «закрытая конструкция» формы.

Опытные изделия бесшамотных теплоизоляционных материалов плотностью 400 кг/м³ имеют предел прочности при сжатии 1,7 МПа. Изделия сочетают в себе достоинства материала на основе пены и техноло-

гичность метода выгорающих добавок. После обжига шлифовка и обрезка обожженных изделий не требуется, так как они имеют четкие грани и ребра. Экономический эффект складывается из следующих составляющих: исключение из технологической схемы шамотно-приготовительного конвейера (с помолотом на фракции);

переход от многокомпонентных систем к двухкомпонентным; исключение шлифовки и обрезки изделий (улучшение экологической обстановки на предприятии); интенсификация производственного процесса и уменьшение энергетических затрат; ликвидация сушильного отделения.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ОГНЕУПОРОВ

© Д. т. н. С. А. Суворов, к. т. н. В. В. Козлов

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Санкт-Петербург, Россия

Образующийся в огнеупорах при термических и химических превращениях фенолоформальдегидных (фенолофурфурольных) полимеров коксовый остаток формирует с минеральным наполнителем пространственное распределение фаз (структуру), которое преимущественно определяет свойства периклазоуглеродистых изделий. Компоненты и параметры реализации фазового состава и свойств огнеупора должны обеспечивать предельно высокий выход прочного кокса при карбонизации связки. Для этого необходимо уже на начальных стадиях термообработки уменьшить разрыхление и окисляющее воздействие огнеупорного наполнителя на формирующийся углеродистый остов полимера.

Применение спеченного периклазового наполнителя по сравнению с плавным периклазом приводит к значительному (в 1,5 раза) снижению прочности углеродистого каркаса на стадии карбонизации. Это вызвано окислением углеродистого полимера газами, адсорбированными поверхностью, продуктами дегидратации и декарбонизации наполнителя. Поэтому для уменьшения разрыхления и разупрочнения структуры периклазоуглеродистых изделий в производстве необходимо использовать высокообоженные плотные порошки или порошки из плавного периклаза.

Формирование связующего материала с высоким коксовым остатком должно быть дополнено плотной структурой углеродистого ненапряженного остова. Плотный углеродистый остов продукта карбонизации связки и введение графита позволяют уменьшить отрицательные воздействия на прочность процесса окисления и разрыхления структуры. Вместе с тем с увеличением количества графита в огнеупоре его прочность при коксовании уменьшается, но не столь значительно, как в композициях периклаз – феноло-

формальдегидная смола. Разрыхление оксидным наполнителем структуры полимерной матрицы за счет карботермических реакций изменяет не только прочностные показатели огнеупора, но и поведение его в условиях воздействия окислительной среды. Окисление углеродистой составляющей огнеупора кислородом воздушной среды и оксидным наполнителем приводит к деградации структуры и свойств вплоть до полной потери прочности.

Планированием эксперимента определены области составов, образующих наиболее плотную структуру и повышенную прочность образцов периклазоуглеродистого состава. Периклаз повышает вязкость фенолоформальдегидного пластификатора, что не способствует увеличению плотности структуры, в результате чего возрастает пористость, но повышается прочность огнеупора. Графит способствует уменьшению напряжений, возникающих в структуре формирующегося углеродистого остова и в процессе сшивки цепей углеродистого полимера. В результате этого прочность сырца во времени возрастает с 20 МПа через 1 сут до 80 МПа через 3 сут. Однако при переходе углеродистого пластификатора во вторую стадию отверждения после точки гелеобразования уменьшается число углерод-углеродных связей, образующихся в процессе отверждения между пленками полимера. Соответственно, снижается прочность термообработанных периклазоуглеродистых огнеупоров. Деградация структуры и характеристик ее прочности, плотности, предопределяющих ресурсные возможности успешной эксплуатации периклазоуглеродистых огнеупоров, значительно уменьшается при использовании металлоорганических поликарбонатов. Положительный эффект на свойства поликарбонатов превосходит благоприятное влияние металлического алюминия и карбида бора.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ТЕРМОСТОЙКИЕ ЦИРКОНИЕВЫЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ЧСДЦ

© Д. т. н. С. А. Суворов¹, к. т. н. В. И. Румянцев², к. т. н. Н. Ю. Кораблёва²

¹ ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Санкт-Петербург, Россия

² ООО «Вириал», Санкт-Петербург, Россия

Огнеупорные изделия из частично стабилизированного диоксида циркония (ЧСДЦ) относятся к числу

востребованных для металлургических производств. Проведено комплексное исследование и разработана

Стабилизация диоксида циркония	$\rho_{\text{каж}}$ г/см ³	$P_{\text{отж}}$ %	Диаметр пор, мкм		$\sigma_{\text{изг}}$ МПа	HV , ГПа	$K_{1\sigma}$ МПа · м ^{1/2}
			средний	максимальный			
Совмещенная с обжигом	5,2	5,3	6	55	215 ± 14	6,3	5,6
Раздельная	5,3	4,8	6	60	252 ± 24	6,3	4,7
Зарубежный аналог	4,9	7,2	6	58	105 ± 16	3,4	1,6

технология изделий из ЧСДЦ с высоким уровнем показателей физико-технических свойств и вовлечением в производство отечественного сырья — ковдорского бадделеита. При этом обеспечиваются эффективность производства вставок стаканов-дозаторов и перспектива импортозамещения продукции из ЧСДЦ для непрерывной разливки стали.

При совмещении в одном процессе стабилизации диоксида циркония оксидом магния и обжига изделий (совмещенная стабилизация) образуется преимущественно тетрагональная модификация ZrO_2 , при раздельной стабилизации обеспечиваются заданные соотношения кубической и моноклинной форм. В этих случаях достигаются высокие показатели свойств изделий из ЧСДЦ (см. таблицу).

Разработана и обоснована комплексная технологическая схема изготовления изделий из ЧСДЦ, включающая стабилизацию диоксида циркония, подготовку шихты, формование, спекание, калибровку изделий, позволяющая выпускать различные виды изделий: вставки стаканов-дозаторов, тигли, мелющие тела. Методом конечных элементов показано, что оптимизированная толщина стенки вставки стакана-дозатора из ЧСДЦ должна составлять 8–10 мм, что обеспечивает безопасный уровень предельной интенсивности термических напряжений при эксплуатации изделий — менее 50 МПа.

Для гидростатического прессования изделий из ЧСДЦ различной конфигурации разработана методика расчета размеров пресс-форм и масс навесок, обеспечивающая соблюдение жестких требований

по форме и размерам сталевогопускного канала стакана-дозатора, а также технических характеристик изделий. Решающим условием изготовления огнеупорных изделий из ЧСДЦ сложной и точной формы, отличающихся стабильными высокими значениями показателей физико-технических свойств, является соблюдение установленных пределов значений гранулометрического состава, влажности пресс-порошка из ЧСДЦ и режима обжига в воздушной атмосфере.

Заводские испытания вставок стаканов-дозаторов проводили на 6-ручье МНЛЗ Нижнесергинского метизно-металлургического завода. Изделия устанавливали на всех разливочных узлах, в том числе на крайних, в зоне максимального термонапряженного состояния. Длительность непрерывного процесса разливки достигала 18 ч (21 плавка). Стаканы-дозаторы работали в условиях разливки спокойных и кипящих низкоуглеродистых марганецсодержащих сталей. Вставки стаканов-дозаторов опытных партий обеспечивали штатную серийность, задаваемую технологическим процессом. Увеличения скорости разливки выше критического уровня и, соответственно, интенсивного размывания канала стакана, в том числе на сериях до 21 плавки, не происходило; изменения скорости разливки соответствовало инструкции. Износ канала опытных стаканов-дозаторов составил 0,02–0,04 мм/плавку, что не превышало предельно допустимых значений и находилось на уровне показателей импортных стаканов-дозаторов, испытанных в аналогичных условиях.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОРУНДОЦИРКОНИЕВЫЕ ОГНЕУПОРЫ

© Д. т. н. С. А. Суворов, к. т. н. И. А. Туркин, к. т. н. К. А. Сперанская

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Санкт-Петербург, Россия

Корундоциркониевые материалы находят все большее применение в технике высоких температур благодаря способности работать в условиях механических, химических и других нагрузок. Научно-технической проблемой остается стабильность высоких показателей механических характеристик материалов конструкционного назначения, в том числе корундоциркониевых материалов. Высокотемпературные неметаллические материалы конструкционного назначения в виде изделий имеют значительный разброс показателей физико-механических свойств из-за макро- и

микродефектов, прежде всего на границах раздела фаз кристаллов и на поверхности изделий. Создание нового поколения корундоциркониевых материалов с привлечением способов эффективного управления состоянием межзеренной фазы поликристаллического тела может быть признано перспективной научно-технической задачей.

Изучены формирование микроструктуры корундоциркониевого материала под воздействием электромагнитного поля (ЭМП) СВЧ-диапазона и технология термообработки изделий нагревом внутренними источ-

никами тепла. Исследованы закономерности и параметры трансформаций, возникающих при воздействии ЭМП СВЧ-диапазона на фазы корундоциркониевого материала. Взаимодействие частично стабилизированного диоксида циркония с переменным электромагнитным полем СВЧ-диапазона приводит к декристаллизации ZrO и в композициях с оксидом алюминия обеспечивает формирование функционально-самоорганизованной наноструктуры поликристаллического тела. Нагрев поликристаллических корундоциркониевых материалов в ЭМП СВЧ-волн обеспечивает снижение кристаллических дефектов микроструктуры за счет взаимосвязанного пространственно-временного

взаимодействия электромагнитного и тепловых полей, что повышает сопротивление наноструктурированного материала зарождению и распространению трещин.

Получены изделия корундоциркониевого состава с наноструктурой, организованной по принципу упрочнения корундовой матрицы наноструктурной циркониевой фазой ($\sigma_{изг}$ 1200–1300 МПа, HV 17–19 ГПа, модуль Вейбулла 14–15, K_{IC} 24–28 МПа · м^{1/2}).

* * *

Полученные результаты были достигнуты в рамках государственного задания Минобрнауки России.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫЕ ТИАЛИТОМУЛЛИТОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ С ЛАБИЛЬНОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ

© Д. т. н. С. А. Суворов, к. т. н. В. Н. Фищев, А. Н. Игнатъева, к. т. н. Н. В. Арбузова
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Санкт-Петербург, Россия

Разработаны термостойкие высокоглиноземистые материалы на основе тиалита и природного высокоглиноземистого сырья, характеризующиеся близким к нулю ТКЛР в пределах от $3,5 \cdot 10^{-7}$ до $5 \cdot 10^{-7}$ 1/К и микроструктурой, способной к саморегулированию под действием циклических термических воздействий и пиковых термических нагрузжений. Способ синтеза композиционных материалов влияет на показатели спекания композиций. Образцы, полученные однократным обжигом из смеси оксидов алюминия и титаната с минералом группы силлиманита, обладают повышенными показателями физико-механических свойств по сравнению с образцами, улучшенными через предварительный синтез тиалита. Увеличение содержания минерала группы силлиманита в составе композиции независимо от способа синтеза материала ведет к улучшению показателей механических свойств, но одновременно приводит к повышению ТКЛР.

Методом моделирования термонапряженного состояния рассчитаны термические напряжения, возникающие в огнеупорных изделиях в форме стержня и трубки с разной толщиной стенки. Показано, что термические напряжения, возникающие в изделиях

из высокоглиноземистых тиалитомуллитовых материалов, на 90 % ниже, чем у муллитокремнеземистых изделий с близким содержанием оксида алюминия. Структура разработанных материалов из тиалита алюминия и муллита обладает лабильностью, т. е. функциональной возможностью самоорганизованного перехода к более стабильному состоянию при воздействии внешних циклических нагрузжений и термоударах до 1300 °С. Физико-технические показатели свойств тиалитомуллитовых огнеупоров приведены ниже:

$\rho_{каж}$, г/см ³	2,98–3,02
$\rho_{обж}$, %	13,9–15,0
λ , Вт/(м · К)	2,90–2,93
λ после 3 теплосмен 1300 °С – вода, Вт/(м · К)	2,90–3,12
$\sigma_{сж}$, МПа	(160±10)–(195±10)
$\sigma_{сж}$ после 3 теплосмен 1300 °С – вода, МПа	(160±10)–(200±10)
E , ГПа	(51±5)–(54±5)
E после 3 теплосмен 1300 °С – вода, ГПа	(52±0,5)–(54±0,5)

* * *

Полученные результаты были достигнуты в рамках государственного задания Минобрнауки России.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

МУЛЛИТОЦИРКОНИЕВАЯ КЕРАМИКА, ПОЛУЧЕННАЯ ПЛАЗМЕННО-ИСКРОВЫМ СПЕКАНИЕМ

© Д. т. н. А. В. Хмельёв
Рижский технический университет, Институт силикатных материалов, г. Рига, Латвия

Один из наиболее широко распространенных способов получения плотной муллитокремнеземистой керамики, обладающей одновременно высокими показателями кажущейся плотности, степени спекания и механических свойств (предел прочности при сжатии и изгибе, твердость по Виккерсу), — традиционное спекание. В качестве исходных компонентов для получения такой кера-

мики традиционно используют смеси циркона ($ZrSiO_4$) и корундового порошка ($\alpha-Al_2O_3$), оксиды алюминия, кремния, циркона с добавкой оксида иттрия. В то же время традиционное спекание имеет ряд недостатков: развитие градиента температур в спекаемой смеси компонентов, неравномерность, неполнота спекания смеси компонентов, развитие процесса рекристаллизации

(роста зерен) в получаемом керамическом материале. Поэтому получить муллитциркониевую керамику с более высокими степенью спекания и механическими свойствами традиционным спеканием проблематично.

Наиболее подходящим методом для спекания муллитциркониевой керамики является плазменно-искровое спекание, обеспечивающее равномерный нагрев в объеме спекаемой смеси компонентов. Применение плазменно-искрового спекания, во-первых, решает проблемы, возникающие при традиционном спекании, во-вторых, позволяет сочетать некоторые технологические параметры в одном режиме спекания: температуру, давление на прессуемый порошок, среду спекания (вакуум) и плазменный разряд между частицами порошка. При этом можно получать керамические материалы из смеси оксидных порошков ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, SiO_2 , ZrO_2 , Y_2O_3), характеризующиеся наиболее высокими кажущейся плотностью (до $\sim 3,4 \text{ г/см}^3$) и степенью спекания (94 %) при максимальной температуре — 1450°C . Кроме того, полученные при такой температуре образцы показывают повышенные показатели предела прочности при сжатии (110 МПа) и твердости по Виккерсу (17,5 ГПа).

Однако для ускорения спекаемости и улучшения качественных характеристик получаемого керамического материала в качестве дополнительной добавки эффективно использовать компонент природного происхождения, например иллитовую глину.

Керамические образцы с добавкой глины обладают более высокими степенью спекания ($\sim 96\%$), пределом прочности при сжатии ($\sim 120 \text{ МПа}$) и твердостью по Виккерсу (18 ГПа). Это достигается за счет образования при спекании смеси компонентов с добавкой глины различных расплавов на основе легкоплавких эвтектик. Кроме того, улучшению механических свойств керамики способствует образование твердого раствора кубического ZrO_2 в присутствии добавки оксида иттрия.

Сочетание современных технологий спекания и компонентов природного происхождения (глины) не только способствует решению ряда проблем, связанных с механическими свойствами материала и улучшением технологических особенностей спекания, но и обеспечивает уменьшение финансовых затрат при получении керамического материала и снижение его себестоимости за счет дешевизны, распространенности, а значит, и доступности глины как компонента природного происхождения. Это особенно важно с учетом значительной энергозатратности при плазменно-искровом спекании и высокой себестоимости графитовой пресс-формы и пуансона. Таким образом, плазменно-искровым спеканием при сравнительно небольших затратах можно получить муллитциркониевый материал, обладающий большой конкурентоспособностью (если речь идет о рынках сбыта или получении материала в промышленных масштабах).

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ТЕХНОЛОГИЯ ОГНЕУПОРНЫХ ПРОФИЛЬНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

© Д. т. н. У. Ш. Шаяхметов, к. т. н. А. Р. Мурзакова, Э. А. Хайдаршин
ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, Россия

Керамические профилированные изделия, предназначенные для использования в конструкциях тепло-технического оборудования, чехлов для термпар с высокими прочностью и термостойкостью, востребованы промышленностью. Однако при изготовлении тонкостенных трубчатых и сложнопровольных изделий по традиционной технологии возникают определенные сложности, связанные с большими энергозатратами, значительным выходом бракованных изделий, сложностью выбора оптимальных параметров процесса в зависимости от типа сырья и т. д. На сегодняшний день разработка составов и способов их изготовления является актуальной задачей.

Основным видом оборудования в производстве стержней, профилей, трубок и капилляров из пластических керамических масс становятся поршневые прессы. Разработана линия для изготовления огнеупорных профильных изделий на основе композиционной керамики и неорганических связок. Для формования полуфабрикатов изделий применяли вакуумный пресс-экструдер, обеспечивающий высокие эксплуатационные характеристики и низкие показатели брака. При получении огнеупорных сложнопровольных из-

делий в качестве наполнителя применяли электрокорунд, алюмосиликатное сырье, тугоплавкие оксидные и бескислородные соединения, в качестве связующих — неорганические вяжущие системы, натриевое жидкое стекло, натриевую силикат-глыбу. Изготовлены огнеупорные профильные изделия на основе композиционной керамики, основные технические характеристики которых соответствуют лучшим образцам огнеупорных изделий, выпускаемых современными керамическими предприятиями.

Разработанная технология позволяет выпускать современные огнеупорные керамические профильные изделия, отличающиеся широкой номенклатурой и высокими потребительскими характеристиками при реализации возможности полной автоматизации и механизации производства. Предложенная линия для изготовления профильных изделий из керамики является перспективной по многим технологическим и экономическим показателям, в том числе по комплексу физико-технических характеристик и номенклатуре возможной продукции, которая может оказаться вне конкуренции на современном рынке изделий такого рода.

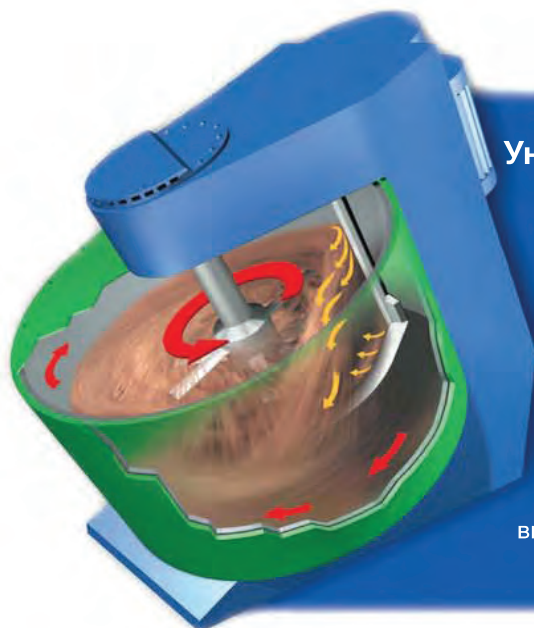
Техника смешивания огнеупорных материалов

Формованные изделия

- Пресс-массы для всех видов камней
- Массы для огнеупорного легковесного кирпича
- Горючие средства-пресс-массы
- Массы для изостатических прессов
- Массы для керамических фильтров

Неформованные изделия

- Сухие массы (напр. огнеупорный бетон)
- Пластичные массы
- Набивные массы
- Приготовление бетона для готовых деталей
- Растворы и шпатлевка



Уникальный принцип смешивания

Вращающийся смесительный резервуар
- Транспортировка смешиваемых масс

Скорость смесительного инструмента
варьируется от медленной до быстрой
- Смешивание

Как результат:
Разделение между транспортировкой смесей и процессом смешивания позволяет варьировать скорость смесительных инструментов (и тем самым варьировать внесение энергии в смесь) в широких пределах.



Данный принцип смешивания позволяет:

- Скорость смесительных инструментов может варьировать от медленной до быстрой.
- Внесение смешиваемой энергии в смесь может целенаправленно управляться
- При высокой скорости вращения смесительного инструмента
 - Волокна (синтетический материал, керамика, сталь) оптимально вmeshиваются
 - Аддитивы подмешиваются в очень малых количествах
- При средней скорости вращения смесительного инструмента достигается высокое качество смешиваемых масс
- При низкой скорости вращения смесительного инструмента легкие добавки вmeshиваются в щадящем режиме.

Преимущества:

- Процессы смешивания/скорости смешивания могут подходить для любой рецептуры
- Смеситель может смешивать и замешивать. Поэтому могут перерабатываться также пресс-массы для динасового кирпича без бегунов, пластичные / экструзионные массы можно получить без замешивания.

- Смеситель может смешивать и гранулировать. Возможно производство гранулята (для изостатических прессов или, как альтернатива, для термического окомкования).
- Возможна работа в среде защитного газа/обратная сушка гранул и масс в условиях вакуума
- Чистка работающего с сухими массами смесителя может осуществляться при помощи автоматического пневматического внутреннего очищающего устройства

Мнения клиентов фирмы Айрих:

- Результат смешивания: смешиваемые массы остаются неизменными, если смешивается даже небольшое количество материала — до 30 % номинального заполнения смесителя

Известные во всем мире производители работают со смесительной техникой фирмы Айрих. Охотно назовем Вам наши референции.

Фирма Айрих является партнером высших учебных заведений в области исследований.

Обратитесь к нам. Мы проинформируем Вас.

ООО «Айрих Машинентехник»

ул. Уржумская, 4, строение 2

129343 Москва, Российская Федерация

Телефон: (495) 7716880, факс: (495) 7716879

E-mail: info@eirich.ru, Internet: www.eirich.ru



EIRICH

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**ЖАРОСТОЙКИЕ БЕТОНЫ И РАСТВОРЫ НА ФОСФАТНЫХ СВЯЗУЮЩИХ
И ЗАПОЛНИТЕЛЯХ ИЗ ШЛАКА АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ХРОМА**© К. Т. Н. В. А. Абызов¹, д. э. н. В. М. Рывтин², С. И. Гильварг², Е. Н. Ряховский¹¹ ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия² ОАО «УК «РосСпецСплав», г. Екатеринбург, Россия

В нашей стране и за рубежом уделяется большое внимание исследованиям, связанным с разработкой и применением жаростойких бетонов на фосфатных связующих. Это объясняется тем, что бетоны на их основе применяются при температурах до 2000 °С, обладают повышенной термостойкостью, прочностью и сохраняют ее на высоком уровне при нагревании, хорошо сопротивляются агрессивным и истирающим воздействиям. Наиболее высокими жаростойкими свойствами обладают бетоны, приготовляемые на ортофосфорной кислоте и корундовых заполнителях. Для их затвердевания необходимо применять нагрев до 500 °С. При введении в состав бетонной смеси компонентов, содержащих Cr_2O_3 , стабильная связка образуется при нагревании до 100 °С. При разработке тяжелых и ячеистых жаростойких бетонов в качестве фосфатного связующего использовали ортофосфорную кислоту и жидкие связки алюмофосфатного, алюмохромфосфатного и алюмоборфосфатного составов. Тонкомолотые добавки, мелкий и крупный заполнитель готовили из шлака алюминотермического производства металлического хрома Ключевского завода ферросплавов следующего химического состава, мас. %: Al_2O_3 70–82, CaO 5–15, Cr_2O_3 5–12, MgO до 3. Огнеупорность шлака не ниже 1750 °С.

Были разработаны тяжелые жаростойкие бетоны средней плотностью 2500–2600 кг/м³ с пределом прочности при сжатии после затвердевания 25–35 МПа и температурой применения 1500–1700 °С. На

фосфатных связках, тонкомолотом шлаке с добавками шлакового заполнителя фракции мельче 5 мм разработаны ячеистые жаростойкие бетоны средней плотностью 600–1100 кг/м³ с пределом прочности при сжатии 3–12 МПа и температурой применения 1300–1500 °С. Прочность ячеистого бетона на шлаке металлического хрома в среднем в 1,5 раза выше, чем на корундовом заполнителе. На основе тонкомолотого шлака, добавок пластификаторов разработаны пластичные смеси, в которые перед применением вводили фосфатное связующее и после перемешивания до однородности раствор применяли по назначению.

Тяжелые и легкие жаростойкие бетоны, растворы на фосфатных связующих были применены при ремонтных работах на ТЭС (выполнение обмуровок, элементов теплоизоляции, амбразур горелок), в ООО «Монтажспецстрой» (горелочные камни и футеровка вагонеток для ОАО «Трубодеталь» взамен импортных футеровочных материалов), на металлургических заводах Екатеринбурга, Челябинска и Челябинской обл. (в футеровке котлов), в футеровке печей и агрегатов различного назначения в Новосибирске (элементы футеровки печей обжига носителя катализатора, а также тигли в ООО «Крона-СМ»), в Тюмени (взамен импортных огнеупоров сложной формы в футеровке камеры волокнообразования ЗАО «ТИСМА»), в Республике Башкортостан (ЗАО «Баштепломонтаж»). При этом достигнут значительный экономический эффект за счет снижения стоимости материалов и увеличения стойкости футеровки.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**ВНЕДРЕНИЕ ТОРКРЕТ-МАСС ДЛЯ СУХОГО ТОРКРЕТИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО СЛОЯ
ФУТЕРОВКИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КОВШЕЙ ККЦ ОАО ММК**

© И. Г. Афанасьев, Р. И. Абдрахманов, Н. Н. Корнев

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск, Россия

В настоящее время для разливы стали в ККЦ Магнитогорского металлургического комбината применяются промежуточные ковши вместимостью 45,0–47,5 т с рабочим слоем футеровки из штучных и неформованных материалов. В качестве неформованных материалов широкое распространение получили увлажняемые торкрет-массы периклазового состава с содержанием MgO более 80 %. Несмотря на меньшую трудоемкость при изготовлении торкрет-футеровок, чем футеровок из штучных изделий, футеровки из увлажняемых торкрет-масс имеют ряд существенных недостатков:

требуется значительное количество воды для увлажнения — 20–30 %; необходимо специальное оборудование для нанесения торкрет-слоя; длительная сушка (до 6 ч) после изготовления торкрет-слоя; увлажнение и охлаждение арматурного слоя футеровки при нанесении торкрет-слоя. Альтернативой этой технологии без вышеперечисленных недостатков является технология изготовления футеровки из сухих неувлажняемых масс. Преимущества такой технологии: полное исключение воды на увлажнение; сокращение затрат на закупку и содержание оборудования для торкрети-

рования; экономия энергоресурсов ввиду отсутствия необходимости сушки; сокращение времени и трудозатрат на проведение футеровочных работ; сокращение парка ковшей; повышение стойкости арматурного слоя футеровки; улучшение качества металла.

Сущность технологии сухого торкретирования заключается в следующем. В предварительно скантованный и очищенный промежуточный ковш с остаточной температурой арматурного слоя футеровки 280–350 °С устанавливают металлический шаблон, необходимый для формирования рабочего слоя стен, и центрируют его. Далее в течение 20–30 мин шаблон выдерживают в ковше до достижения им температуры 100–150 °С. Затем в зазор между шаблоном и арматурным слоем футеровки из биг-бэгов засыпают торкрет-массу. После засыпки стен шаблон выдерживают в ковше для связывания торкрет-массы. Для определения выдержки можно использовать специальную диаграмму; обычно выдержка составляет от 30 до 60 мин. По окончании выдержки из ковша с готовой футеровкой стен извлекают шаблон, устанавливают перегородки, пороги, турбостоп и засыпают рабочий слой подины.

По такой технологии зафутерованы 5 промежуточных ковшей торкрет-массой производства компании RHI. Масса изготовлена на основе спеченного магнетита и оливина с добавкой органического связующего и отличалась от серийной увлажняемой массы повышенным содержанием SiO₂ (21 %), более низким со-

держанием MgO (70 %) и идентичным зерновым составом. Толщина рабочего слоя футеровки стен готовых ковшей 70–75 мм, дна 70–80 мм.

Длительность изготовления футеровки ковшей (без учета простоев) на сухой массе составила 30–40 мин против 120–150 мин на увлажняемой. Готовые ковши оборудовали стопорами, крышками, устройствами быстрой замены стаканов и передавали на стенды разогрева. Разогрев опытных ковшей под разливку производили по действующей в цехе технологии (за 4 ч) и по рекомендации поставщика массы (за 2 ч). Износ в зоне металла опытной массы сопоставим с износом серийной и не превышал 5 мм за серию плавов. Произведена также качественная оценка металла, разлитого через промежуточные ковши с опытной футеровкой.

Таким образом, с применением сухой торкрет-массы производства RHI время на изготовление футеровки промежуточного ковша по сравнению с футеровкой из штучных изделий сократилось в 3,5–4,0 раза. Экономия природного газа на сушке футеровки составила в среднем 650 м³ на ковш. По результатам переработки металла, разлитого через опытные ковши, отмечено снижение отсортировки по дефектам сталеплавно-го производства на основном объеме плавов.

Испытания будут продолжены. Для проведения дальнейших испытаний торкрет-массы данной марки необходимо улучшение ее технологичности.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТОЙ ФУТЕРОВКИ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА ИЗДЕЛИЯМИ КОМПАНИИ «DUFERCO» В УСЛОВИЯХ ККЦ ОАО ММК

© И. Г. Афанасьев, Н. Н. Корнев, Р. И. Абдрахманов

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск, Россия

В настоящее время снижение удельных затрат на футеровку тепловых агрегатов при производстве стали — одна из важнейших задач металлургических предприятий. В этой связи в ККЦ ОАО ММК провели испытания футеровки конвертера компании «Dufesco». Кладку элементов футеровки вели дифференцированно по зонам с применением большего числа видов периклазоуглеродистых изделий разного качества по сравнению с серийно применяемыми футеровками. Такая конструкция кладки позволяет не только увеличить срок эксплуатации футеровки, но и оптимизировать ее стоимость, так как в зонах наименьшего износа приме-

няли изделия с пониженным содержанием периклазоуглерода.

Важнейшими показателями целесообразности применения футеровки конвертера компании «Dufesco» являются стойкость ее рабочего слоя и экономическая эффективность. Общие удельные затраты от применения футеровки конвертера компании «Dufesco» снизились на 11,2 % по сравнению серийно применяемой. Это произошло вследствие уменьшения затрат на материалы по уходу за футеровкой конвертера. Испытания футеровки конвертера будут продолжены в 2014 г.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ УГЛЕГРАФИТОВОЙ ФУТЕРОВКИ И ЭЛЕКТРОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

© Д. т. н. В. Ю. Бажин, д. т. н. А. Г. Сырков, А. Л. Кванин

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время в связи увеличением степени графитизации углеродсодержащих футеровочных материалов актуальными становятся проблемы увеличения их стой-

кости и улучшения технических характеристик, в частности в условиях высокотемпературной среды криолит-глиноземистого расплава в алюминиевых электролизерах.

Для повышения конкурентоспособности отечественных производителей электродных материалов в рамках стратегии Группы ЭНЕРГОПРОМ (Челябинский, Новосибирский и Новочеркасский электродные заводы) специалистами Горного университета (Санкт-Петербург) начата реализация уникальных научно-исследовательских проектов, направленных на повышение стойкости и улучшение технических характеристик углеграфитовой футеровки и электродов для металлургических агрегатов.

- Одним из предлагаемых технических решений является нанесение защитных карбосилоксановых (КС) нанослоев на угольный анод. При этом эту операцию можно выполнять непосредственно на производстве из гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости или, если допустимы транспортировка анода (его части) и предварительная обработка в специальной камере, предлагается сочетание нанесения КС-слоя с последующим отжигом в восстановительной углеводородной среде для уплотнения структуры защитного нанослоя и усиления его адгезии к поверхности анода.

- Другим способом защиты может быть предложено модифицирование поверхности углеграфитового катода титанокарбидными соединениями и/или титаносилицидными структурами путем обработки

материала катода галогенидами титана в присутствии кремнийгидридов с последующим отжигом нанесенного адсорбционного слоя в атмосфере природного газа (метана).

- Формирование защитных нанослоев нитрида и/или оксида алюминия на поверхности электрода с использованием галогидных или органических (если допустимо) соединений алюминия и четвертичных соединений аммония — это другое направление, позволяющее улучшить эксплуатационные характеристики углеграфитовых изделий.

- Формирование защитных металлокарбонных (интеркалированных) структур в поверхностном слое электрода путем металлизации углеродного материала катода (анода) методом молекулярного наплавления позволяет решить задачу снижения степени пропитки компонентами расплава во время эксплуатации металлургических печей.

Эти научно-технические предложения основаны на большом опыте защиты от коррозии различных твердых материалов и металлизации поверхности веществ, имеющих важность для науки и практики, с использованием нанотехнологий. В своем большинстве это запатентованные решения, которые прошли опытно-промышленные испытания в России и за рубежом.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ МЕТАЛЛОПРОВОДКИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗЛИВКИ НА РАБОТУ СОРТОВЫХ МНЛЗ

© К. Т. Н. С. А. Ботников

Филиал ОАО «Трубодеталь», г. Чусовой Пермского края, Россия

В период освоения технологии производства непрерывных заготовок возникают трудности старта ручьев, связанные с геометрией металлопроводки и настройками машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Данная проблема стала решаться машиностроителями и металлургами за счет использования и внедрения новых автоматических средств запуска ручья и совершенствования дизайна и качества огнеупорной металлопроводки промежуточного ковша, точнее, стопора-моноблока, стакана-дозатора и погружаемого стакана.

Запуск ручьев сортовой МНЛЗ с использованием стопорной разливки становится затруднительным, если сечение заготовки малое (например, круг 150 мм). Ниже приведены технологические параметры, в значительной степени влияющие на запуск ручья.

1. Геометрия металлопроводки: стопор-моноблок, стакан-дозатор и погружаемый стакан типа SES

(submerged entry shroud) или цельный погружаемый стакан типа SEN (submerged entry nozzle).

2. Параметры системы контроля уровня стали в кристаллизаторе и алгоритм старта ручья.

3. Порядок выполнения действий технологом на ручье.

На основе опыта работы МНЛЗ Челябинского металлургического комбината (квадрат сечением 180×180 мм² и круг диаметром 150 мм) и Первоуральского новотрубного завода (квадрат сечением 150×150 мм² и круг диаметрами 150 и 220 мм) определены рекомендации по повышению надежности работы сортовой МНЛЗ в период запуска и во время разливки. Выбор металлопроводки для сортовой МНЛЗ должен производиться в комплексе с технологией непрерывной разливки стали с учетом марочного сортамента и особенностями работы автоматики.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ ПРОДУВКИ МЕТАЛЛА АРГОНОМ В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШАХ ОАО ММК

© Е. В. Бурмистрова, Н. Н. Корнев, Р. И. Абдрахманов

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск, Россия

К современным качественным сталям предъявляются весьма высокие требования, выполнение которых яв-

ляется приоритетным. Продувка металла аргоном является важным звеном в технологии получения высоко-

кокачественной стали. Основное назначение продувки инертными газами — выравнивание температуры и химического состава металла, его очистка от растворенных газов и неметаллических включений. Основным этапом использования донной продувки является внепечное рафинирование стали, проводимое на агрегатах внепечной обработки стали. Основная доля доводки металла в условиях кислородно-конвертерного цеха ОАО ММК производится именно на агрегатах внепечной обработки стали, таких как установки печь-ковш (УПК), АДС, УУПС, УВС. Основными технологическими процессами, способствующими достижению требований чистоты и соответствия качества металла, являются возможность дополнительного электроподогрева в УПК, а также продувка жидкой стали инертным газом в сталеразливочном ковше.

После ввода в эксплуатацию в ККЦ двухпозиционной УПК производства «Фукс Системтехник», Германия, (LF) в

2000 г. появилась возможность повысить качество подготовки металла за счет проведения электронагрева жидкого металла в сталеразливочном ковше; десульфурации стали за счет наведения шлака в ковше; корректировки химического состава стали введением легирующих материалов и последующим усреднением ее состава и температуры продувкой аргоном через пористые продувочные блоки, устанавливаемые в дно сталеразливочных ковшей.

В 2012 г. были успешно проведены испытания изделий, в конструкции которых кроме щелевых каналов дополнительно имеются цилиндрические вставки с пористой структурой. Кроме того, эффективную работоспособность показали продувочные блоки, оборудованные двумя пробками. Продувочные каналы пробок сформированы в виде щелей, размер которых составляет 0,15 мм. Кроме того, имеющиеся в пробке 4 пористые цилиндрические вставки также имеют ориентированную структуру.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ОГНЕУПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВТОРИЧНОГО ОКИСЛЕНИЯ СТАЛИ ПРИ РАЗЛИВКЕ НА МНЛЗ

© Д. т. н. К. Н. Вдовин¹, д. т. н. В. В. Точилкин¹, О. А. Марочкин¹, В. И. Умнов²

¹ ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

² ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск, Россия

Рассмотрены технологии и оборудование управления потоками металла системы сталеразливочный ковш — промежуточный ковш — кристаллизатор сортовых МНЛЗ. Надежной защитой металла от окисления кислородом воздуха при непрерывной разливке являются шлакообразующие смеси и защитные огнеупорные элементы. Для исключения контакта с воздухом разработаны конструкции элементов устройства для защиты струи жидкой стали. Новая конструкция вставки из пластичного огнеупора исключает проникновение воздуха в струю жидкой стали при разливке и обеспечивает рациональные параметры подачи аргона в кольцевую выемку огнеупорной трубы, что позволяет повысить качество разливаемого металла.

При конструировании вставки из пластичного огнеупора выведена рациональная величина бурта относительно внутреннего диаметра защитной трубы. Для достоверности полученной расчетной формулы проведены эксперименты, получившие подтверждение правильности выбора оптимальной величины бурта

вставки относительно внутреннего диаметра защитной трубы.

Определены приоритетные направления для обеспечения защиты жидкой стали от вторичного окисления:

— применение инертного газа в ванне промежуточного ковша;

— усовершенствование геометрических параметров огнеупорных элементов, обеспечивающих гарантированное прилегание плоскостей соприкосновения для исключения подсоса воздуха в зону истечения струи;

— создание материала вставок, обеспечивающих гарантированное прилегание плоскостей соприкосновения;

— создание конструкций, обеспечивающих точную центровку огнеупорных элементов;

— создание конструкций манипуляторов, обеспечивающих необходимое усилие прижима для гарантированного прилегания плоскостей соприкосновения огнеупорных элементов.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

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

© К. т. н. А. В. Можжерин¹, к. т. н. А. П. Маргишвили¹, к. т. н. В. А. Мусевич¹, к. т. н. А. П. Дука¹, С. В. Ефимов², к. т. н. С. Н. Кузнецов², С. В. Симонов², С. Ю. Афанасьев², В. К. Яценко²

¹ ООО «Торговый дом «БКО», г. Боровичи Новгородской обл., Россия

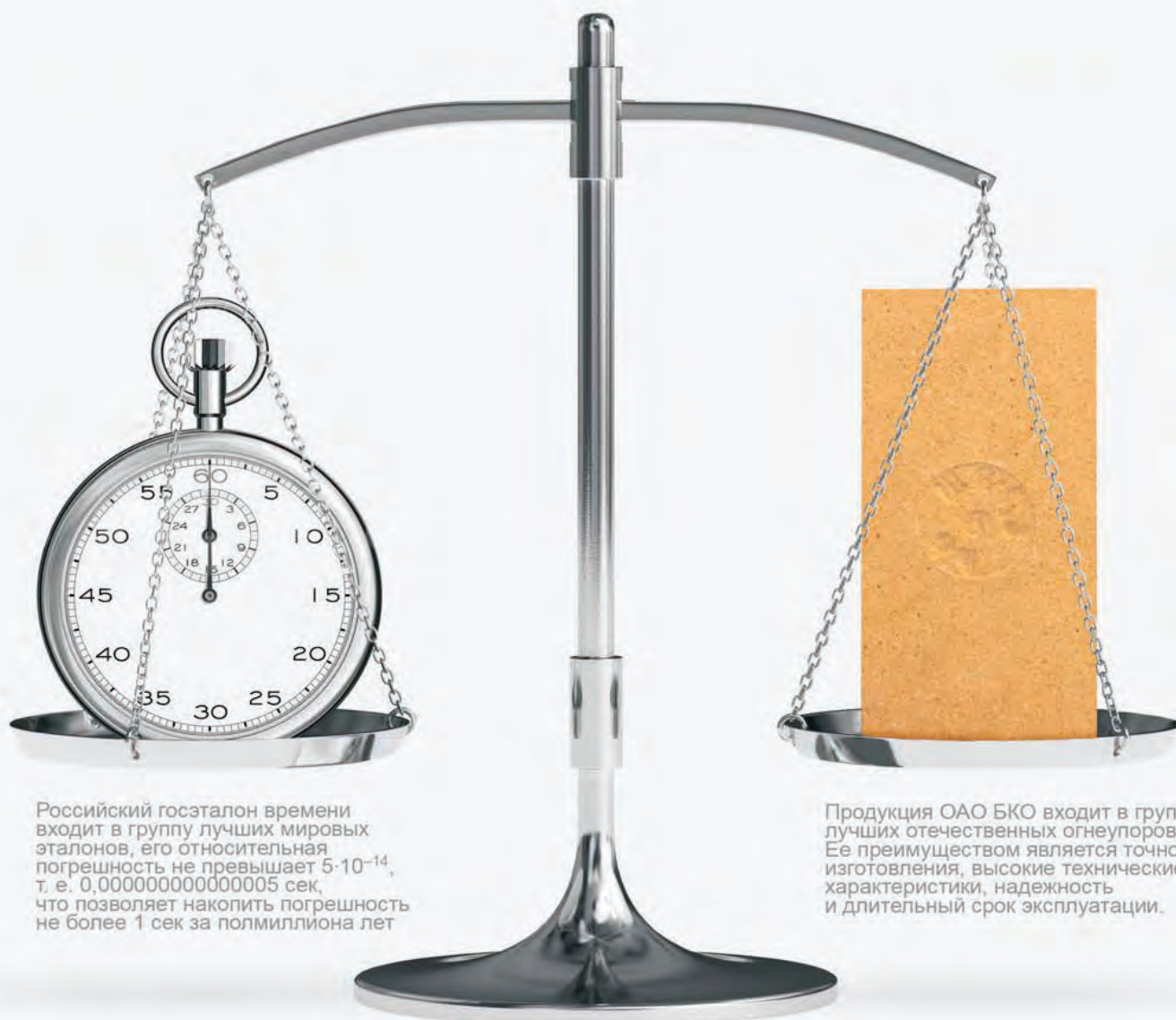
² ООО «ОМЗ-Спецсталь», Санкт-Петербург, Россия

ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров» и ООО «ОМЗ-Спецсталь» имеют многолетние партнерские от-

ношения в области поставок широкого спектра высококачественных огнеупоров, в том числе периклазо-



БОРОВИЧСКИЙ КОМБИНАТ ОГНЕУПОРОВ



Российский госэталон времени входит в группу лучших мировых эталонов, его относительная погрешность не превышает $5 \cdot 10^{-14}$, т. е. 0,000000000000005 сек, что позволяет накопить погрешность не более 1 сек за полмиллиона лет

Продукция ОАО БКО входит в группу лучших отечественных огнеупоров. Ее преимуществом является точность изготовления, высокие технические характеристики, надежность и длительный срок эксплуатации.

ВРЕМЯ ОПРЕДЕЛЯЕТ КАЧЕСТВО

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "БОРОВИЧСКИЙ КОМБИНАТ ОГНЕУПОРОВ" - СТАРЕЙШЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ОТРАСЛИ, ВЫПУСКАЮЩЕЕ БОЛЕЕ 300 ТЫС. ТОНН ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ И 150 ТЫС. ТОНН ПРОПАНТОВ В ГОД. ПРЕДПРИЯТИЕ РАСПОЛАГАЕТ ЗАПАСАМИ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЫРЬЯ, ИМЕЕТ СОВРЕМЕННУЮ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ И НАУЧНУЮ БАЗУ, АККРЕДИТОВАННЫЕ В СИСТЕМЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ ИСПЫТАТЕЛЬНУЮ И МЕТРОЛОГИЧЕСКУЮ ЛАБОРАТОРИИ, КВАЛИФИЦИРОВАННЫЕ КАДРЫ

РОССИЯ, 174411, НОВГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ, Г.БОРОВИЧИ, УЛ.МЕЖДУНАРОДНАЯ Д.1 ТЕЛ.: +7 (81664) 92500, 92413 ФАКС: +7 (81664) 92525

WWW.BOROVICHI-NOV.RU

углеродистых, для рабочего слоя футеровки парка 150-т сталеразливочных ковшей УВРВ ЭСПЦ. Применение улучшенных периклазоуглеродистых изделий, обладающих оптимизированными характеристиками за счет использования сырьевых компонентов наивысшего качества и комплекса антиокислительных добавок, позволяет ОАО БКО добиваться высоких показателей стойкости поставляемых комплектов футеровки и обеспечивать гарантируемые обязательства.

Специалисты обоих предприятий совместно работают над совершенствованием дизайна кладки сталеразливочных ковшей для снижения удельного расхода огнеупорных материалов рабочего слоя футеровки, увеличения стойкости рабочего слоя футеровки 150-т сталеразливочного ковша, безаварийной работы агрегата, сбалансированного равномерного износа огнеупорных материалов по всем зонам рабочего слоя футеровки (шлаковый пояс, стены, дно). Исходя из анализа существующих особенностей параметров сталеплавления процесса, топографий износа серийной футеровки выявлены основные факторы, негативно влияющие на стойкость и удельный расход элементов рабочего слоя

футеровки 150-т сталеразливочных ковшей: неравномерный износ рабочего слоя футеровки ковшей, проникновение металла между рядами кладки, образование вертикальных трещин в рабочем слое футеровки.

Общими усилиями обоих предприятий внедрен модернизированный дизайн футеровки, позволивший минимизировать воздействие отрицательных факторов, в том числе за счет повышения качества периклазоуглеродистых изделий и адаптации их к существующим условиям эксплуатации. Согласно усовершенствованной схеме кладки апробированы экспериментальные комплекты футеровки. Средняя стойкость опытной футеровки на 33 % выше стойкости серийной футеровки из периклазоуглеродистых изделий, выложенных по стандартной схеме. Кроме того, внедрение усовершенствованной схемы футеровки позволило снизить удельный расход огнеупоров на 20 %, что является более чем успешным результатом. Следующий шаг совместной деятельности обоих предприятий — поэтапный переход на оптимизированный дизайн кладки и внедрение ремонтного комплекта огнеупорных изделий для промежуточного ремонта рабочего слоя футеровки.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРОЛИТЫХ ТИГЛЕЙ ИЗ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ

© Д. т. н. В. В. Примаченко, к. т. н. В. В. Мартыненко, к. т. н. И. Г. Шулик, к. т. н. П. А. Кущенко
ПАО «УкрНИИО имени А. С. Бережного», г. Харьков, Украина

В ПАО «УкрНИИО имени А. С. Бережного» разработана технология и освоено производство вибролитых тиглей из стабилизированного диоксида циркония для плавки металлов платиновой группы различной конфигурации и размеров. На протяжении более чем десяти лет эта технология постоянно совершенствуется. Установлено влияние влажности массы, а также вида и количества вводимых разжижающих добавок на свойства формовочной массы, зернового и фазового составов, а также температуры обжига на свойства обожженных изделий. С использованием полученных результатов усовершенствованная технология внедрена на опытном производстве института.

Выпускаемые институтом тигли по своим свойствам соответствуют уровню мировых аналогов. Вибролитые тигли марки ЦК-1 из ZrO_2 , стабилизированного CaO , характеризуются следующими показателями: массовая доля ($ZrO_2 + HfO_2$) 94,4–94,8 %, CaO 4,2–4,5 %, Fe_2O_3 0,1–0,2 %, открытая пористость 19,0–20,0 %, термостойкость (на об-

разцах) в условиях 1300 °С – вода 6 теплосмен. Вибролитые тигли марки ЦИС-1 Т из ZrO_2 , стабилизированного Y_2O_3 , характеризуются следующими показателями: массовая доля ($ZrO_2 + HfO_2$) 90,4–90,8 %, Y_2O_3 8,6–9,0 %, Fe_2O_3 0,1–0,2 %, открытая пористость 18,0–19,0 %, термостойкость (на образцах) в условиях 1300 °С – вода 5 теплосмен. Могут изготавливаться тигли различных конфигурации и размеров в зависимости от требований заказчика.

Выпускаемые институтом вибролитые тигли из ZrO_2 , стабилизированного CaO или Y_2O_3 , более десяти лет широко используются на предприятиях цветной металлургии Украины, Российской Федерации и Республики Беларусь при индукционной плавке платины и ее сплавов как в окислительной среде, так и в среде вакуума. По заключению потребителя тигли удовлетворяют технологическим требованиям к материалу футеровки при вакуумной и окислительной индукционной плавке платины и ее сплавов и обеспечивают получение металла и изделий из него высокой чистоты.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ БОРТОВОЙ КАРБИДКРЕМНИЕВОЙ ФУТЕРОВКИ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

© Д. т. н. А. В. Прошкин¹, д. т. н. Ю. Г. Михалёв², к. т. н. В. В. Пингин¹, к. т. н. Л. А. Исаева²

¹ ООО «РУСАЛ ИТЦ», г. Красноярск, Россия

² СФУ, г. Красноярск, Россия

Эрозия бортовой футеровки является обычной проблемой на ваннах, работающих на высокой силе тока.

Известно, что современные бортовые блоки из карбида кремния на нитридной связке в рабочей среде элек-

тролизера химически нестабильны и при отсутствии защитного гарнисажа и настлы могут изнашиваться вплоть до разрушений при контактировании материала блока с газовой фазой, криолито-глиноземным расплавом и жидким алюминием. Исследованию механизмов этого разрушения посвящена данная работа. Многочисленные результаты аутопсий электролизеров показали, что в процессе эксплуатации карбидкремниевые блоки часто сильно деградируют на уровне верхней границы электролита. В этой области формируются углубления, каверны, видны трещины, проходящие поперек бортовых блоков. При определенных условиях в зоне контакта блоков с кожухом формируются многослойные образования окалины толщиной до 30 мм. Приведены описание их внешнего вида, а также состояния металла кожухов электролизеров под ними, имеющих локальные каверны размерами до 50 мм. Представлена топография зон разрушения.

Для оценки вещественного состава пробы были подвзнуты рентгенофазовому анализу, показавшему, что основу строения окалины составляют оксиды железа типа Fe_2O_3 с вариациями соотношения кислорода и железа в сторону более высокого содержания кислорода.

Во всех пробах обнаружены сульфиды или сульфаты железа (от 1,29 до 1,87 %); в отдельных пробах их содержание достигало 8,46 %. С использованием универсального светового микроскопа «Axio Observer MAT» исследовали структуру переходной зоны между карбидкремниевыми блоками и кожухом электролизера. Приведены характеристики этих зон. Показано, что зона, контактирующая с кожухом электролизера, имела рыхлую, пористую структуру, в которой обнаружены включения желтого цвета. Анализ распределения пор по размерам показал существенную их неоднородность по толщине окалины.

Результаты проведенного анализа позволили предложить последовательность изменений в бортовой футеровке и кожухе, обуславливающих механизм повреждения бортовой карбидкремниевой футеровки современных электролизеров. Показано, что причиной повреждения металла кожухов на катодных устройствах электролизеров производства первичного алюминия является проникновение карбонилсульфидов и других серосодержащих газов через трещины карбидкремниевых блоков в пространство между ними и кожухом электролизера с последующим образованием сульфидов и сульфатов железа.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОГНЕУПОРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МЕТАЛЛУРГИИ

© Д. т. н. **Б. Н. Сатбаев**, д. т. н. **А. А. Жарменов**, д. т. н. **А. И. Кокетаев**, **Н. Т. Шалабаев**, **К. К. Баитов**
Астанинский филиал РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», г. Астана, Республика Казахстан

Современная концепция развития огнеупорной промышленности заключается в переходе на производство ресурсосберегающих огнеупоров нового поколения, изготовленных по СВС-технологии и отличающихся повышенной экологической безопасностью и износостойкостью, а также обеспечивающих повышения качества конечной продукции. Целесообразность создания огнеупоров нового поколения обусловлена возрастающими требованиями потребителей, а также необходимостью улучшения условий службы огнеупоров и снижения энергетических затрат при их изготовлении.

Огнеупорные изделия (как формованные, так и неформованные), изготовленные методом СВС, превосходят по качеству изделия печного синтеза вследствие воздействия высокой температуры, полноты реакций и интенсивной самоочистки в процессе горения. Этим методом получают различные порошки, пасты, мертели, нагреватели с высокой термостойкостью, прокатные валики, торкрет-массы и огнеупоры. При этом процесс наиболее целесообразен при использовании экзотермических связей. Наиболее доступными материалами для экзотермических магниезальных смесей являются алюминий, магний, кремний, титан, поскольку они обладают высокой теплотворной способностью.

Разработанная авторами СВС-технология производства огнеупоров по сравнению с традиционными методами имеет следующие преимущества:

- существенно снижается температура обжига изделий;
- резко сокращаются затраты времени на производство изделий;
- формируются высококачественные структура и состав изделий вследствие высокой температуры металлотермических процессов (до 2400 °C). При этой температуре резко ускоряется синтез соединений, повышается качество огнеупорных изделий;
- технология является экологически чистой;
- производство огнеупоров по предлагаемой технологии не требует значительных капитальных затрат и может быть организовано на существующем оборудовании любого огнеупорного предприятия.

Для проверки разработанных составов и технологий огнеупорные изделия и материалы, полученные по СВС-технологии, были испытаны в высокоагрессивных зонах тепловых агрегатов ряда металлургических предприятий Казахстана, в том числе на Аксуйском заводе ферросплавов АО «ТНК «Казхром», Жезказганском медеплавильном заводе ТОО «Корпорация «Казхмыс», в АО «АрселорМиттал Темиртау».

В АО «АрселорМиттал Темиртау» существует проблема зарастания чугуновозных ковшей с образованием в районе горловин «крыш», которые осложняют слив чугуна в миксерном отделении конвертерного цеха как в

миксер, так и в чугунозаливочный ковш. Эта проблема обостряется в зимний период и при нестабильном заборе чугуна конвертерным цехом. Тара-ковш за счет «закозления» растет, вместимость ее уменьшается. Приходится удалять «крыши», прожигать отверстия для налива и слива чугуна. Подсыпание на зеркало чугуна в ковше кокса, вермикулита не решает проблему. Для решения проблемы необходимо использовать экзотермические смеси для утепления зеркала чугуна в чугуновозных ковшах, которые позволяют снизить теплопотери при транспортировке чугуна в конвертерный цех.

Теплоизоляционные/экзотермические смеси для утепления зеркала чугуна в чугуновозных ковшах были исследованы при проведении опытно-промышленных испытаний в АО «АрселорМиттал Темиртау». Всего за одну кампанию чугуновозный ковш с обмазочным материалом и экзотермической смесью, предложенной Астанинским филиалом РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Респу-

блики Казахстан» (АФ РГП «НЦКПМС РК»), перевез на 10 тыс. т больше, чем аналогичные ковши без применения смесей. В целом применение теплоизоляционных и экзотермических смесей для утепления зеркала чугуна и чугуновозных ковшей АО «АрселорМиттал Темиртау» позволяет увеличить стойкость футеровки чугуновозных ковшей; уменьшить образование нароста тары; повысить оборот ковшей до 20 %; облегчить обработку ковшей в миксерном отделении.

Опытно-промышленные испытания огнеупоров, разработанных в АФ РГП «НЦКПМС РК», показали хорошие производственно-технические свойства в АО «АрселорМиттал Темиртау». Результаты испытаний позволяют сделать вывод о правильности выбранного направления исследований. Необходимо разработать другие составы огнеупорных материалов для различных тепловых агрегатов черной и цветной металлургии, для цементно-обжиговых печей, котлов, используемых в энергетике и химической промышленности, и др.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ФУТЕРОВОЧНЫХ РАБОТ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ ИЗВЕСТКОВОЙ ПЕЧИ

© И. В. Харин¹, М. Ю. Турчин², С. Н. Чепиков³

¹ ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

² ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

³ ООО «Группа «Магнезит», г. Екатеринбург, Россия

Для обеспечения собственных потребностей в известняках металлургические предприятия строят на своей территории новые высокотехнологичные печи для обжига известняков. Современные условия диктуют экономное расходование энергоресурсов, в связи с чем печи строят по принципу максимального использования тепла продуктов сгорания. Этот принцип реализуется в двухшахтных регенеративных печах. Печи такого типа разработала фирма «Maerz». Особенностью печей фирмы «Maerz» является то, что обжигаемый материал поочередно подогревается отходящими газами от двух шахт, что предполагает сложное устройство футеровки отдельных узлов и печи в целом. Для возведения футеровки требуется множество типоразмеров фасонных изделий сложной формы, что подразумевает высокую стоимость такой футеровки. До недавнего времени строительством печей такого типа занимались только европейские фирмы, но в 2013 г. Группа «Магнезит» получила предложение на создание проекта и строительство двухшахтной печи в Первоуральске. Предельно сжатые сроки на подготовку проекта и монтаж футеровки обусловили принятие новых технических решений, исключающих применение сложнофасонных изделий.

Специалистами Управления инжиниринга Группы «Магнезит» был создан проект, в котором узлы футеровки из фасонных изделий заменили на бетонные блочные изделия, что позволило в короткий срок изготовить и поставить огнеупорную продукцию, а также упростить процесс изготовления футеровки и сократить сроки работ.

Бетонные изделия и смеси разработаны и изготовлены совместно с НПК «Магнезит». Совместными усилиями технического управления и Управления технологических разработок были отобраны и внедрены серийные марки огнеупоров, которые в рамках нового проекта заменили фасонные изделия. Ответственность за подготовку строительства, демонтаж и монтаж футеровки взяла на себя монтажная организация «Магнезит Монтаж Сервис», в обязанность которой по условиям договора входило в указанный срок изготовить новую футеровку печи. Работы подобного рода выполнялись впервые, к организации данного мероприятия предъявлялись высокие требования, что, в свою очередь, предполагало соответствующий уровень квалификации сотрудников.

Авторский надзор за соблюдением технологии выполнения строительных работ в процессе изготовления футеровки печи осуществлен специалистами Управления инжиниринга Группы «Магнезит» — авторами проекта. Подводя итог проведенных мероприятий по реализации проекта футеровки шахтной печи Первоуральского Новотрубного завода, следует отметить, что на всех этапах — от проектирования до сдачи объекта — все работы были выполнены в срок и с надлежащим уровнем качества. Руководство предприятия оценило нестандартный подход к решению поставленной задачи, где впервые сотрудниками Группы «Магнезит» были реализованы новые технические решения, позволившие не прибегать к использованию фасонных изделий, что, в свою очередь, кардинально сократило сроки строительства.