



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ОГНЕУПОРЩИКОВ И МЕТАЛЛУРГОВ

14–15 МАРТА 2013 ГОДА
МОСКВА

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

АССОЦИАЦИЯ ФИНАНСОВО-
ПРОМЫШЛЕННЫХ ГРУПП РОССИИ

ООО «ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ»

ГРУППА МАГНЕЗИТ

 АССОЦИАЦИЯ
ФИНАНСОВО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ГРУПП
РОССИИ

 **INTERMET**
INTERMET ENGINEERING

 ГРУППА
МАГНЕЗИТ

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Беляков А. В., Церман С. И.** Унификация сегментов для резания огнеупоров и разработка универсальных отрезных кругов 15
- Буравов А. Д., Зима М., Коварская Е. З., Москобенко И. Б.** Разработка рекомендаций по контролю акустическим методом качества огнеупорных изделий на основе периклаза, в том числе периклазоуглеродистых 16
- Вакалова Т. В., Митина Н. А., Погребенков В. М.** Перспективы использования российского огнеупорного сырья для создания наукоемких технологий инновационных силикатных и оксидных материалов 16
- Гартен В.** Комплектация и оснащение технологического участка заделки монолитной футеровки сталеразливочных ковшей металлургического предприятия 19
- Герасимов В. Ф., Журавлёв В. В.** Новые возможности в обработке огнеупоров алмазным инструментом 19
- Домолазов И. В., Ерошин М. А.** Система менеджмента качества ООО «Группа «Магнезит» 20
- Козелкова И. И.** ТК 009 «Огнеупоры». Стандартизация в Российской Федерации 21
- Небген П., Небген Г., Клаас Т., Хенгесбах Д., Серебрякова Р. Vhi** — надежный партнер в огнеупорном строительстве .. 21
- Очагова И. Г.** Огнеупорная промышленность мира: китайский фактор 22
- Перепелицын В. А.** Классификация материалов по составу, генезису и организации вещества 22
- Тимошенко Д. А.** Сушка футеровки тепловых агрегатов .. 24
- Турчин М. Ю.** Футеровка конвертера и комплекс мер ухода за ней в процессе работы 24
- Турчин М. Ю., Долгих С. В.** Группа «Магнезит» проектирует и выполняет футеровку методических и термических печей прокатного производства 25

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Баранов А. П., Назмиев М. И., Котровский В. Н., Урванцев А. И., Урванцев И. А.** Новая технология обогащения магнетитового забалансового сырья 26
- Бейлина Н. Ю., Липкина Н. В., Петров А. В.** Особенности применения пеков из каменноугольных смол в производстве графитовых изделий 26
- Вакалова Т. В., Крашенинникова Н. С., Карионова Н. П., Абилябаева Н. К.** Влияние природы кремнеземистого сырья на твердофазный синтез волластонита 27
- Вакалова Т. В., Крашенинникова Н. С., Решетова А. А., Говорова Л. П., Токарева А. Ю.** Повышение плотности алюмосиликатной керамики на основе огнеупорного глинодержающего сырья 28
- Завёрткин А. С.** Перспективы производства футеровочных масс на основе карельского минерального сырья 28
- Завёрткин А. С.** Применение кварцевых и кварц-полевошпатовых песков для песчано-цементных смесей при изготовлении отливок сушильных цилиндров 29
- Кийк А. А., Маркова С. В., Кормина И. В., Маркова Ж. С.** Применение полимеров в производстве металлургических брикетов 29

Михеенков М. А. Переработка металлургических шлаков с высоким содержанием оксидов железа 30

Перепелицын В. А., Дунаева М. Н., Максунев К. А., Царёв В. Ю. Микрокремнезем — полифункциональное технологическое минеральное сырье 32

Перепелицын В. А., Рытвин В. М., Хватов А. В., Абызов В. А., Абызов А. Н. Техногенный материал алюминотермического производства ферромолибдена 32

Пономаренко А. А., Кормина И. В., Маркова С. В. Применение инновационных связующих добавок серии Термопласт СВ в технологии агломерации 33

Соколов В. А., Махов С. В. Перспективы развития сырьевой базы для производства цирконистых огнеупоров в России 34

Шарапова В. В. Актуальные вопросы использования шлама нормального электрокорунда при производстве алюмосиликатных огнеупоров 35

Шаяхметов У. Ш., Мурзакова А. Р., Шаяхметов Р. У., Гончаренко Е. А., Мустафин А. Г. Изменение структуры пиррофиллитового сырья при термообработке 36

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

Абызов В. А., Абызов А. Н., Абрамов А. К., Рытвин В. М., Перепелицын В. А., Хватов А. В. Сухие смеси для жаростойких бетонов на основе плавящихся высокоглиноземистых цементов и заполнителей алюминотермического производства 37

Аксельрод Л. М., Дониц Р. А., Лаишевцев Е. Б., Михайлов Е. В. Виброформованные огнеупорные изделия для различных областей применения 37

Аксельрод Л. М., Назмиев М. И., Коротеев С. А. Флюсы магнетизальные брикетированные универсального применения 38

Аксельрод Л. М., Назмиев М. И., Марченко Д. А. Торкрет-массы периклазового состава для горячего ремонта конвертеров и электропечей 38

Аксельрод Л. М., Пицик О. Н., Устинов В. А., Кузнецова Н. Е. Совершенствование периклазошпинельных огнеупоров для вращающихся печей обжига цементного клинкера 39

Аксельрод Л. М., Ярушина Т. В., Овсянников В. Г. Опыт использования периклазошпинелидных огнеупоров ООО «Группа «Магнезит» в циркуляционных вакууматорах № 1 и 2 ККЦ ОАО ММК 39

Аксельрод Л. М., Ярушина Т. В., Смертин В. В. Основные направления совершенствования технологий производства углеродсодержащих огнеупоров в ОАО «Комбинат «Магнезит» 40

Андреев В. П. Опыт работы прессованной безуглеродистой футеровки на предприятиях КНР 43

Вериковский В. Ю., Турчин М. Ю., Ильянкин А. В. Сухие массы и шаблон для изготовления рабочего слоя футеровки промежуточного ковша производства ООО «Группа «Магнезит» 43

Воронина О. Б., Мелихов А. А., Полубесов С. Г., Агишева М. В., Власов А. В., Помазков Т. В. Производство изделий методом виброформования и их эксплуатация 43

Ганькин Д. В., Турчин М. Ю. Опыт применения огнеупорных масс для набивки тиглей индукционных печей 44

Дикарёва Р. И., Коротеев С. А., Фалько Г. А., Макаренко А. Г. Огнеупорные материалы для ухода за футеровкой кислородных конвертеров	44
Дониц Р. А., Данилова Ю. В., Язовских Д. Ю. Бетоны для футеровки тепловых агрегатов цементной промышленности. 47	
Можжерин А. В., Маргишвили А. П., Филин Г. В., Мусевич В. А., Дука А. П. Огнеупоры ОАО БКО для футеровки сталеразливочных ковшей и конвертеров ОАО НЛМК	47
Пицик О. Н., Найман Д. А., Турчин М. Ю., Беспалова И. Г. Теплоизоляционные огнеупоры для футеровки печей периодического действия.	48
Пишек Ш. Новые оксикарбидные огнеупорные бетоны производства RHI и их применение.	48
Смертин В. В., Назмиев М. И., Пospelова Е. И., Ильякин А. В., Баранов П. А. Увеличение производственных мощностей ООО «Магнезит-торкрет-массы».	51
Смертин В. В., Пицик О. Н., Беспалова И. Г. Периклазофорстеритовые огнеупоры для регенераторов стекловаренных печей	51
Турчин М. Ю., Назмиев М. И., Ганькин Д. В., Алтынбаева Е. С. Опыт применения огнеупорных масс для набивки тиглей индукционных печей.	52
Чашкин М. А., Иванцов М. В. Поиск путей совершенствования футеровки сталеразливочных ковшей.	52
Ярушина Т. В., Дикарёва Р. И., Калашник И. В., Акбашев В. А., Макаренко А. Г. Периклазоуглеродистые изделия производства ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод»	53

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

Головко А. Г., Гордеев Е. И., Золотухин В. И., Провоторов Д. А. Сталеразливочные системы для металлургических и литейных производств	53
Давыдов С. Я., Косарев Н. П., Валиев Н. Г., Симисинов Д. И., Курочкин В. А. Разгрузка контейнеров контейнерного пневмотранспорта сегодня, пневмотранспорт завтрашнего дня 54	
Давыдов С. Я., Косарев Н. П., Валиев Н. Г., Симисинов Д. И., Панов Д. А. Проблемы использования пневмовинтовых насосов.	55
Московчук В. Футеровочный телескоп ТБР для безопасной и быстрой футеровки конвертера.	56
Потапов В. Я., Давыдов С. Я., Потапов В. В. Использование фрикционных сепараторов для выделения твердых включений из глинозёмов	57
Прибора В. Н. Современный рентгеновский анализ в огнеупорной промышленности.	57
Рукавицын А. В., Мирошников В. Е., Туров М. Г. Кирпичные заводы полусухого прессования нового поколения ..	60
Спицин А. С. Современное футеровочное оборудование компании «Bricking Solutions» для черной и цветной металлургии.	60

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

Аксельрод Л. М., Ярушина Т. В., Марясов И. Г. Оптимизация поровой структуры хромитопериклазовых изделий ответственного назначения	61
Белогурова О. А., Саварина М. А., Шарай Т. В. Термостойкие огнеупоры из кианитовой руды Кейвского месторождения	61

Буцык О. В., Хабас Т. А., Качаев А. А., Хасанов А. О. Исследование влияния качества порошкового карбида кремния на спекание керамического материала	62
Вакалова Т. В., Говорова Л. П., Токарева А. Ю. Новая минерализующая добавка для твердофазного синтеза муллита и спекания муллитовой керамики из оксидов.	63
Вакалова Т. В., Крашенинникова Н. С., Карионова Н. П., Абилябаева Н. К. Высокопористые диатомитсодержащие керамические материалы на волластонитовой связке.	63
Гайдайчук Е. В., Хабас Т. А., Рубцова М. В. Влияние добавок соединений переходных элементов на свойства плотноспеченного керамического материала на основе смеси оксидов	64
Гуламова Д. Д., Ускенбаев Д. Е., Турдиев Д. Ш., Бобокулов С. Х., Шевченко В. П., Токунов С. Г., Ким Р. Б. Синтез керамических материалов с использованием солнечной энергии	67
Данилова О. Ю., Довгаль А. Н., Лукин А. В., Юрков А. Л., Дороганов В. А., Зарубина О. В., Евтушенко Е. И., Перетоккина Н. А. Получение и исследование искусственных керамических вяжущих на основе карбида кремния, их модифицирование и изучение закономерностей изменения свойств	67
Демидова-Буйзинене И., Пундене И., Пранцкевичене Я., Жвиронайте Я. Исследования механизма развития прочности в процессе сушки в среднецементных бетонах с дефлокулянтами различного типа.	68
Демидова-Буйзинене И., Пундене И., Стонис Р., Клигис М., Кичайте А. Влияние композиционного дефлокулянта в среднецементных бетонах на изменение физико-механических характеристик в процессе термообработки	70
Задорожная О. Ю., Тиунова О. В., Хабас Т. А. Получение плотной композитной керамики на основе оксидов алюминия и циркония методом осевого прессования.	70
Земляной К. Г., Кашеев И. Д., Михеенков М. А. Особенности синтеза клинкеров цемента в присутствии метастабильных фаз.	71
Жажикенова С. Ш. Новые технологии получения огнеупорных материалов.	71
Кашеев И. Д., Земляной К. Г., Маркова С. В., Кормина И. В. Комплексные добавки для цементных огнеупорных бетонов. .	72
Кашеев И. Д., Полухин М. С. Повышение качества магнезиальнокварцевой керамики	73
Кашеев И. Д., Поморцев С. А., Мурашко Е. В., Борисова Ю. А. Формирование структуры и свойств периклазоуглеродистых изделий для сталеразливочных ковшей ОАО ММК ..	73
Конаков В. Г., Голубев С. Н., Новик Н. Н., Пивоваров М. М., Ушаков В. М. Применение мембран из наноразмерной керамики на основе диоксида циркония в высокотемпературных топливных элементах	74
Конаков В. Г., Курапова О. Ю., Голубев С. Н., Ушаков В. М. Взаимосвязь методики синтеза, фазообразования и дисперсности порошков прекурсоров керамики на основе стабилизированного диоксида циркония	75
Красный Б. Л., Тарасовский В. П., Красный А. Б. Исследование поровой структуры корундовой керамики, спеченной при различных температурах, методом рентгеновской микротомографии.	76
Кутозов С. В., Буряк В. В., Деркач В. В., Панов Е. Н., Карвацкий А. Я., Васильченко Г. Н., Лелека С. В., Чирка Т. В., Лазарев Т. В. Повышение эффективности теплоизоляционной шихты печей графитации Ачесона.	76

Лукин Е. С., Милявский В. В., Савиных А. С., Акопов Ф. А., Бородин Т. И., Боровкова Л. Б., Вальяно Г. Е., Попова Н. А., Ананьев С. Ю., Валуев А. В. Фазовые превращения в керамике из частично стабилизированного диоксида циркония при механическом, ударно-волновом и термическом воздействии.	79
Лукин Е. С., Попова Н. А., Павлюкова Л. Т., Акопов Ф. А., Боровкова Л. Б., Морозов Б. И., Преображенский В. С., Безлепкин В. А., Голубев Д. В. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы для экстремально высоких температур службы.	80
Лысова Г. А., Боровик С. И., Чуклай А. М. Кинетика термической деструкции модифицированных технических лигносульфонатов.	80
Перепелицын В. А., Гороховский А. М., Карпец Л. А., Федоровцева А. В. Влияние термообработки на термостойкость плавяного корунда и шпинели.	81
Примаченко В. В., Казначеева Н. М., Крахмаль Ю. А., Криворучко П. П. Влияние добавки глинозема на термостойкость волластонитовых легковесных изделий.	82
Примаченко В. В., Мартыненко В. В., Бабкина Л. А., Савина Л. К. Корундовые огнеупоры с добавкой ферросилиция на силансодержащей связке для футеровки элементов тепловых агрегатов.	82
Примаченко В. В., Мартыненко В. В., Бабкина Л. А., Солошенко Л. Н., Щербак Л. М. Исследование влияния вида алюмомгнезиевой шпинели на свойства сухой корундошпинельной смеси для футеровки индукционных тигельных печей.	83
Примаченко В. В., Мартыненко В. В., Шулик И. Г., Чаплинко С. В., Грицюк Л. В., Ткаченко Л. П. Муллитовые, муллитокорундовые, муллитокорундоцирконовые огнеупоры производства ПАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного» для стекловаренных печей.	83
Прошкин А. В., Михалёв Ю. Г., Пингин В. В., Исаева Л. А. К вопросу о механизме повреждения бортовой SiC футеровки современных электролизеров.	84
Семченко Г. Д., Шутеева И. Ю., Питак Я. Н. Повышение защитного действия корундового покрытия за счет создания самоармированного наночастицами β -SiC и иглами муллита барьерного подслоя.	84
Соков В. Н., Соков В. В. О гидродинамическом процессе фильтрационного влагопереноса в самоуплотняющихся массах.	87
Суворов С. А., Арбузова Н. В. Инновационный шпинельный материал и огнеупоры из него.	88
Суворов С. А., Застрожнов М. Н. Оптимизация бетона на основе композиций корунда и карбида кремния.	88
Суворов С. А., Козлов В. В. Шлаковая коррозия периклазоуглеродистого огнеупора в футеровке кислородного конвертера.	89
Суворов С. А., Козлов В. В., Вихров Е. А. Устойчивость оксидных и карбонированных огнеупоров к воздействию расплавов ШОС.	89
Суворов С. А., Фищев В. Н., Игнатьева А. Н. Устойчивая к термонагружениям структура и свойства высокоглиноземистых материалов.	90
Тиунова О. В., Задорожная О. Ю., Хабас Т. А. Керамические материалы из диоксида циркония, полученные методом пленочного литья.	90

Тогобицкая Д. Н., Хамхотыко А. Ф., Циватая Н. А., Степаненко Д. А. Влияние щелочесодержащих шлаков на разрушение футеровки доменной печи.	91
Турдиев Д. Ш., Гуламова Д. Д., Шевченко В. П. Текстура и свойства анизотропных керамических материалов, синтезированных в солнечной печи.	92
Хабас Т. А., Гайдайчук Е. В., Рубцова М. В., Колесова Т. В. Изучение влияния компонентного состава и способа подготовки исходных материалов на свойства муллитокорундовой керамики.	92
Шмурадко В. Т., Роман О. В., Судник Л. В., Киршина Н. В. Керамическая воронка для дозирования алюминиевых расплавов в кристаллизатор.	93

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Абызов В. А., Абызов А. Н., Рытвин В. М., Перепелицын В. А., Хватов А. В. Легкие жаростойкие бетоны на вяжущих алюминотермического производства и пористых заполнителях.	94
Абызов В. А., Ряховский Е. Н. Огнеупорные фосфатные клеи на основе дисперсных высокоглиноземистых промышленных отходов.	95
Бажин В. Ю., Патрин Р. К., Фещенко Р. Ю. Повышение стойкости угольной подины высокоамперного электролизера.	96
Бажин В. Ю., Фещенко Р. Ю., Патрин Р. К., Саитов А. В. Разрушение бортовой футеровки высокоамперного электролизера в пусковой период.	96
Бурмистрова Е. В., Абдрахманов Р. И., Игонин А. Ю. Огнеупорные материалы для вакууматоров ОАО ММК и основные направления повышения их эксплуатационной надежности.	97
Вебстер Э. Развитие и преимущества аргоновых продувочных пробок типа BlueLine производства компании RA-NA-GE.	97
Гудовских П., Парр К., Вохмаер К. Применение глиноземистых цементов Secar в плотных и теплоизоляционных огнеупорных бетонах.	97
Гумаров Р. Х., Астанина Г. И., Кузнецова Т. В., Кривобородов Ю. Р. Опыт применения бетонных смесей ООО «Консолит».	99
Зотов Д. В., Гареев Р. Р., Белоусов А. М., Зырянов А. Г., Касьяненко Д. В. Повышение серийности разлива промежуточных ковшей сортовой МНЛЗ ККЦ до 100 плавов.	99
Калугин К. А., Мишутин М. П. Опыт применения инновационных теплоизоляционных материалов компании «Promat» в металлургии.	100
Кондрукевич А. Комплексный подход к разработке футеровки сталеразливочных ковшей.	101
Перепелицын В. А., Гороховский А. М., Карпец Л. А., Острыков Л. В. Испытание магнезиальношпинелидных огнеупоров в медеплавильной печи.	101
Прошкин А. В., Левенсон С. Я., Пингин В. В., Морозов А. В., Ярош И. А. Новая технология монтажа неформованных материалов в катодных устройствах электролизеров компании РУСАЛ.	102
Соколов В. В., Аксельрод Л. М., Сигута Ю. Н., Рогачёв М. С., Коверзин А. М., Дудин В. В., Щипанов С. С., Календа А. В., Оржих М. Б., Чекалов В. В., Рехтин И. В., Ильянкин А. В. Опыт увеличения стойкости футеровки конвертеров ККЦ-1 ОАО ЕВРАЗ ЗСМК.	103
Фехнер Р. Концепция огнеупорных материалов промежуточного ковша для производства чистого металла.	103

**УНИФИКАЦИЯ СЕГМЕНТОВ ДЛЯ РЕЗАНИЯ ОГНЕУПОРОВ
И РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНЫХ ОТРЕЗНЫХ КРУГОВ**© Д. х. н. А. В. Беляков¹, С. И. Церман²¹ ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,
Москва, Россия² Группа компаний «Адель», Москва, Россия

Из-за разнообразия условий применения огнеупоров они должны обладать широкой гаммой физико-механических свойств, а также структурных особенностей. Специалистов по механической обработке огнеупоров прежде всего интересует зависимость степени сложности резания от их механических параметров и структуры. Самыми проблемными при резании являются такие материалы, как корунд, бакор, динас.

Конструирование отрезных кругов проводят с учетом оценки обрабатываемости материала, в соответствии с которой выбирают прочностную марку алмазов, их содержание в инструменте и твердость связки. Разработка инструмента для мягких огнеупоров не составляет больших проблем, поскольку из-за невысоких значений прочности они легко разрушаются алмазом, даже в случаях затупления режущей кромки зерна. Для резания твердых огнеупоров требуется высокая концентрация алмазных зерен в инструменте. Однако при повышении концентрации нагрузка на единичном зерне падает, режущая кромка «недогруженного» алмаза скругляется и уже не может проникать в твердые материалы. Несколько стабилизировать резание можно, например, обеспечив упорядоченное расположение зерен в слое; при этом влияние на равновесие процесса неоднородностей локальных концентраций снижается.

В конструкцию разрабатываемых нами сегментов для стабильного резания твердых материалов положен противоположный принцип: максимально возможная неоднородность сегментов. Алмазные зерна в сегментах размещены в виде сгустков, агрегатов («алмазных кластеров»), между которыми располагается «межалмазное пространство». Позиции отдельных режущих зерен в сегментах занимают алмазные кластеры. При резании таким кластером нагрузки на зерна одинаковы в силу геометрического фактора: расстояния между отдельными алмазами незначительны и общая нагрузка на кластер равномерно распределяется по составляющим его зернам.

При испытаниях таких отрезных кругов для резания изделий из бакора наблюдалось одновременное повышение и скорости резания, и стойкости инструмента по сравнению с этими показателями, полученными при резании с применением традиционной конструкции сегментов из тех же алмазов и связки. Путем оптимизации состава кластеров удалось добиться повышения прочности удержания алмазов, что позволило увеличить ресурс инструмента. Снижением абразивной стойкости («твердости») окружающей кластер связки достигли увеличения режущей способности отрезных кругов. Дополнительное структурирование сег-

мента позволило повысить эффективность разрушения инструментом разрезаемого огнеупора. Испытания инструмента последней модификации в производственных условиях при монтаже оборудования из бакора подтвердило увеличение его стойкости. Для кругов диаметром 600 мм наблюдали повышение ресурса с 22 до 26 м² при дополнительном повышении скорости резания. При уменьшении количества зубьев на корпусе круга, как было показано ранее, оказалось возможным применение тех же сегментов кластерной конструкции для резания мягких материалов, таких как шмот. Усовершенствование сегмента как минимум не снизило режущую способность такого инструмента по мягким огнеупорам. Применение же инструмента с уменьшенным количеством новых сегментов для резания бакора аналогично неусовершенствованной конструкции сегментов показало только лишь снижение ресурса пропорционально уменьшению количества сегментов на корпусе.

Кроме того, была опробована еще одна конструкция отрезных кругов с максимально возможным заполнением их режущего контура разработанными сегментами. По рабочим характеристикам эта конструкция не уступает кругам со сплошным режущим слоем. Испытания такого инструмента показали, что при резании твердого огнеупора он не только повышает ресурс, но и увеличивает режущую способность при высоком качестве резания. Мы это объясняем возрастанием выступления зерен над связкой за счет оптимизации скорости разрушения алмазов. И еще одно полезное качество новой конструкции — высокая концентрация режущих зерен в кластерах препятствует быстрому боковому износу сегментов при резании высокоабразивных мягких огнеупоров. Это позволяет повысить эффективность резания за счет уменьшения ширины реза и дает дополнительный параметр при унификации сегмента для резания различных групп огнеупорных материалов.

Таким образом, во-первых, оптимизируя конструкцию кругов определенным количеством универсальных сегментов, получаем инструмент, которым можно резать широкую гамму огнеупоров, и, во-вторых, варьируя степень заполнения режущего слоя предложенными сегментами, можно подстраивать эксплуатационные характеристики отрезного круга под конкретный огнеупорный материал.

Отрезной инструмент на базе разработанного сегмента успешно опробован на некоторых других проблемных для резания материалах, в частности на яшме, лейкосапфире, на прочных бетонах.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО КОНТРОЛЮ АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ КАЧЕСТВА ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ПЕРИКЛАЗА, В ТОМ ЧИСЛЕ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ

© К. т. н. А. Д. Буравов¹, М. Зима², Е. З. Коварская³, д. т. н. И. Б. Московенко³¹ ООО НВФ «Керамбет-Огнеупор», Санкт-Петербург, Россия² Компания ABRASIV, a.s., г. Млада-Болеслав, Чехия³ ООО «Звук», Санкт-Петербург, Россия

Задача оперативного контроля качества периклазоуглеродистых изделий различных типов в настоящее время является достаточно актуальной.

На основе опыта использования акустического метода с применением приборов типа «Звук» разработаны рекомендации по организации и проведению контроля качества конкретных типов периклазохромитовых изделий на предприятии «Slovmag a.s.», г. Любеник, Словакия, входящем в Группу «Магнезит». Для определения возможности использования акустического метода контроля качества подобных изделий была разработана методика проведения измерений с использованием прибора «Звук-203М» применительно к контролю конкретного типоразмера периклазохромитовых обожженных изделий К34/228/76 прямо-

угольной формы размерами $a = 342,9$ мм, $b = 228,6$ мм и $h = 76,2$ мм. Выбраны рабочие виды колебаний и соответствующие диапазоны частот.

Разработанная методика была опробована в условиях предприятия «Slovmag». В настоящее время прибор «Звук-203М» передан во временное пользование предприятию «Slovmag» для накопления статистических данных, необходимых для корректировки методики и решения вопроса о целесообразности использования такого метода контроля, в том числе для организации сплошного экспресс-контроля качества изделий, мониторинга технологии производства и, возможно, оценки неоднородности свойств (дефектоскопии) таких изделий.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОССИЙСКОГО ОГНЕУПОРНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ИННОВАЦИОННЫХ СИЛИКАТНЫХ И ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© Д. т. н. Т. В. Вакалова, к. т. н. Н. А. Митина, д. т. н. В. М. Погребенков

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

Основным направлением современного развития отечественной силикатной промышленности является переход на ресурсо- и энергосберегающее производство материалов нового поколения, отличающихся высоким уровнем собственных эксплуатационных свойств и обеспечивающих повышение качества продукции потребляющих отраслей.

На кафедре технологии силикатов и наноматериалов Томского политехнического университета активно ведутся научные исследования в области создания новых инновационных технологий современных огнеупорных, керамических и других силикатных материалов, включая:

А. Алумосиликатные керамические пропанты для добычи нефти и газа методом гидравлического разрыва пласта (ГРП) на основе огнеупорного глиносодержащего сырья — глинистых бокситов и каолинов. Использование минерализующих природных и техногенных добавок в композициях с огнеупорным глинистым и бокситовым сырьем обеспечивает получение при температуре обжига гранул 1400–1450 °С алумосиликатных пропантов средней прочности (выдерживающих разрушающие давления до 52 МПа) и низкой насыпной плотности (до 1,58 г/см³). Применение комплексной добавки минерализующе-упрочняющего действия при тех же температурных условиях обеспечивает получение пропантов средней прочности, выдерживающих разрушающие давления до 70 МПа, с насыпной плотностью до 1,62–1,75 г/см³.

Б. Теплоизоляционные керамические материалы на основе природного наноструктурированного (диатомитовой породы) и вспученного алумосиликатного сырья. Улучшение прочностных характеристик высокопористых керамических теплоизоляционных материалов на основе природного алумосиликатного (глинистых пород) и кремнеземистого (диатомитовых пород) сырья и их композиций со вспученными вермикулитовыми и перлитовыми породами возможно за счет совмещения процессов синтеза волластонита в смесях диатомитовой породы с природным известковым сырьем и спекания изделий в однократном обжиге. В совокупности это обеспечивает получение керамических материалов плотностью до 1,0 г/см³ с пределом прочности при сжатии до 12 МПа для промышленной теплоизоляции.

В. Теплоизоляционные керамические материалы с нанопористой структурой на основе золосодержащих отходов ТЭЦ. Использование в качестве порообразующего компонента зольных микросфер в комбинациях с глинистым сырьем обеспечивает создание высокоразвитой пористой структуры в керамической матрице с суммарным объемом пор в 2 раза большим, чем при использовании золы при одинаковом их содержании. Причем характер распределения пор по размерам в образцах из массы с золой свидетельствует об однородности пористой структуры образцов, в которых преобладают поры размерами 0,5–1,0 мкм. Образцы с зольными микросферами характеризуются нанопористой структурой с размерами пор 0,007, 0,04, 0,27 и 2,20 мкм,



ANDALUSITE RESOURCES

АНДАЛУЗИТ

ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ЗАКАЗАМ



Компания «Андалузит Рисосез» разрабатывает собственное месторождение в ЮАР, которое находится в регионе Тхабазимби и входит в основное рудное залегание андалузитов ЮАР. Торговая марка нашего андалузита — «Марлузит». Завод по обогащению Марлузита достиг мощности 7 тыс. т в месяц.

Поставки Марлузита морским путем в контейнерах напрямую с завода гарантируют стабильное качество Марлузита на всем пути следования до потребителя.

Падение числа выплавок гетита



Несколько лет изысканий под требования и совместно с нашими ключевыми потребителями по всему миру, а также модернизация линии обогащения позволили кардинально уменьшить количество выплавок в изделиях, связанное с гетитом.

Минимизация влияния примесей калькретов и сланца



До обжига

После обжига

Удвоение уровня обогащения привело к снижению доли примесей вдвое за последние три года.

Переход к более богатым картам выработки позволил увеличить почти в три раза долю фракции свыше 2 мм. Одновременно модернизирована линия отсева, что позволяет выпускать более 7 видов фракций:

Марлузит M57

- микронные фракции
- 0,5-0 / 1-0 / 1,6-0,5 / 3-1 / 4-0 мм

Марлузит M56

- Premium 3-0 мм
- Standard 3-0 мм

Поставщик на Россию / СНГ:



Cofermin Rohstoffe
GmbH & Co. KG,
Alfredstrasse 61,
D-45130, Essen

Phone: +49 (201) 4387870
Fax: +49 (201) 4387888
E-mail: Golak@cofermin.de
Mobile: +49 (172) 2154154
www.cofermin.de

Представители в Москве:

Тел./факс: (499) 1571920
Мобильн.: (495) 7639833
E-mail: Oganov@cofermin.ru
E-mail: Kiselev@cofermin.ru

VGH AG

Надежность - принцип нашей работы

Компания VGH AG – Ваш добросовестный и заслуживающий доверия партнёр в сталеплавильной промышленности, на которого можно положиться на все 100%. Наши огнеупорные решения гарантируют наивысшее качество выплавляемой Вами стали.

Наша логистическая стратегия поставок «точно в срок» в сочетании с высококачественными огнеупорными материалами обеспечит успешное выполнение Ваших производственных планов.

VGH AG – Ваш надежный партнер в огнеупорном мире.



**XI Международная конференция
Огнеупорщиков и Metallургов
14 – 15 марта 2013 г. Москва**

Приглашаем Вас посетить наш доклад на тему
«Комплектация и оснащение технологического участка
монолитной заделки сталеразливочных ковшей
металлургического предприятия».

РЕКЛАМА

VGH Viktoria Garten Hüttenindustriebedarf AG
Barmer Straße 17 58332 Schwelm Germany
Tel: +49(0)2336 4711-0 Fax: +49(0)2336 4711-11
E-Mail: info@vgh-ag.com www.vgh-ag.com

VGH 

что свидетельствует о разнообразии их пористой структуры и об эффективности их как теплоизоляционного материала с температурой службы до 1000 °С.

Г. Легковесные высокоглиноземистые керамические материалы на основе продуктов термофторирования огнеупорного глинистого и кварцпирофиллитового сырья. Термообработка смесей каолина и кварцпирофиллитовых пород с гидродифторидом аммония в

интервале 1350–1400 °С обеспечивает получение пористых высокоглиноземистых (муллитовых, муллитокорундовых и корундомуллитовых) керамических материалов плотностью 0,5–0,8 г/см³ с пределом прочности при сжатии 4,5–6,0 МПа, что определяет перспективы их использования в качестве теплоизоляционного огнеупорного керамического материала

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

КОМПЛЕКТАЦИЯ И ОСНАЩЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УЧАСТКА ЗАДЕЛКИ МОНОЛИТНОЙ ФУТЕРОВКИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© В. Гартен

Компания VGH AG, г. Швелм, Германия

На сегодняшний день многие металлургические предприятия заинтересованы в переходе на технологию монолитной футеровки сталеразливочных ковшей. Как показывает опыт работы компании VGH AG, Германия, преимущества этой современной технологии неоспоримы. К ним относятся такие показатели, как повышение продолжительности кампании, возможность проведения промежуточного ремонта футеровки, экономия материала и рабочей силы, что, в свою очередь, ведет к снижению удельного расхода материалов.

Металлургические предприятия, заинтересованные в работе по современным технологиям, понимают необходимость в модернизации технологических участков. Компания VGH AG, являющаяся европейским производителем огнеупорных материалов и сопутствующего оборудования для металлургической промышленности, предлагает инновационные комплексные решения по внедрению технологии монолитной футеровки сталеразливочных ковшей, а также разработку и проведение модернизации технологических участков, включая поставку необходимого сопутствующего оборудования. При этом внедрение новой технологии сопровождается квалифицированной технической поддержкой специалистами компании VGH AG.

Тема предлагаемого доклада — процесс модернизации технологического участка заделки монолитной футеровки сталеразливочных ковшей при переходе на новую технологию на примере одного из металлургических предприятий. При этом особое внимание уделя-

ется объему работ, связанных с внедрением новой технологии (полная либо частичная модернизация цеха). Первая часть доклада — представление компании VGH AG и ее основных направлений деятельности. В частности, особое внимание уделяется вопросу монолитной футеровки сталеразливочных ковшей, преимуществу ее внедрения, а также опыту работы компании VGH AG в данной области. Вторая часть доклада рассматривает напрямую связанные с внедрением новой технологии комплектацию и необходимое оснащение оборудованием технологического участка заделки монолитной футеровки сталеразливочных ковшей на примере металлургического предприятия. Предлагается поэтапный анализ оснащения участков оборудованием: участок подготовки и заливки оборудования, участок установки и замены шибберных затворов, а также участок зачистки и ломки футеровки. При этом уделяется внимание новейшим разработкам оборудования производства фирмы «Petronix GmbH» в области металлургии. К ним относятся как горизонтальные и вертикальные стелды разогрева и сушки футеровки сталеразливочных ковшей, так и такая новинка, как установка «Фреза» марки Petronix для полной или частичной замены футеровки. В третьей части доклада предлагается краткий обзор технических характеристик огнеупорных бетонов марки Theramer для изготовления монолитной футеровки дна и стен сталеразливочных ковшей.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ОБРАБОТКЕ ОГНЕУПОРОВ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

© В. Ф. Герасимов¹, В. В. Журавлёв²¹ ВНИИАлмаз, Москва, Россия² ООО Научно-инженерный центр «Вятич», г. Троицк Московской обл., Россия

Сообщается о появлении новых алмазно-твердосплавных композиционных материалов, на основе которых можно изготавливать резцы, фрезы и сверла различной формы для обработки изделий из труднообрабатываемых огнеупорных материалов. Этот композиционный материал по износостойкости и режущим свойствам в десятки раз превосходит аналогичные материалы, существовавшие ранее. Успешно заменяет лучший твердосплавный инструмент. Применяется для обра-

ботки корундографитовых, периклазовых и других аналогичных огнеупоров, а также различных марок графита, в том числе силицированного. Кроме того, сообщается о разработке новых типов эффективного алмазного шлифовального инструмента, изготовленного на основе последних достижений синтеза алмазных шлифпорошков. Этим шлифовальным инструментом с высокой производительностью шлифуют крупногабаритные огнеупорные блоки.

© И. В. Домолазов, М. А. Ерошин

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

Группа «Магнезит» — современный, вертикально интегрированный производитель огнеупорной продукции с полным циклом производства от добычи магнетитовых руд до получения конечного продукта — формованной, неформованной огнеупорной продукции (огнеупорных изделий, набивных и торкрет-масс, периклазовых порошков, высокомагнезиальных флюсов) и предоставления комплексных сервисных услуг для ее эффективного использования. Потребителями этой продукции являются более 700 отечественных и зарубежных предприятий черной и цветной металлургии, цементной, химической, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности — машиностроения, энергетики, сельского хозяйства. Основная цель предприятия — производство востребованной рынком продукции, соответствующей требованиям потребителя, путем постоянного улучшения ее качества и применения комплексного инжинирингового подхода к ее использованию.

Качество выпускаемой продукции как основная стратегическая цель деятельности было признано высшим руководством компании, и для этого с 01.04.08 в подразделениях Саткинской производственной площадки Группы «Магнезит» внедрена и функционирует система менеджмента качества в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001–2008 и МС ISO 9001–2008. Соответствие системы регулярно подтверждается по результатам аудита специалистами уполномоченных организаций. Система качества содержит несколько встроенных механизмов самосовершенствования (внутренние аудиты, анализ со стороны руководства, обратная связь от потребителей и др.), которые в совокупности обеспечивают, во-первых, своевременное изменение системы в ответ на изменения внешней и внутренней среды, а во-вторых, постоянное улучшение деятельности предприятия. Сертифицированная система качества дает клиентам дополнительную уверенность в надежности предприятия производить востребованную рынком продукцию, превосходящую ожидания потребителя.

Для оценки надежности и дальнейшего развития партнерских отношений на предприятии проводятся аудиты третьей стороной — потребителями. Специалисты предприятий-потребителей посещают производственные площадки Группы, рассматривают основные технологические процессы производства продукции и их соответствие существующей на предприятии нормативной и технической документации и процедурам, описанным в стандартах организации. Документальное описание производственных процессов обеспечивает их прослеживаемость, четкое понимание, управление и направлено на постоянное улучшение.

Одним из показателей деятельности организации является измерение результативности действующей

системы менеджмента качества и ее процессов. Руководителями процессов по картам процессов проводится анализ критериев оценки выполненных работ по достижению поставленных целей и оценивается результативность процесса по утвержденной методике оценки результативности. Определение результативности системы менеджмента качества, действующей на предприятии, проводится в соответствии с методикой количественной оценки результативности и набором критериев, совокупность которых позволяет оценить деятельность в области качества в целом. Одна из главных целей системы качества — предупреждать возникновение возможных дефектов и отклонений от установленных требований и обеспечивать выполнение этих требований. Повышение качества способствует повышению эффективности производства, приводя к снижению производственных издержек и себестоимости продукции, что позволяет увеличить рентабельность продукции. На предприятии регулярно проводится валидация процессов производства, при валидации специалистами подразделений осуществляется мониторинг всех переделов производства огнеупорной продукции, сбор и анализ свидетельств о соответствии процесса производства продукции установленным требованиям. Выполнение решений по результатам валидации находится на постоянном контроле у руководства предприятия.

С 2003 г. предприятие регулярно является лауреатом и дипломантом премии «20 лучших товаров Челябинской области», «100 лучших товаров России» за производство огнеупорной продукции, является дипломантом программы «Российское качество». По результатам третьего международного промышленного форума «Реконструкция промышленных предприятий — прорывные технологии в металлургии и машиностроении» Группа «Магнезит» награждена «За широкий ассортимент, высокое качество продукции и активное ее продвижение на рынке Уральского региона». Продукция Группы «Магнезит» неоднократно протестирована в лабораториях потребителей либо в независимых аккредитованных исследовательских центрах по поручению потребителей, в том числе за пределами СНГ. Результат испытаний положителен.

Опыт Группы «Магнезит» показал, что работающая система менеджмента качества — реальный инструмент непрерывного совершенствования деятельности предприятия. За счет документированности, контроля, анализа и периодического пересмотра ключевых производственных и управленческих процессов в соответствии с требованиями международного стандарта обеспечиваются прозрачность, лучшая управляемость и непрерывное совершенствование деятельности предприятия.

ТК 009 «ОГНЕУПОРЫ». СТАНДАРТИЗАЦИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© И. И. Козелкова

Ассоциация «СПб НТЦ», Санкт-Петербург, Россия

Технический комитет по стандартизации огнеупоров ТК 009 «Огнеупоры» был создан по приказу Госстандарта в июле 1990 г. На ТК возложены функции межгосударственного технического комитета МТК 009 «Огнеупоры». Он является членом ТК 12 Росстандарта «Методология стандартизации» и входит в состав международного технического комитета в области стандартизации огнеупоров — ТК ИСО 33 «Огнеупоры». В своей работе ТК руководствуется действующим законодательством.

Десять лет назад был принят федеральный закон «О техническом регулировании», который отменил действующий закон «О стандартизации». Отдельные положения ФЗ привели к значительному снижению роли стандартизации. В соответствии с федеральным законом «О техническом регулировании» к документам в области стандартизации относятся национальные стандарты, правила, нормы и рекомендации в области стандартизации, классификаторы, стандарты организаций и предстандарты. Первоначально были распространены в основном межгосударственные стандарты — ГОСТы. После принятия закона «О техническом регулировании» приоритетным направлением стала разработка национальных стандартов ГОСТ Р. В настоящее время в связи с созданием единого экономического пространства Таможенного союза определяющая роль отводится не национальным, а межгосударственным стандартам и стандартам, идентичным или модифицированным с международными стандартами.

До принятия ФЗ продукция поставлялась в соответствии с ГОСТами и ТУ, а стандарты организаций (СТО) / предприятий (СТП) действовали внутри предприятий. Исходя из того, что в перечне документов по стандартизации ТУ отсутствуют, многие предприятия начали разрабатывать для поставок продукции СТО. В этой связи на протяжении 10 лет ведется дискуссия на предмет установления статуса ТУ и области применения СТО и ТУ. В интересах потребителей и государства ввести обязательную экспертизу ТУ на всю выпускаемую продукцию, а также учетную регистрацию ТУ. Ранее все документы, разрабатываемые предприятиями, согласовывались с Всесоюзным институтом огнеупоров. После ликвидации института это практика утрачена. ТК рекомендует предприятиям — разработчикам СТО или ТУ направлять в ТК документы для проведения эксперти-

зы, а потребителям продукции обращать внимание на уровень согласования документа. Это позволит во многих случаях избежать разногласий между изготовителем продукции и потребителем.

Новым видом документа является предварительный национальный стандарт. Основные цели разработки предварительного стандарта — ускоренное внедрения результатов научно-исследовательских работ, предварительная апробация установленных в предстандарте требований и накопление в процессе его применения необходимого опыта, на котором должен базироваться национальный стандарт. В настоящее время ТК представляет проекты стандартов в Росстандарт, готовит предложения об утверждении или отклонении проектов стандартов, предложения к программе национальной стандартизации, проводит экспертизу стандартов организаций, участвует в подготовке предложений к проектам международных стандартов. Кроме того, ТК отвечает за подготовку аутентичных переводов на русский язык международных и региональных стандартов и их представление на регистрацию, осуществляет научно-методическую и практическую помощь предприятиям по применению стандартов и других нормативных документов по стандартизации, оказывает помощь в разрешении споров между потребителем и изготовителем продукции. Восстановлена практика проверок стандартов, срок действия которых превышает 5 лет.

В настоящее время разработка новых и пересмотр действующих стандартов целиком финансируются огнеупорными предприятиями — членами ассоциации «СПб НТЦ». Несмотря на трудности работа по актуализации фонда стандартов проводится, и только благодаря членам ассоциации сохранена стандартизация в области огнеупоров. Однако неучастие в финансировании работ по стандартизации широкого круга предприятий, в том числе потребителей, ограничивает возможности ТК и препятствует созданию конкурентоспособной нормативной базы огнеупоров. Необходимо помнить, что изначальное качество продукции закладывается в стандартах, которые являются гарантом производства качественной продукции.

Vhi — НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР В ОГНЕУПОРНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

© П. Небген, Г. Небген, Т. Клаас, Д. Хенгесбах, к. т. н. Р. Серебрякова

Компания «Vhi GmbH», г. Андернах, Германия

Фирма «Vhi GmbH», Германия, более 25 лет производит и поставляет свою продукцию на мировой рынок огнеупорного строительства — анкерные системы крепления, огнеупорные материалы, сварочные аппараты,

фибру, а также оказывает услуги по проектированию теплотехнического оборудования. В докладе освещаются некоторые аспекты более чем 10-летнего опыта работы с ведущими предприятиями России и Украины.

© И. Г. Очагова

ОАО «Черметинформация», Москва, Россия

Рост мирового производства огнеупоров с 20 млн т в 2000 г. до 40 млн т в 2010 г. был почти полностью обусловлен фантастическим ростом китайской огнеупорной промышленности. Китай — ведущий потребитель и одновременно производитель огнеупоров; в 2009 г. объем производства огнеупоров равнялся 24,54 млн т, а в 2010 г. превысил 28 млн т (28,0806 млн) и увеличился в годовом исчислении на 14,5 %. В 2011 г. произошло замедление темпа роста производства огнеупоров в Китае — общий выпуск огнеупоров увеличился на 5,04 % по сравнению с 2010 г. до 29,5 млн т (точнее, 29,497 млн т). При этом выпуск формованных плотных изделий составил 17,652 млн т (рост на 3,90 %), теплоизоляционных огнеупорных изделий 673,4 тыс. т (рост на 4,57 %) и неформованных огнеупоров 11,171 млн т (рост на 6,93 %).

Развитие мировой огнеупорной отрасли зависит от поставок таких жизненно важных видов минерального сырья, как магнезит и боксит, которые в значительной степени импортируются из Китая. На Всемирном огнеупорном конгрессе UNITECR 2011 (30 октября — 2 ноября 2011 г. в г. Киото, Япония) значительное внимание было уделено Китаю, как основному игроку на рынке огнеупорного сырья. Сообщают о том, что 90 % периклаза в Европе было импортировано из Китая. Отмечено, что 78 % всего добываемого в этой стране огнеупорного сырья идет на экспорт, что приводит к дефициту качественного сырья на внутренних рынках самого Китая и тормозит программы развития этой отрасли внутри страны. В связи с этим следует ожидать еще более строгого контроля над эксплуатацией минеральных ресурсов Китая. В первую очередь это касается боксита: квоты на экспорт снижены с 830 тыс. т в 2011 г. до 700 тыс. т в 2012 г.

В последние 30 лет на фоне быстрого роста экономики Китая огнеупорная промышленность этой страны также вступила в период ускоренного развития и достигла значительных количественных и качественных показателей. Однако китайские огнеупоры в большинстве представляют собой трудоемкие и ресурсоемкие продукты. В нынешней огнеупорной отрасли Китая существует целый ряд проблем, которые препятствуют развитию и сужают перспективы отрасли: малая мощность предприятий и низкая степень концентрации производства (в 2009 г. количество огнеупорных предприятий превышало 2000), избыточные мощности, загрязнение окружающей среды, неупорядоченная

добыча огнеупорного сырья, беспорядочная конкуренция, ведущая к ценовым войнам и низкой рентабельности.

Китай располагает большими запасами огнеупорного сырья и дешевой рабочей силой, что привлекло многие страны и побудило создать в Китае более 100 огнеупорных предприятий в форме совместных или целиком иностранных фирм, на которых организовано производство в соответствии с требованиями зарубежных потребителей. Это помогло Китаю повысить качество продукции и расширить экспорт. Однако некоторые предприятия получили многомиллионную прибыль, пользуясь дешевыми китайскими ресурсами и рабочей силой, но при наступлении кризиса и сокращении рынка объявили о банкротстве. В 2010 г. экспорт огнеупорного сырья и продукции составил 5,6976 млн т и увеличился за год на 68,25 %, в том числе объем экспорта сырья равнялся 3,9048 млн т (рост в годовом исчислении на 101,37 %), а объем экспорта готовой продукции 1,7928 млн т (рост на 23,87 %). В 2011 г. произошло снижение объемов экспорта большинства огнеупорных сырьевых материалов по сравнению с предыдущим 2010 г.

Для поддержания конкурентоспособности на мировом рынке после финансового кризиса Китай должен перестроить свою экономику с учетом ограничения ресурсов, энергии и фактора окружающей среды. С этой целью поставлены следующие задачи:

- в полном объеме разрабатывать месторождения и всесторонне использовать огнеупорные сырьевые материалы вследствие нехватки запасов некоторых видов огнеупорного сырья;
- оптимизировать структуру огнеупорной продукции в соответствии с потребностью экономить энергию в энергосодержащих отраслях промышленности и разрабатывать новые энергосберегающие огнеупорные материалы с целью снижения потребления энергии в процессах производства огнеупоров;
- осваивать высокоэффективные бесхромистые огнеупоры и исследовать технологии, позволяющие избежать образования шестивалентного хрома Cr^{6+} для минимизации отрицательного влияния на окружающую среду;
- повторно использовать отслужившие огнеупоры (рециклинг) и снизить потребление минеральных ресурсов, расход энергии и твердые выбросы.

© Д. г.-м. н. В. А. Перепелицын

ОАО «ВОСТИО», г. Екатеринбург, Россия

На основании многолетней исследовательской, производственной практики и теоретических обобщений разработан вариант общей классификации всего многообразия твердых материалов по четырем критериям:

вещественному (химическому и фазовому) составу, физико-химическим свойствам, происхождению (естественному или искусственному) и уровню организации вещества в зависимости от масштаба (порядка) атом-



но-молекулярной консолидации. Среди известных в настоящее время нескольких миллионов химических соединений абсолютное большинство (>90 %) относится к органическим веществам, содержащим углерод, химически связанный с другими элементами. В порядке исключения соединения углерода CO и CO₂, карбиды и соли угольной кислоты (карбонаты) принято считать неорганическими соединениями. Однако в количественном соотношении сравнительно малое число химических соединений соответствует понятию материал как исходное вещество (сырьевой компонент) для производства продукции.

Вариант классификации материалов по составу и происхождению на различных уровнях организации вещества показан на схеме (см. рисунок). По химическому составу и определяющим физико-химическим свойствам все материалы подразделяются на две большие группы: неорганические и органические. Первая группа включает неметаллические (минеральные) и металлические материалы, а вторая — искусственные и природные вещества.

Первый, или низший, уровень организации вещества — химические соединения, состав которых может быть выражен простыми химическими формулами в виде атомов и молекул (монофазные материалы). На этом атомно-молекулярном уровне среди неорганических веществ, являющихся основой всех высокотемпературных материалов (огнеупоры, керамика и др.), выделяются три серии: природные минералы, искусственные минералы и синтетические соединения, включающие все неметаллические (минеральные) вещества, металлы и сплавы. Молекулярный уровень органических веществ представляет собой совокупность

синтетических органических соединений, биологического органического вещества и природных минералов органического состава.

Второй, более сложный (средний) уровень организации вещества представлен полифазными сочетаниями веществ (материалов) первого уровня. В неорганической группе к ним относятся все горные породы, руды и технический камень (в частности, большинство огнеупоров и вся керамика), сочетания металлов образуют сплавы. Полифазные комплексы минералов, металлов, сплавов и органических соединений являются композиционными материалами (например, все безобжиговые углеродсодержащие огнеупоры, огнеупорные бетоны, керметы и др.). Искусственное органическое вещество на втором уровне представляет собой многочисленные полимеры и другие органические вещества сложного состава. Биологическое вещество составляет биомассу, а минералы и природные органические вещества составляют органогенные горные породы.

В глобальном масштабе (третий, высший уровень организации вещества) горные породы любого состава составляют земную кору — литосферу, а живая материя образует верхнюю геохимическую оболочку — биосферу. Из синтезированных неорганических соединений, техногенных образований и искусственных органических материалов состоит самостоятельная геохимическая оболочка, называемая техносферой или ноосферой (по В. И. Вернадскому).

Предлагаемая классификация в детализированном виде с учетом специфики более 20 главных свойств веществ и масштабного фактора их консолидации является основой эффективного поиска сырья для синтеза новых композиционных материалов, в том числе огнеупоров и керамики.

СУШКА ФУТЕРОВКИ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

© Д. А. Тимошенко

ЗАО «ПКФ «НК», г. Старый Оскол Белгородской обл., Россия

Сушка футеровки в последние годы становится неотъемлемой частью процедуры вывода тепловых агрегатов на требуемый температурный режим после капитального строительства или ремонта. От правильного и технически грамотного выполнения сушки значительно зависит стойкость футеровки. К сожалению, многие эксплуатационники недооценивают этот важный этап подготовительной работы. Как известно, сушка — это удаление свободной (физической) и химически связанной влаги из огнеупорного материала. Этот процесс должен быть достаточно медленным, чтобы обеспечить постепенное удаление воды без риска появления трещин и разрушения футеровки. Установление оптимальной программы сушки и нагрева — важная задача, которая должна решаться в сотрудничестве с производителем футеровочных материалов. Длительность сушки и первого прогрева футеровки, как и способ повышения температуры, зависит от ряда факторов: материала (тип футеровочных материалов и их свойства, содержание воды), конструкций (форма и состав футеровки, ее объем и толщина, плотность металлической конструкции печи), теплотехнических особенностей (системы отопления, подачи газа и т. д.). Для достижения положительных результатов все эти факторы должны быть учтены при составлении программы сушки.

Скорость повышения температуры в начальной фазе процесса сушки ограничена низкой пористостью огнеупорных материалов, что препятствует отводу водяного пара. Поэтому процесс прогрева должен предусматривать достаточно длительный период выпаривания и удаления свободной воды, когда прогреваемая сторона футеровки удерживается при температуре 120–150 °С. Ускоренный начальный прогрев футеровки, например у бетонов с плотной структурой, приведет к чрезмерному нарастанию внутреннего давления возникающего пара, что при превышении его значения выше прочности материала вызывает взрывное разрушение и отлущивание бетона. Даже если не дойдет до взрывных разрушений, внутренние трещины значительно снизят прочность и стабильность футеровки и могут стать причиной сокращения срока ее службы.

Поэтому только после окончания фазы сушки можно приступать к дальнейшему повышению температуры; скорость прогрева, однако, должна зависеть от поведения футеровки (разложение гидратов, температурные расширения и т. п.).

Небольшие тепловые агрегаты, сложенные в летний период, сушат и разогревают со скоростью 50, 35 и 25 °С/ч при объеме футеровки соответственно 20, 20–50 и 50–100 м³. Крупногабаритные печи после строительства сушат и разогревают со скоростью 5–10 °С/ч, а после замены футеровки при холодном ремонте — со скоростью 15–25 °С/ч. Продолжительность сушки следует увеличивать до 30 %, если укладка огнеупоров выполнена зимой или при сырой погоде или если очень большая толщина кладки, и, наоборот, несколько уменьшить, если укладка выполнена летом при благоприятных для строительства условиях или если стены печи очень тонкие. Разумеется, каждый случай введения в эксплуатацию новой футеровки может иметь свои особенности и требовать особого подхода. Нельзя установить универсальный график сушки и прогрева.

Компания «НК-Теплохиммонтаж» имеет опыт проведения сушки футеровки тепловых агрегатов в разных отраслях промышленности. Среди наиболее крупных можно выделить следующие работы:

- в металлургии — сушка риформера, шахтной печи и дымоходов завода ГБЖ-2 ОАО «ЛебГОК» (г. Губкин Белгородской обл.);
- в химической промышленности — сушка установок первичного, вторичного риформинга и пароперегревателя комплекса по производству метанола ОАО «Щекиноазот» (г. Щекино Тульской обл.);
- в цементной промышленности — сушка футеровки холодильника клинкера в ЗАО «Липецкцемент»; сушка футеровки холодильника клинкера, циклонов теплообменника, декарбонизатора, газохода третичного воздуха и головки печи обжига цемента в ООО «Цемент» (г. Сланцы Ленинградской обл.), ОАО «Верхнебаканский цементный завод» (г. Новороссийск), ЗАО «Подгоренский цементный завод» (Воронежская обл.).

ФУТЕРОВКА КОНВЕРТЕРА И КОМПЛЕКС МЕР УХОДА ЗА НЕЙ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

© М. Ю. Турчин

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

Одной из важнейших стратегий развития конвертерного производства было и остается достижение высокой стойкости футеровки агрегата, что ведет к снижению удельных затрат и повышает производительность цеха в целом. Последнее десятилетие развитие конвертерного производства характеризуется значительным повышением стойкости футеровки конвертеров. Как показывает опыт, проблема повышения стойкости футеровки конвертера может быть решена лишь при комплексном подходе, учитывающем основные факторы:

- качество используемых изделий для футеровки конвертера;
- оптимальную схему кладки;
- технологические параметры ведения плавки;
- способы ухода за футеровкой в течение кампании.

Качество используемых изделий для футеровки конвертера

Группа «Магнезит» на протяжении многих лет является одним из основных поставщиков комплекса огнеупорных материалов для футеровки конвертеров — это пе-

риклазовые изделия для арматурного слоя футеровки, периклазоуглеродистые изделия для рабочего слоя и комплекс масс и порошков.

Оптимальная схема кладки

В начале работы по повышению стойкости футеровки конвертеров (2001 г.) основной упор делался на обеспечение равномерности всех зон футеровки за счет использования дифференцированной схемы кладки. Такая футеровка включала усиления за счет применения более качественных периклазоуглеродистых изделий в зонах, подверженных интенсивному износу. За счет этого удалось повысить стойкость футеровки конвертеров до 2–3 тыс. плавов.

Технологические параметры ведения плавки

Достиженные показатели стойкости зависят также от эффективности применяемого технологического процесса. Чрезмерная окисленность шлака, додувки плавов, повышенная температура слива металла и т. д. оказывают непосредственное влияние на стойкость футеровки. Определенную роль в повышении стойкости играет уменьшение числа додувок плавов; вторичные продувки ведут к увеличению содержания FeO в шлаке, длительности плавки и соответственно к снижению производительности агрегата.

Способы ухода за футеровкой в течение кампании

Стойкость футеровки определяется стойкостью участков повышенного износа, поэтому для ее поддержания в течение всей кампании конвертера осуществляют операции подваривания и торкретирования; наводят шлаковый гарнизаж.

Флюсы на плавку и раздув конечного шлака. Данная технология является наиболее эффективным методом поддержания конвертера в рабочем состоянии и активно используется по настоящее время на всех конвертерных предприятиях России. Группой «Магнезит» разработаны и внедрены в производство порядка 10 разновидностей магнезиальных материалов — это

флюсы, брикеты, гранулы, используемые для модификации шлака, для замедления массопереноса MgO из периклазоуглеродистой футеровки в шлак по ходу плавки и для подготовки шлака перед нанесением на футеровку конвертера.

Подварка брикетом. Для подварки футеровки наиболее изнашиваемых зон Группой «Магнезит» разработаны брикеты периклазового и периклазоуглеродистого составов с введением в состав брикетов компонентов, ускоряющих процесс спекания, сокращая тем самым время, затраченное на проведение ремонтных операций.

Подварка саморастекающимися смесями. Саморастекающиеся огнеупорные смеси, обладающие оптимальным временем отвердевания, дают возможность локального ремонта зоны загрузки, слива и дна.

Торкретирование. Если ремонт путем подваривания невозможен (в частности, зоны цапф горловины), то производится торкретирование. Для ремонта локальных участков футеровки разработан ряд высокотехнологичных торкрет-масс периклазового и периклазоуглеродистого составов на основе периклазовых спеченных и плавленых порошков с добавлением минеральных и органических компонентов.

Леточный узел. Стойкость леточного узла также влияет на стойкость всей футеровки конвертера и его производительность. На предприятиях Группы «Магнезит» существует возможность изготовления любых конструкций леточных узлов, отвечающих запросам потребителя.

Комплексная работа огнеупорщиков и металлургов за последнее десятилетие позволила в значительной степени повысить эффективность работы конвертеров с помощью внедрения вышеперечисленных мер. Между тем существует резерв в достижении оптимальной стойкости футеровки — это прогнозирование и систематизация ремонта рабочего слоя футеровки непосредственно в ходе эксплуатации в совокупности с повышением качества применяемых огнеупоров.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ГРУППА «МАГНЕЗИТ» ПРОЕКТИРУЕТ И ВЫПОЛНЯЕТ ФУТЕРОВКУ МЕТОДИЧЕСКИХ И ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

© М. Ю. Турчин¹, С. В. Долгих²

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

² ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

Растущие требования к качеству готового проката диктуют жесткие условия к технологии прокатного производства, что, в свою очередь, ужесточает требования к равномерности нагрева металла как перед прокаткой, так и в процессе последующей термообработки готового продукта. Все большее значение приобретают вопросы оптимизации энергетических затрат. Группа «Магнезит» приняла решение активно участвовать в этой деятельности на территории России и СНГ; для этого сегодня имеются отличные перспективы с учетом технических, сервисных и производственных возможностей предприятия. Изначально работа была построена на изучении уникального опыта ведущих мировых компаний по данному направлению, поэтому в качестве стратегического партнера в проектах модернизации

печей прокатного производства и машиностроения была выбрана западноевропейская огнеупорная компания RATH. Эта компания, являясь лидером в производстве качественных высокотемпературных теплоизоляционных материалов, имеет большой опыт в реконструкции шамотной футеровки прокатных печей, построенных еще по советским проектам в Восточной Европе, а также в разработке новых агрегатов прокатного производства.

В 2012 г. между Группой «Магнезит» и фирмой RATH AG, Германия, было заключено стратегическое соглашение. В рамках этого соглашения Группа «Магнезит» берет на себя ответственность за выполнение проектной документации специалистами инжиниринга при участии специалистов фирмы RATH и осуществле-

ние комплексной поставки материалов и услуг в выполнении футеровочных работ и несет по ним гарантийные обязательства. С 2012 г. Группа «Магнезит» является членом НП «СПО СПО Южного Урала». Членство в этой организации дает ей право осуществлять лицензированную проектную деятельность при подготовке конструктивных решений в области работ, которые влияют на безопасность объектов капитального строительства, к которым, безусловно, относятся все тепловые агрегаты прокатного производства. Компания RATH AG, имея передовой опыт в подобных проектах, а также уникальные решения в части огнеупорных материалов, берет на себя авторский надзор на стадии реализации проектов. При этом для удешевления проектов осуществляется частичная замена огнеупорной продукции RATH на огнеупорную продукцию Группы

«Магнезит»; не исключено также применение высококачественных огнеупорных материалов иных предприятий любых государств. Некоторые виды огнеупорных изделий (сводовые или подовые блоки, блоки для изоляции глиссажных труб и т. п.) будут изготавливаться из огнеупорных материалов фирмы RATH на производственных мощностях Группы «Магнезит» под контролем специалистов RATH.

Именно такая форма организации сотрудничества, где, с одной стороны, самые передовые технические решения мирового уровня, а с другой — оптимизация стоимости проектов за счет широкого использования ресурсов российских предприятий, позволит наиболее полно и эффективно участвовать как в реконструкции действующих тепловых агрегатов прокатного производства, так и в строительстве новых.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ МАГНЕЗИТОВОГО ЗАБАЛАНСОВОГО СЫРЬЯ

© А. П. Баранов¹, к. т. н. М. И. Назмиев¹, В. Н. Котровский¹, А. И. Урванцев², И. А. Урванцев²

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

² ООО «Русская Корона», г. Екатеринбург, Россия

Современное производство может быть максимально эффективным только при использовании энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий. В условиях деятельности Группы «Магнезит» при проведении горных работ ресурсосберегающие технологии выходят на первый план. В процессе подготовки карьерной магнетитовой массы к обогащению в тяжелых суспензиях из нее высевают мелкую фракцию (<8 мм). Зерновой и химический составы высевок нестабильны: среднее содержание SiO₂ и CaO составляет соответственно 1,84 и 3,14 %, а текущие значения каждого из этих показателей изменяются от 0,3–0,5 до 13,4–13,8 %. Горная масса такого качества остается невостребованной, поэтому ее складывают на отдельных внешних складах.

В 2012 г. Группой «Магнезит» совместно с ООО «Русская Корона» разработана технология обогащения сырого магнетита фракции мельче 8 мм. В основу разработанной технологии положен метод сухого обогащения полезных ископаемых с использованием пневмоэлектрической сепарации. В качестве основного оборудования предложены пневмоэлектрические сепараторы компании «Русская Корона». Исходным материалом являлись отсевики фракции мельче 8 мм, измельченные до крупности 0,040–0,315 мм с содержанием SiO₂ 2–4 % и CaO 4–5 %. Новая технология позволяет получить концентрат с выходом около 55 %

и содержанием SiO₂ 0,41 % и CaO 1,82 %. Проектная производительность технологического потока — 100 тыс. т обогащенного концентрата. Удельный расход исходного сырья (отсевок) на 1 т концентрата не превышает примерно 2,15. Комбинируя число ступеней электросепарации, можно достичь примерно 23 % выхода концентрата с содержанием SiO₂ 0,30 % и CaO 1,27 %. При этом удельный расход исходного материала будет более 4.

Достоинством новой технологии является низкая энергоемкость, в первую очередь за счет отсутствия использования воды или водных растворов. Концентрат пневмоэлектрической сепарации состоит из зерен фракции мельче 0,315 мм с развитой поверхностью. Это позволяет использовать в технологии обжига многоподовые печи, печи со взвешенным слоем, а также вихревой кальцинатор, процесс кальцинации в котором по сравнению с вращающейся печью ускоряется на 2–3 порядка, а тепло отходящих газов используется для подогрева материала, поступающего на кальцинацию. Новая разработка повышает перспективы реализации принципов безотходной технологии, поскольку остальные продукты пневмоэлектрической сепарации (полупродукт и хвосты) после проведения дополнительных работ можно будет использовать в производстве различной продукции.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕКОВ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ СМОЛ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГРАФИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

© Д. т. н. Н. Ю. Бейлина, Н. В. Липкина, А. В. Петров

ОАО «НИИГрафит», Москва, Россия

Технологические аспекты получения конструкционных графитов и углерод-углеродных композиционных материалов во многом определяются технологией и каче-

ством исходных сырьевых материалов. В качестве сырья для производства большинства марок конструкционных графитов используют каменноугольные пеки с

температурой размягчения в интервалах 65–85 и 135–150 °С. Высокотемпературный каменноугольный пек с температурой размягчения 135–150 °С и выше используют также для получения пекового кокса. Пековый кокс, который ранее применяли при производстве анодных и металлургических масс, сегодня все чаще используется при производстве конструкционных графитов в связи с прекращением выпуска нефтяного специального пиролизного кокса КНПС. Показано, что на основе этого наполнителя можно получать материалы с повышенной эксплуатационной стойкостью на уровне лучших отечественных и мировых образцов. Он отличается от выпускаемых отечественной промышленностью нефтяных коксов низкой зольностью и пониженным содержанием серы (в 3–6 раз), имеет высокую структурную прочность и изотропную структуру.

При технологических испытаниях промышленных пековых коксов различных производителей — ОАО

«Северсталь», ОАО «Мечел-кокс», а также опытных образцов коксов из пеков производства ОАО ММК, ОАО НТМК установлено, что режимы и способы получения пеков влияют на качество (структуру и свойства) получаемых из них коксов. На качество (структуру, плотность, прочность, теплофизические свойства) графита из этих коксов влияет также и степень прокаливания пековых коксов, которая определяет структурные изменения (усадки) коксопековой композиции как в процессе обжига до 1300 °С, так и при графитизации до 2800 °С коксопековых композиций при получении искусственных графитов. Показано, что в условиях прекращения производства пекового кокса в ОАО «Северсталь» наиболее предпочтительным сырьем для конструкционных графитов становятся пековый кокс и высокотемпературный пек производства челябинского ООО «Мечел-Кокс».

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ КРЕМНЕЗЕМИСТОГО СЫРЬЯ НА ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ВОЛЛАСТОНИТА

© Д. т. н. Т. В. Вакалова, д. т. н. Н. С. Крашенинникова, Н. П. Карионова, Н. К. Абилябаева
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
г. Томск, Россия

В связи с возрастающими требованиями к эксплуатационным свойствам современных керамических материалов особое внимание привлекает к себе волластонитовая керамика благодаря ее высокой прочности, низкой теплопроводности и несмачиваемости в алюминиевых расплавах. Эти показатели имеют большое значение при производстве теплоизоляционной керамики для футеровки литейной оснастки и тепловых насадок в металлургии, в автомобильной промышленности и др.

Накопленный практический опыт твердофазного синтеза волластонита свидетельствует о лимитирующем действии природы кремнеземистого сырья на синтез волластонита из оксидов, в частности его природы, минерального состава и степени дефектности структуры. Выявлено, что наибольшую активность в процессе волластонитообразования проявляет аморфный кремнезем независимо от природы кальцийсодержащего компонента. В данной работе в качестве кремнеземсодержащего компонента шихты для синтеза волластонита по керамической технологии опробовали аморфный тонкодисперсный кремнезем в виде технического продукта — микрокремнезема (отхода производства кристаллического кремния и ферросилиция Новокузнецкого завода ферросплавов). Этот материал был выбран ввиду его повышенной реакционной способности за счет особенностей структурно-фазового состава (рентгеноаморфного состояния и высокой дисперсности частиц размерами 0,3–0,5 мкм, агрегированных в скопления до 10–30 мкм). В качестве природного кальцийсодержащего сырья использовали известняк Каменского месторождения (Томская обл.) и мел Белгородского месторождения. Разработку составов шихт для синтеза волластонита на основе исследуемого природного и техногенного сырья проводили с учетом стехиометрического состава волластонита — 48,3 мас. % CaO и 51,7 мас. % SiO₂. Кальцийсодержащий сырьевой компонент (мел, известняк) измельчали сухим способом в шаровой мельнице до полного прохода через сетку № 0063, а микрокремнезем использовали с исход-

ным зерновым составом. Измельчение карбонатной добавки (мела и известняка) до размера частиц менее 0,063 мм необходимо для создания однородного тонкодисперсного компонента, обладающего повышенной дефектностью структуры и развитой поверхностью контакта с частицами микрокремнезема, что в совокупности обеспечивает максимальную полноту протекания процессов синтеза волластонита за счет увеличения скорости и интенсивности реакций в твердой фазе.

Гомогенизацию сырьевой смеси осуществляли путем добавления микрокремнезема к тонкоизмельченному кальцийсодержащему компоненту в шаровую мельницу при дополнительном перемешивании смеси в течение не менее 0,5 ч. Пластификацию проводили путем введения в смесь органического связующего (1,5 %-ного раствора метилцеллюлозы или 10 %-ного раствора лигносульфоната кальция) в количестве, обеспечивающем влажность шихты 6–8 %. Пластифицированную шихту уплотняли полусухим прессованием под давлением 20–25 МПа, обеспечивающим максимальную степень уплотнения шихты, которую оценивали по кажущейся плотности сырца.

Поскольку известно, что разложение кальцита в известняке и меле начинается при температуре не ниже 950 °С, брикетированную шихту обжигали при 1000–1050 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Снижение температуры обжига ниже 1000 °С не обеспечивает полноты протекания процесса синтеза волластонита. Обжиг при температурах выше 1050 °С нецелесообразен ввиду незначительного увеличения выхода целевого продукта.

Установлено, что использование аморфного тонкодисперсного кремнезема в виде микрокремнезема, обладающего повышенной реакционной способностью, в совокупности с оптимальными технологическими режимами процесса способствует активации твердофазного синтеза волластонита и обеспечивает его выход до 90–92 мас. %.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**ПОВЫШЕНИЕ ПЛОТНОСТИ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ КЕРАМИКИ
НА ОСНОВЕ ОГНЕУПОРНОГО ГЛИНОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

© Д. Т. Н. Т. В. Вакалова, д. т. н. Н. С. Крашенинникова, к. т. н. А. А. Решетова,
Л. П. Говорова, А. Ю. Токарева
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
г. Томск, Россия

В Урало-Сибирском регионе сосредоточены крупные месторождения достаточно качественного огнеупорного глинистого сырья, которое может быть использовано в производстве плотноспеченных алюмосиликатных керамических материалов (керамических пропантов, кислотостойкой керамики, сухих барьерных смесей для алюминиевых электролизеров и т. д.), формирование эксплуатационных свойств которых предопределяет правильный подбор сырьевых компонентов, рецептуры масс и технологических особенностей процесса получения готового продукта. Одной из проблем, возникающих при получении плотноспеченной алюмосиликатной керамики, является необходимость интенсификации процессов синтеза и спекания муллита.

С этой целью в данной работе опробовали в качестве основного глиносодержащего сырья продукты обогащения отечественных каолинов месторождения Журавлиный Лог (Челябинская обл.), Кампановского месторождения (Красноярский край), а также каолина-сырца и глинистого боксита Гавриловского участка Барзасского месторождения (Кемеровская обл.). В качестве добавок, регулирующих свойства алюмосиликатных масс и изделий, были опробованы природные алюмосиликатные компоненты (гавриловский глинистый боксит, диабазовый порфирит Васильевского месторождения Кемеровской обл.) и техногенные высокоглиноземистые (технический глинозем), а также оксидные минерализующие добавки.

Установлено, что использование высокожелезистого (Fe_2O_3 16–17 %) глинистого боксита в количестве 20–30 мас. % интенсифицирует процесс спекания каолина в 2 раза, обеспечивая при 1400 °С улучшение прочностных характеристик в 1,5 раза. Добавка диабазового порфирита в огнеупорное глинистое сырье в количестве 10–30 мас. % оказывает спекающе-упрочняющее действие за счет образования силикатного расплава, обеспечивая повышение прочности материала в 1,5–2,0 раза при температуре обжига 1350 °С. Использование комплексной добавки в виде смеси диабазовой породы (10–20 %) с пиритными огарками (5 % сверх 100 %) резко активизирует процесс спекания као-

лина в интервале 1350–1450 °С за счет изменения реологических свойств и повышения реакционной способности железисто-силикатного расплава, приводя к расплавлению каолино-диабазовых композиций при температуре обжига 1450 °С.

При использовании оксидных добавок выявлено, что эффективность действия добавок оксидов 3d-переходных элементов, образующих дефектные твердые растворы с муллитом (Fe_2O_3 и MnO_2), и добавок оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов, регулирующих реологические свойства силикатных расплавов (Na_2O и CaO), на процесс уплотнения и упрочнения каолина определяется температурой обжига композиций из глинистого сырья. По эффективности влияния на спекание алюмосиликатной керамики в интервале 1400–1450 °С выбранные добавки можно расположить в следующий ряд: $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{MnO}_2 > \text{Na}_2\text{O} > \text{CaO}$. Активирующее действие добавок оксидов железа количестве 2–11 мас. % на спекание огнеупорного глинистого сырья заключается в образовании как дефектных твердых растворов с муллитом, так и легкоплавких эвтектик, обеспечивающих снижение температуры спекания каолина на 100–150 °С.

Для количественной оценки активности действия минерализаторов на процесс упрочнения каолина при различной температуре его предварительной термообработки и спекающего обжига предложен коэффициент термической активности минерализатора. По характеру действия добавок на процесс спекания и активность действия минерализатора предложен ряд термической активности для каждой группы минерализаторов в зависимости от температурных условий ведения процесса.

Полученные данные позволили определиться с оптимальными условиями проведения процесса активации спекания каолина для каждого вида минерализующей добавки.

* * *

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ 3.3055.2011и.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ФУТЕРОВОЧНЫХ МАСС
НА ОСНОВЕ КАРЕЛЬСКОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

© К. т. н. А. С. Завёрткин
ФГБУН «Институт геологии КарНЦ РАН», г. Петрозаводск, Россия

На основе системного анализа выделены некоторые перспективные месторождения карельского сырья для футеровочных масс. К ним относятся кварциты, жильный кварц, шунгитосодержащие и талькохлоритовые сланцы. Пригодность сырья отдельных месторождений опреде-

лялась при проведении лабораторных исследований, промышленных испытаниях с последующим внедрением в производство разработанных технологий. По некоторым видам сырья сделаны эмпирические предложения с использованием сравнительных характеристик.

Для изготовления футеровки, огнеупорного бетона, кирпича, плит, теплоизоляционных засыпок могут быть использованы такие магнезиальные породы Карелии, как талькохлорит, талькомагнезит и талькокарбонат после обогащения с введением в их состав тугоплавких дисперсных минеральных компонентов: шамота, технического глинозема, периклаза. Глиноземистая футеровка применяется в виде пластичных футеровочных масс и требует длительной сушки. Она широко применяется в канальных индукционных печах, где требуется высокая продолжительность службы футеровки за кампанию печи. Для высокоглиноземистой футеровки индукционных тигельных печей и получения огнеупорных бетонов может быть использован кианитовый концентрат, получаемый при обогащении кианитового сырья Хизоваарского месторождения Республики Карелия и Кейвского месторождения, расположенного на Кольском полуострове. Кислая футеровка обычно выполняется из кварцевого песка или кварцита, она дешевле магнезитовой и глиноземистой, а усадка кислой футеровки компенсируется ростом при аллотропическом превращении кварца. Футеровка из кварцитов месторождения Метчангъярви с содержанием кремнезема выше 97,5 % имеет высокую износостойчивость. Для футеровки индукционных печей могут использо-

ваться также кварциты Шокшинского месторождения, чупинский жильный кварц и кварцевые пески.

При разработке технологических процессов получения заданных свойств футеровочных материалов необходимо:

1. Проводить обогащение сырья, его измельчение, подбирать оптимальные вещественный и зерновой составы.

2. В процессе смешивания вводить в состав футеровочной массы минерализующие и тугоплавкие компоненты, а также отходы производства с целью их утилизации.

3. Вышеуказанные мероприятия повышают эффективность применения местного и техногенного сырья, увеличивают продолжительность службы футеровки тепловых агрегатов и способствуют внедрению ресурсосберегающих технологий.

4. Для экономии сырья и утилизации отходов производства необходимо шире (в Российской Федерации) использовать в производстве огнеупорных материалов отходы металлургической и горнодобывающей промышленности. Следует отметить, что при выборе связующих добавок снижение инфильтрации металла и шлака в стенку тигля наблюдалось при наличии в составе футеровочной массы CaF_2 и фосфатного связующего.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПРИМЕНЕНИЕ КВАРЦЕВЫХ И КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВЫХ ПЕСКОВ ДЛЯ ПЕСЧАНО-ЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК СУШИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ

© К. Т. Н. А. С. Завёрткин

ФГБУН «Институт геологии КарНЦ РАН», г. Петрозаводск, Россия

В связи с повышением требований к качеству литейного производства высококачественными песками остается актуальной. Литейный завод АО «Петрозаводскмаш» испытывает недостаток в песках зернистостью 0,6–0,8 мм для получения сушильных цилиндров. Для решения этой проблемы завод использовал формовочный песок из Финляндии (фирмы «Валмет»), а также с Гусаровского месторождения, затрачивая средства на его транспортировку. Из песков готовили стержневые песчано-цементные смеси. Цель настоящей работы — выявление возможности замены импортного и привозного песка карельским.

На Литейном заводе АО «Петрозаводскмаш» были изготовлены формы и стержни из исследуемых песков и портландцемента. Были подобраны составы, определены физико-керамические свойства смеси. Формы и стержни сушили, покрывали противопожарными покрытиями на основе пасты ГБ с добавками, улучшающими свойства покрытий, заливали чугуном, выплавленным в лабораторной индукционной печи ИСТ-0,06

при 1330–1360 °С. Затем стержни и отливки осматривали, оценивали их качество, чистоту поверхности (наличие пригара). Из девяти проб карельского песка были получены отливки с чистой поверхностью без пригара. При производственных испытаниях песка были изготовлены стержни для получения отливок массой 1,5 т, заливка которых металлом дала положительные результаты.

В производственных условиях металл плавил в 8- и 25-т индукционных печах шведской фирмы ASEA, заливку металла производили при 1345–1350 °С, длительность заливки-отливки сушильных цилиндров 45–55 с, время от начала модифицирования до заливки металла в форму не более 17 мин.

Результаты исследования показали возможность применения карельского песка в качестве формовочного материала, в том числе сушильных цилиндров, при проведении предварительной регенерации-удаления излишнего количества глинистой составляющей до 0,5–0,6 мас. %.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ БРИКЕТОВ

© А. А. Кийк¹, С. В. Маркова², И. В. Кормина², Ж. С. Маркова²¹ ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия² ООО «Полипласт Новомосковский», г. Новомосковск Тульской области, Россия

В связи с истощением природных ресурсов в металлургии все чаще используют тонкоизмельченные концентраты и продукты предстоящих переделов. Однако та-

кая тенденция удешевления производства отрицательно сказывается на технологических и экологических аспектах металлургического производства. Это прояв-

ляется в ухудшении хода шахтных агрегатов в силу слабой фильтрации газов в слое и повышенного выноса материала с пылевым потоком. В результате этого переработка тонкодисперсных материалов приводит к снижению производительности печей и ухудшению качества спекаемого продукта.

Для достижения высоких технико-экономических показателей в слоевом процессе необходимо применять сырье с однородным гранулометрическим составом и соответствующей механической прочностью. Технология брикетирования как способ упрочнения мелкодисперсных твердых материалов с применением связующих компонентов известна с первой половины XIX века и по настоящее время остается, наряду с агломерацией и окатыванием, основным методом окучкования. Традиционно используемые связующие для брикетирования (природные алюмосиликатные материалы, техногенные отходы целлюлозно-бумажного, пищевого, нефтехимического и других производств) характеризуются повышенным расходом — более 12 %. Брикеты, как правило, требуют термообработки после формования, имеют длительный период упрочнения, содержат значительное количество оборотного продукта (>30 %) из-за низкой механической прочности, что усложняет их транспортировку и дальнейшее применение. Поэтому сейчас представляют интерес связующие добавки с высокой формовочной способностью, которая обеспечивает улучшение однородности микроструктуры брикета за счет эффективности распределения мелких частиц и заполнителей, соответственно, выравнивание давления формования, повышение прочности и улучшение характеристик продукта.

Высокотехнологичные органические водорастворимые полимеры нового поколения серии Термопласт СВ производства компании «Полипласт Новомосковск» позволяют реализовать вышеуказанные требования к брикетированию. Данные полимеры-связующие представляют собой комплексы поверхностно-активных ве-

ществ направленного синтеза на основе модифицированных полиметиленафталинсульфонатов. Поверхностная активность, а соответственно, и смачиваемость обеспечиваются за счет образования длинноцепочечных анионов в процессе диссоциирования полярных групп в водном растворе. Связующее Термопласт СВ применяется при брикетировании различного минерального сырья для огнеупорной и металлургической промышленности: отсевов каменного угля и кокса, металлизированной окалины и ферросплавов, хромового и медного концентратов, шлаков цветной металлургии, периклаза и др. Подбор наиболее подходящего связующего для соответствующей технологии формования производится с учетом индивидуальных особенностей брикетировочного материала на базе научно-технического центра в лабораториях компании «Полипласт Новомосковск».

На основании рекомендаций лабораторных исследований проводятся промышленные испытания для установления рациональных параметров брикетирования. Связующие Термопласт СВ прошли опытно-промышленные испытания на технологических линиях ОА «ТНК «Казхром» (г. Хромтау, Республика Казахстан) при брикетировании хромовой руды, ОАО «Комбинат «Южуралникель» (г. Орск) при формовании коксового отсева. В ООО «Гипроникель» (Санкт-Петербург) прошли пилотные испытания связующего для брикетирования медно-никелевого концентрата. Связующее Термопласт 1СВ эффективно применяется в ОАО «Комбинат «Магнезит» при производстве периклазового брикета.

По результатам промышленных испытаний связующие серии Термопласт СВ получили положительные рекомендации к внедрению в производство для брикетирования, что подтверждает эффективность применения полимерного связующего в производстве металлургических брикетов за счет расширения сырьевой базы, повышения качества и стабильности выпускаемой продукции.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПЕРЕРАБОТКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА

© М. А. Михеенков

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Переработка металлургических шлаков с высоким содержанием оксидов железа в минеральные вяжущие вещества, особенно в портландцемент, затруднена вследствие низкой гидравлической активности ферритов кальция. Результаты ряда исследований свидетельствуют о возможности повышения гидравлической активности ферритов кальция за счет сульфатирования, формирования в вяжущей системе ферритов бария или значительного количества браунмиллерита C_4AF (цемент Феррари). Однако все эти цементы имеют узкоспециализированную сферу применения. Наиболее широко шлаки с высоким содержанием оксидов железа используются в качестве железосодержащей добавки в количестве от 2,0 до 5,0 % при производстве общестроительного портландцемента. Шлаки медеплавильного производства содержат значительное количество

оксидов железа (до 70 %), однако обогащение этих шлаков по оксиду железа затруднено вследствие того, что большая их часть связана в фаялит и до 80 % находится в стеклофазе. Переработка шлаков также затруднена из-за присутствия в них мышьяка, сульфидов меди и цинка.

Предложена комплексная переработка медного шлака, включающая гидрометаллургическое извлечение цветных металлов и мышьяка, восстановительный обжиг хвостов обогащения, разделение продуктов обжига на силикатный и железный концентрат с прокаливанием силикатного концентрата до получения минерального вяжущего вещества. Особенность восстановительного обжига заключается в введении в сырьевую смесь вместе с восстановителем карбоната кальция в количестве, необходимом для формирова-



ПОЛИПЛАСТ®

ИДЕЯ. КАЧЕСТВО. МАТЕРИЯ

Технологические добавки для огнеупорных изделий



серии **ТЕРМОПЛАСТ**

- обеспечивают высокую плотность огнеупора
- улучшают однородность микроструктуры, реологические и механические свойства
- улучшают формовочную способность
- обеспечивают возможность использования дополнительных цементирующих материалов
- позволяют использовать отечественное сырьё

ООО "Полипласт Новомосковск"

301661, Тульская область, г. Новомосковск,
ул. Комсомольское шоссе, д. 72
Тел./факс: (48762) 2-09-90
e-mail: sekretar@polyplast-nm.ru
www.polyplast-un.ru



ния при обжиге минералов портландцементного клинкера. При обжиге создаются благоприятные термодинамические условия для разрушения фаялита и стеклофазы, формирования кристаллических фаз клинкера и восстановления оксидов железа. В процессе восстановления изменяются плотность и ферромагнитные свойства оксидов железа и создаются благоприятные условия для разделения силикатного и железосодер-

жащего концентрата. На основе силикатного концентрата получен портландцементный и белитовый клинкер для приготовления общестроительного и тампонажного цемента. С помощью подобной безотходной переработки концентрируется для захоронения мышьяк и получаются ценные продукты — цветные металлы, железосодержащий концентрат и минеральные вяжущие вещества.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

МИКРОКРЕМНЕЗЕМ — ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ТЕХНОГЕННОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

© Д. Г.-м. н. В. А. Перепелицын¹, М. Н. Дунаева¹, К. А. Максун¹, В. Ю. Царёв²

¹ ОАО «Первоуральский динасовый завод», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

² ООО «Кефрон», г. Екатеринбург, Россия

Приведены результаты комплексного материаловедения техногенного микрокремнезема, образующегося в качестве побочного продукта при электротермическом производстве кристаллического кремния. Исходный продукт представляет собой гранулированный порошок с размером округлых частиц менее 1,5 мм; преобладает фракция 0,09–1,00 мм (>75 %). Фазовый состав представлен в основном высококремнеземистым стеклом (90–92 %). Примесями являются аморфный углерод, кремний $Si_{крисст}$ и карбид кремния — α - и β -SiC (8–10 %).

Для изучения поведения при нагревании, определения вещественного состава, микроструктуры, физико-химических свойств и областей применения исследован материал до и после обжига в окислительной среде при 1400 °С с выдержкой 5 и 15 ч. Установлено, что в обожженном продукте произошли почти полное превращение высококремнеземистого стекла в кристобалит (60–65 %) и тримит (25–27 %), выгорание аморфного углерода и незначительное окисление $Si_{крисст}$ и SiC. При этом открытая пористость крупной фракции (0,5–1,5 мм) увеличилась от 18,4 до 38,0 %. Огнеупорность обожженного материала 1630–1650 °С. Исходный продукт имеет низкую механическую прочность, частицы всех размеров легко измельчаются в дисперсный порошок фракции мельче 0,063 мм. После термообработки механическая прочность частиц возрастает в 15–20 раз. Особенностью микроструктуры всех фракций гранул является сфероидальная и в меньшей мере эллипсоидальная, т.е. исходная форма гранул сохраняется и после обжига во всем интервале

температур от 20 до 1400 °С. Обожженные гранулы имеют различную макро- и микроструктуру. В зависимости от внутреннего строения выделяются следующие разновидности: относительно монолитные с внутренними микровключениями в центре, относительно монолитные без микровключений и пустотелые с центральной полостью (цинофферы). Насыпная и истинная плотность гранул 0,39–0,63 и 2,13–2,18 г/см³ соответственно; имеется тенденция к увеличению плотности наиболее мелких фракций.

В отличие от чистого синтетического микрокремнезема техногенный продукт после обжига представлен немоминеральным кристобалитом, а его фазовый состав полиминеральный, во многом аналогичен динасу (тримит, кристобалит, остаточная стеклофаза). Специфическое высокотемпературное поведение, вещественный состав и свойства позволяют считать техногенный микрокремнезем перспективным вторичным минеральным сырьем для различных видов огнеупорной и керамической продукции: в виде добавки в огнеупорные бетоны различного состава и в теплоизоляционные изделия с температурой службы до 1400–1500 °С; керамических пропантов; фильтрующей керамики; наполнителей эластомеров; теплоизоляционных засыпок; компонентов глазурей, эмалей, флюсов, шлакообразующих смесей и других композитных материалов. Техногенный микрокремнезем является сравнительно дешевым и доступным минеральным сырьем полифункционального применения. Исследования по рациональному использованию этого сырья продолжаются.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ТЕХНОГЕННЫЙ МАТЕРИАЛ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОМОЛИБДЕНА

© Д. Г.-м. н. В. А. Перепелицын, д. э. н. В. М. Рывин, А. В. Хватов, к. т. н. В. А. Абызов, к. т. н. А. Н. Абызов

ООО «Ключевская обогатительная фабрика», пос. Двуреченск Свердловской обл., Россия

В 2012 г. впервые в практике ОАО «Ключевский завод ферросплавов» (ОАО КЗФ) осуществлена промышленная выплавка ферромолибдена алюминотермическим способом. Вещественный состав и микроструктура нового техногенного минерального продукта — шлака от выплавки ферромолибдена алюминотермическим способом в ОАО КЗФ существенно отличается от других шлаков этого предприятия высоким содержанием CaO и очень низким значением глиноземистого модуля

$Al_2O_3/(CaO+MgO) \leq 1,0$. Химический состав продукта приведен в таблице, мас. %.

Проба	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	MoO ₃	FeO
Партия Т 24	41,0	48,00	7,6	0,90	0,10	1,40
Средняя	44,3	48,16	4,9	0,74	0,14	1,10

По данным рентгенофазового анализа, выполненного к. ф.-м. н. В. М. Устьянцевым (ФГАУ ВПО УрФУ),

шлаковый материал имеет необычный фазовый состав, мас. %: майенит $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 47$, фаза (без названия) $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 50$, другие примесные фазы ~ 3 . По данным петрографического анализа полный минеральный состав материала следующий, мас. %: майенит $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ 40–45, $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ 50–55, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 2–3, ферромолибден 1,0–1,5.

Плавный материал имеет характерную порфировую микроструктуру, в которой вкрапления представлены более тугоплавкой фазой $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, а основная масса состоит из майенита. В массе майенита имеются мелкие включения $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и металла (FeMo). Майенит является самым легкоплавким соединением в системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$, его $T_{\text{пл}}$ 1413 °С. Тройное соединение $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ имеет $T_{\text{пл}}$ около 1460 °С, что и предопределяет его первую кристаллизацию при охлаждении шлакового расплава. В связи с присутствием относительно легкоплавких соединений расчетная температура плавления этого шлака составляет около 1500 °С. Специфический вещественный состав

обуславливает комплекс физико-химических свойств этого техногенного материала. Продукт обладает повышенной гидратационной активностью, так как его минеральной основой является быстротвердеющий высокоосновный алюминат кальция — майенит $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$, и может быть использован в качестве активизирующей добавки к высокоглиноземистым цементам.

Вторым перспективным направлением рециклинга этого продукта является применение в качестве практически готового рафинировочного шлака для выплавки специальных сталей с низким содержанием серы. Наконец, данный техногенный материал представляет интерес как заполнитель жаростойких бетонов, особенно для футеровки агрегатов цветной металлургии, а также как отвердитель огнеупорных бетонов на жидко-стеклоном вяжущем.

В настоящее время комплексное материаловедение продукта продолжается в Инженерно-техническом центре ОАО «УК «РосСпецСплав — Группа МидЮрал».

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ СВЯЗУЮЩИХ ДОБАВОК СЕРИИ ТЕРМОПЛАСТ СВ В ТЕХНОЛОГИИ АГЛОМЕРАЦИИ

© А. А. Пономаренко^{1,2}, И. В. Кормина², С. В. Маркова²

¹ ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

² Научно-технический центр НБН ООО «Полипласт Новомосковск», г. Новомосковск, Россия

В настоящее время агломерация остается основным способом окускования мелкодисперсного железорудного сырья для подготовки его к доменной плавке. Известно, что использование в составе агломерационной шихты большой доли мелкодисперсного сырья (железорудного концентрата и отходов металлургического производства, колошниковой пыли, шлаков и шламов) вызывает ухудшение ее газопроницаемости. Это приводит к снижению интенсивности процессов спекания и удельной производительности агломашин, ухудшению качества агломерата и увеличению выбросов экологически вредной пыли с аглогазам. В этой связи особое значение в технологии агломерации имеет предварительная подготовка шихты — увлажнение и окомкование. Поэтому эффективное управление процессом окомкования аглошихты, обеспечивающее получение оптимального фракционного состава, позволяет достигнуть высоких технико-экономических показателей агломерационной технологии. Для этого необходимо либо обеспечить крупный фракционный состав шихты за счет добавления возврата мелкого агломерата (25–30 мас. %), направляемого на повторное спекание, частицы которого играют роль центров грануляции, либо варьировать влажность шихты, а также длительность окомкования путем изменения угла наклона гранулятора. Однако наиболее эффективным способом управления процессом окомкования полидисперсной агломерационной шихты является применение связующих добавок при равномерном увлажнении.

Большинство отечественных аглофабрик используют в качестве связующих добавок в основном натриевое жидкое стекло и обожженную известь. Увеличение количества извести в агломерационной шихте до сих пор считается основным методом повышения про-

изводительности агломашин при ее расходе 70–75 кг/т агломерата. С учетом больших энергетических и материальных затрат на производство обожженной извести и жидкого стекла необходимы разработка и внедрение инновационных связующих добавок, обеспечивающих высокую эффективность агломерационного производства при низких затратах.

Для агломерации шихты выпускаются несколько зарубежных добавок, таких как Peridur и Floroform. Российским производителем добавок аналогичного назначения является компания «Полипласт Новомосковск», выпускающая специализированную для ГОК серию добавок Термопласт СВ. Эти добавки представляют собой водорастворимые поверхностно-активные вещества (ПАВ), содержащие смесь натриевых и полиалкиленоксидных производных полиметиленафталинсульфокислот с различными функциональными группами, молекулярной массой и степенью полимеризации. ПАВ способны образовывать интерполимерные комплексы полиэлектролитов с пониженной вязкостью, улучшенной смачивающей и адгезионной способностями по отношению к частицам аглошихты. Образование интерполимерных комплексов происходит в водных растворах посредством связывания противоионов при увлажнении шихты в процессе окомкования. В начальный момент образовавшийся первичный комплекс неустойчив. С повышением влажности шихты происходит перестройка первичного комплекса в более упорядоченное состояние. При этом образуются новые зоны контакта, что облегчает накатывание мелких частиц на крупные частицы. Наличие полиалкиленоксидных групп в макромолекулах ПАВ улучшает их адгезию по отношению к поверхностям, обладающим высокой свободной энергией, каковыми являются частицы железорудного концентрата. Смачивающая способность ПАВ по отношению к гидрофобной поверхно-

сти твердого топлива (кокса) в аглошихте увеличивается с повышением количества карбоксильных групп в макромолекулах ПАВ. Одновременное присутствие в макромолекулах ПАВ несвязанных разнородных функциональных групп обеспечивает их высокую адгезию как к полярной поверхности рудных частиц, так и к неполярной поверхности частиц твердого топлива. В связи с этим появляется возможность расположения частиц кокса не в объеме гранулы окомкованной шихты, а на ее поверхности, придавая гранулам высокую прочность.

Таким образом, специфическая способность водорастворимых ПАВ образовывать комплексы, содержащие одновременно разнородные как связанные, так и не связанные между собой функциональные группы, позволяет достичь высокой степени окомкования и получить гранулы, устойчивые к разрушению, создавая предпосылки для увеличения высоты слоя шихты и улучшения ее газопроницаемости. Подбор добавок осуществляется индивидуально под конкретную шихту.

Проведены лабораторные и полупромышленные испытания, в результате которых установлена принципиальная возможность применения добавок Термо-

пласт СВ в технологии агломерации. Например, в результате применения связующих добавок марки Термопласт СВ в количестве от 500 г до 2 кг на 1 т железорудного агломерата зафиксировано увеличение степени окомкования шихты на 23,6–31,3 %, удельной производительности агломашин до 26,5 %, производительности по спеку на 21,3 %; при этом количество FeO возросло с 1,5 до 8,1 %. В ряде случаев установлено повышение высоты агломерационного слоя. В совокупности улучшение технологических параметров агломерации способствует снижению удельного расхода природного газа, электроэнергии и кокса. Для расширения применения связующих добавок Термопласт СВ будут продолжаться научно-исследовательские работы на базе лаборатории НТЦ НБН ООО «Полипласт Новомосковск» с апробацией связующих на действующих ГОКах.

Таким образом, применение связующих добавок Термопласт СВ компании «Полипласт Новомосковск» является инновационным решением в повышении эффективности подготовки агломерационной шихты к спеканию, позволяющим увеличить производительность по агломерату и повысить его качество.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦИРКОНИСТЫХ ОГНЕУПОРОВ В РОССИИ

© Д. Т. Н. В. А. Соколов, к. т. н. С. В. Махов
НИТУ МИСиС, Москва, Россия

Цирконистые огнеупоры — цирконовые, бадделеитовые и плавлено-литые бадделеитокорундовые благодаря высоким огнеупорности и коррозионной стойкости к металлическим и минеральным расплавам относятся к высококачественным материалам в металлургии и стекловарении. Применение цирконовых огнеупоров для непрерывной разливки стали является одним из примеров их эффективного использования в металлургии. Поскольку современная технология стекловарения не может обойтись без бадделеитокорундовых огнеупоров, в последнее десятилетие новые производства этих материалов были организованы в Бельгии, Австралии, Индии, Китае. Широкий ассортимент цирконистых огнеупоров для металлургии и стекловарения производят фирмы «SEPR Group», Франция, RHI, Германия, и др. В России небольшой объем цирконовых огнеупоров для металлургии производят ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров» и ОАО «Динур», а общее количество выпускаемых плавлено-литых бадделеитокорундовых огнеупоров для стекловарения не превышает 10 тыс. т в год. Из-за отсутствия отечественного цирконийсодержащего сырья (циркона и диоксида циркония) основную массу бадделеитокорундовых огнеупоров для стекольной промышленности поставляют зарубежные фирмы.

В России ежегодно используется около 15 тыс. т циркона, хотя потребность в нем, по разным оценкам, составляет от 40 до 100 тыс. т. За счет собственного производства потребности России в цирконийсодержащем сырье удовлетворяются не более чем на 2–3 %. Единственное в России предприятие по производству циркониевого сырья (бадделеитового порошка) — Ковдорский ГОК выпускает в год 5–6 тыс. т; большая

часть этого количества экспортируется в Норвегию, Японию и в другие страны. Один из самых дефицитных видов минерального сырья — цирконовый концентрат в России не производится, а импортируется из Украины и Австралии. Россия, занимая 3-е место в мире по запасам циркония, не имеет ни одного промышленно разработанного месторождения с выпуском цирконовой продукции. Как правило, титано-циркониевые месторождения могут разрабатываться только комплексно с обязательным выпуском в первую очередь ильменитовых (рутиловых) и цирконовых концентратов, потребность в которых подтверждена промышленностью. А поскольку титан и цирконий относятся к стратегическим видам полезных ископаемых, то развитие их сырьевой базы для самообеспечения России остро необходимо.

В России имеются титано-цирконовые россыпные месторождения с разведанными запасами, которые в случае освоения могли бы обеспечить внутреннюю потребность в цирконовом сырье на десятки лет. К ним относятся Туганское месторождение (Томская обл.), Лукояновское (Нижегородская обл.), Тарское (Омская обл.), Центральное (Тамбовская обл.), Бешпагирское (Ставропольский край).

• **Туганское месторождение.** На его базе в 2002 г. создан Туганский ГОК «Ильменит», ставший первым предприятием в России в части реализации программы по производству цирконового концентрата. Цирконовый концентрат опытно-промышленного производства ЗАО «Туганский ГОК» «Ильменит» по ТУ 1762-002-581914756–2005 содержит, %: $ZrO_2 \geq 60,0$, $TiO_2 \leq 4,0$, $Fe_2O_3 \leq 1,0$, $Al_2O_3 \leq 1$. Хотя по содержанию оксидов же-

леза и титана концентрат пока не удовлетворяет требованиям производства плавлено-литых бадделеитокорундовых огнеупоров, он может достаточно широко применен при получении цирконового производства.

- **Лукояновское** месторождение (Итмановская россыпь). Готово к промышленному освоению, качество сырья высокое (содержание циркона $24,32 \text{ кг/м}^3$).

- **Тарское** месторождение (содержание циркона $4,7 \text{ кг/м}^3$). При подтверждении значительных запасов редкоземельных элементов лантановых и цериевых групп ценность месторождения возрастет в разы. Опытные партии цирконового концентрата, поставляемые в небольших количествах Тарским ГОК по ТУ 1762-003-79932362-2007, содержат, %: $\text{ZrO}_2 \geq 60,0$, $\text{P}_2\text{O}_5 \leq 0,2$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2,5$, $\text{SiO}_2 \leq 37,0$, $\text{TiO}_2 \leq 0,8$, $\text{Fe}_{\text{общ}} \leq 0,15$. Широкое применение концентрата такого качества возможно для производства огнеупоров, ферросплавов, абразивов и др.

- **Центральное** месторождение. Наиболее разведанным и изученным является Восточный участок (длина 7 км, ширина 5 км), имеющий достаточные для проектирования крупного ГОКа высокие концентрации полезных компонентов (содержание циркона $7,28 \text{ кг/м}^3$).

- **Бешпагирское** месторождение (Ставропольский край). Находится в экономически благоприятном районе с развитой инфраструктурой и в 2006 г. поставлено на баланс в ГКЗ. Прогнозные ресурсы месторождения оценены в 4,0 млн т оксида циркония. Запасы первоочередного для освоения составляют $22,535 \text{ млн м}^3$ с содержанием циркона $11,29 \text{ кг/м}^3$.

Все указанные месторождения из-за постоянной смены собственников, отсутствия финансовых средств и невыполнения государством целевых комплексных программ в течение десятилетий являются промышленно не освоенными. Учитывая большие затраты, в первую очередь на основании сравнения экономических показателей разработки этих месторождений, требуется определить наиболее перспективное с целью организации промышленного производства цирконового концентрата и диоксида циркония. Проблема создания в России титано-цирконовой сырьевой базы является общегосударственной, так как от решения этой проблемы зависит экономическая безопасность страны в части обеспеченности цирконийсодержащим сырьем различных отраслей, в том числе атомной промышленности, металлургии, а также огнеупорной отрасли.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМА НОРМАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОКОРУНДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ОГНЕУПОРОВ

© К. т. н. В. В. Шаропова

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина

В связи с дефицитом некоторых видов сырья, используемого при производстве алюмосиликатных огнеупоров, для его экономии и снижения себестоимости готовых изделий, а также комплексного подхода к решению проблемы использования промышленных отходов и охраны окружающей среды представляет интерес изучение возможности применения техногенных минеральных ресурсов.

Разработка принципиально новых и совершенствование существующих схем производства алюмосиликатных огнеупоров на основе синтеза муллита с применением шлама нормального электрокорунда требует углубленного исследования особенностей химико-минерального состава как исходных материалов, так и продуктов их превращения при обжиге. По своим физико-химическим свойствам шлам нормального электрокорунда, образующийся в ОАО «Запорожжиабразив» в количестве 250–300 т/мес, находится в открытом складировании и представляет собой ценное «техногенное месторождение». Состав шлама нормального электрокорунда (по ТУ У 268-0022222-056:2006), мас. %: Al_2O_3 не менее 86, TiO_2 3,82, Fe_2O_3 2,51, SiO_2 2,11.

Отличительной особенностью этого вида сырья является наличие примесей-минерализаторов — соединений железа и титана в количестве, превышающем их содержание в природном сырье и техническом глиноземе. Как показывают микроскопические исследования, примеси-модификаторы находятся как в виде от-

дельных составляющих шлама, так и в виде включений, грубых дисперсий и твердого раствора с корундом. Шлам нормального электрокорунда имеет серую окраску с фиолетовым оттенком и состоит в основном из мелких частиц. Однако размер некоторых обломков корунда и стекла достигает 1,0–1,2 см. По данным микроскопического анализа, шлам состоит главным образом из зерен электрокорунда (80 об. %), соединений титана (рутила, анасовита, титалита) и гидроксидных соединений железа (15 об. %). В незначительном количестве встречаются гексаалюминат кальция, пластинки графита, дисперсные корольки ферросилиция. Корунд находится в виде неправильной обломочной формы и содержит низший оксид титана (Ti_2O_3) в виде твердого раствора.

Для экспериментального подтверждения перспективности использования шлама нормального электрокорунда в огнеупорной промышленности и оценки его потенциальных возможностей при синтезе муллита исследовали фазовые превращения шлама в интервале 400–1500 °С при обжиге на воздухе. Нагрев до 400 °С приводит в основном к удалению гигроскопической влаги и дегидратации лимонита. В интервале 600–700 °С анасовит окисляется до анатаза — низкотемпературной модификации TiO_2 , при 800 °С анатаз переходит в рутил — высокотемпературную модификацию TiO_2 . Распад твердого раствора Ti_2O_3 в корунде происходит при 1000–1200 °С, а Ti_2O_3 окисляется до

рутила. При 1500 °С шлам спекается. Связующей фазой является стекло различного состава. Окраска шлама при нагреве изменяется от темной до желтой.

Для рекомендации технологического процесса производства алюмосиликатных огнеупоров с применением шлама нормального электрокорунда исследовали образцы шамота, полученного из шлама и каолина ПЛКО в пересыпающемся слое во вращающейся печи. Шамот отличается значительной степенью муллитизации. Количество муллита в шамоте 74 %. Длиннопризматический муллит с $N_g = 1,656$ и $N_p = 1,662$ составляет основу шамота и сцементирован прослойками стекла. Муллит нестехиометрического состава содержит в виде твердого раствора оксиды железа, титана, корунд. На основании результатов химического анализа и оптических свойств можно утверждать, что в муллите в виде твердого раствора имеются также низшие оксиды

SiO , Al_2O , TiO в количестве до 0,83 %. Следует отметить, что часть кристаллов муллита покрыта микропленкой стекла. Микротвердость сростков муллита, сцементированного стеклофазой, составляет 1260 HV. На свойства менее ответственных муллитокремнеземистых огнеупоров алюмосиликатная пленка существенно влиять не будет.

Муллит в шамоте, полученном из шлама нормального электрокорунда и каолина, дистен-силлиманита и электрокорунда, а также из дистен-силлиманита во вращающейся печи, имеет нестехиометрический состав. Огнеупорность муллита составляет соответственно 1785, 1790 и 1780 °С. Примеси-минерализаторы существенно не влияют на огнеупорность муллита. Количество муллита в муллитокремнеземистом огнеупоре МКРА-50 74,9 %, в муллитовом МЛС-62 75,11 %.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПИРОФИЛЛИТОВОГО СЫРЬЯ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ

© Д. Т. Н. У. Ш. Шаяхметов, к. т. н. А. Р. Мурзакова, Р. У. Шаяхметов, Е. А. Гончаренко, д. т. н. А. Г. Мустафин
ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», г. Уфа, Россия

Производство огнеупоров в современной промышленности требует освоения новых источников минерального сырья. Поэтому поисково-оценочные работы и исследование физико-химических свойств природных минералов очень актуальны. На территории Республики Башкортостан интерес для промышленной разработки представляет пирофиллитовое сырье месторождения Куль-Юрт-Тау с целью использования его в огнеупорной и керамической промышленности. Ранее на месторождении среди рудовмещающих пород исследователями выявлено широкое распространение пирофиллитсодержащих метасоматитов и определена возможность их использования для керамической и огнеупорной промышленности. Огнеупорные свойства данного сырья обусловлены термическими превращениями пирофиллита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$): конституционная вода удаляется полностью в интервале 700–900 °С; продуктом полной дегидратации является метапирофиллит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$; при 1150 °С метапирофиллит разлагается с образованием муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) и кристобалита (SiO_2).

Авторами работы проведены физико-химические исследования пород минерала пирофиллита в южной части отвала месторождения Куль-Юрт-Тау для оценки возможности его использования в огнеупорной и керамической промышленности. Усредненный минеральный состав образцов пирофиллитового сырья, мас. %: пирофиллит 30, кварц 63, серицит 2, пирит 2, прочие включения 2. Образцы нагревали до 1200 и 1400 °С в течение 3 и 12 ч, а затем проводили на них термографические, ИК-спектральные и рентгенофазовые исследования. Результаты ИК-спектроскопии и рентгено-

скопии показали в образцах присутствие муллита, тридимита, кристобалита (при 1200 °С) и муллита, кристобалита (при 1400 °С). При этом структура обожженного при 1200 °С в течение 3 ч пирофиллитового сырья практически остается неизменной при увеличении длительности обжига до 12 ч и повышении температуры до 1400 °С. В процессе термообработки происходит изменение структуры пирофиллитового сырья. Если до термообработки структура материала рыхлая, то после нагревания при 1200 °С образец уплотняется вследствие уменьшения размера пор в результате спекания агрегатов исходного сырья (усадка образца). На основе пирофиллитового сырья изготовлены керамические композиционные материалы огнеупорного и технического назначения, исследованы их физико-технические характеристики. Уникальными особенностями пирофиллита являются небольшие изменения объема при нагревании, высокая химическая инертность.

Таким образом, результаты исследований термообработки пирофиллитового сырья месторождения Куль-Юрт-Тау подтверждают образование фаз муллита и кристобалита, которые определяют огнеупорные свойства сырья. Промышленное освоение месторождения позволит получать керамическое сырье двух видов: 1 — полученное путем технологического передела исходного минерального сырья; 2 — полученное путем высокотемпературной переработки (синтеза муллита) минерального сырья. Такой вид сырья может быть использован для изготовления кислотоупоров, огнеупоров, керамического стенового кирпича, декоративных и огнеупорных покрытий, безобжиговых жаростойких материалов.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

СУХИЕ СМЕСИ ДЛЯ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ПЛАВЛЕННЫХ ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ ЦЕМЕНТОВ И ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

© К. т. н. В. А. Абызов¹, к. т. н. А. Н. Абызов², А. К. Абрамов³, д. э. н. В. М. Рывтин⁴,
д. г.-м. н. В. А. Перепелицын⁵, А. В. Хватов²

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

² ООО «Ключевская обогатительная фабрика», пос. Дзуреченск Свердловской обл., Россия

³ ООО НПП «Крона-СМ», г. Новосибирск, Россия

⁴ ОАО «УК «РосСпецСплав», г. Екатеринбург, Россия

⁵ ОАО «ВОСТИО», г. Екатеринбург, Россия

Одним из перспективных направлений в отечественной и зарубежной практике применения жаростойких и огнеупорных бетонов является изготовление изделий и футеровки из заранее приготовленных сухих смесей, преимущественно на основе глиноземистого и высокоглиноземистого цемента и огнеупорных заполнителей. В настоящей работе для разработки сухих смесей были применены плавленые материалы алюминотермического производства Ключевского завода ферросплавов. В качестве вяжущего использовали высокоглиноземистый цемент из клинкера КВЦ-75 по ТУ 14-00186482-048-03 «Клинкер высокоглиноземистый алюминотермического производства» и заполнители — плавленые материалы, получаемые при производстве металлического хрома, феррохрома и ферротитана по ТУ 0798-069-00186482-2011 «Продукт плавленый глиноземистый». Химический состав плавленных материалов приведен в таблице, %.

Марка	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	MgO	FeO
ППГ-75	70–82	5–15	5–12	—	1	3	1
ППГ-50	46–58	10–24	3–12	—	5	20	2
ППГ-65	56–70	10–24	<0,2	20	2	5	3
ППГ-65К	60–70	20–25	—	11	1	5	1,5

Для получения высокоглиноземистого цемента клинкер домалывали до удельной поверхности 3500–4500 см²/г. Заполнители готовили путем дробления ППГ-75 и ППГ-65 и последующего их отсева на фракции мельче 5 и 5–10 мм; их зерновой состав удовлетворял требованиям ГОСТ 20910. В качестве актив-

ных тонкомолотых добавок применяли ППГ-50 и ППГ-65К, которые домалывали до удельной поверхности 3500 см²/г, и глиноземистый цемент ГЦ-50 по ГОСТ 969 (10–20 % от массы вяжущего). Необходимость применения активной тонкомолотой добавки обусловлена тем, что цемент из клинкера КВЦ-75 содержит значительное количество медленно твердеющего СА₂, а введение добавок обеспечивает требуемую прочность в 3-сут возрасте. Следует также отметить, что за счет введения активных тонкомолотых добавок сухие смеси не теряют своих свойств в течение 6 мес хранения в герметичной упаковке.

В результате проведенных исследований был установлен оптимальный состав сухих смесей: 15–20 % — вяжущее и тонкомолотые добавки, 75–80 % — смесь мелкого и крупного заполнителя. На основе сухих смесей получены жаростойкие бетоны с пределом прочности при сжатии в 3-сут возрасте 35–45 МПа; остаточная прочность после нагрева до 800 °С составляла 50–60 %. По основным показателям (термостойкости, усадке после нагрева, температуре деформации под нагрузкой) бетоны рекомендованы для применения при 1400–1500 °С. Введение поверхностно-активных добавок в процессе приготовления бетонных смесей позволяет получать бетоны с пределом прочности при сжатии в 3-сут возрасте не менее 50 МПа. Из разработанных смесей были изготовлены опытные партии изделий, которые проходят испытания в различных тепловых агрегатах, работающих при 1300–1500 °С.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ВИБРОФОРМОВАННЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, Р. А. Донич², Е. Б. Лаишевцев², Е. В. Михайлов³

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

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

³ ООО «НПК «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Самое молодое предприятие на Саткинской производственной площадке Группы «Магнезит — НПК «Магнезит» осваивает производство новых видов продукции. Перемешивающие пороги муллитового состава марки MAGSTONE A60A производства НПК «Магнезит» успешно эксплуатируются во вращающихся печах ОАО «Русал-Красноярск» для производства анодной массы. Вмонтированные в футеровку вращающейся печи пе-

ремешивающие пороги работают в условиях частых термоударов при температуре прокаливаемой массы 1200–1300 °С. Перемешивающие пороги MAGSTONE A60A показали стойкость в футеровке вращающейся печи более 6 мес, что в 2 раза превысило стойкость ранее применяемых изделий. Изделия MAGSTONE A60A изготовлены на основе качественных андалузитов методом виброформования с последующей термообра-

боткой при температуре 300 °С. Этот состав бетонной смеси универсален, может применяться в различных тепловых агрегатах при температурах от 1200 до 1600 °С, обладает высокими термостойкостью, прочностью и абразивоустойчивостью. После термообработки изделий их предел прочности при сжатии составляет 70 МПа, открытая пористость 15 %, кажущаяся плотность 2,6 г/см³.

В 2012 г. освоено производство монолитных сводов алюмомagneзиального и высокоглиноземистых хромсодержащих составов для электродуговых печей. Сводовые изделия изготавливают виброформованием из низкоцементных тиксотропных бетонов, разработанных специалистами Группы «Магнезит», с последующей сушкой при 300 °С.

Алюмомagneзиальный состав марки *MAGSTONE AM90/7* изготовлен на основе табулярного глинозема и алюмомagneзиальной шпинели, после термообработки обладает следующими свойствами: предел прочности

при сжатии 60 МПа, открытая пористость 10 %, кажущаяся плотность 3,11 г/см³. Высокоглиноземистый хромсодержащий огнеупор марки *MAGSTONE ACR85/1,5* изготавливают с использованием электроплавленного белого корунда и различных добавок. Показатели изделий после термообработки при 300 °С: предел прочности при сжатии 100 МПа, открытая пористость 10 %, кажущаяся плотность 3,16 г/см³. Для улучшения эксплуатационных свойств крупногабаритных изделий в состав шихты вводится металлическая фибра.

Изделия на основе новых составов бетонных смесей отличаются высокими огнеупорностью и механической прочностью, а применение качественных наполнителей, металлической фибры, различных модифицирующих добавок минимизирует последствия термоударов и обеспечивает требуемую для сводов термостойкость. Опытные изделия изготовлены для ряда предприятий Уральского региона.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ФЛЮСЫ МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ БРИКЕТИРОВАННЫЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, к. т. н. М. И. Назмиев², С. А. Коротеев²

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

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

В 2012 г. Группой «Магнезит» разработана технология производства брикетированных модификаторов шлака марок ФОМИБ и ФОМБ — аналогов обожженных флюсов марок ФОМИ и ФОМ. По химическому составу новые флюсы полностью соответствуют своим аналогам; данные представлены в таблице. Преимуществом брикетированных флюсов является скорость растворения брикета в шлаке, которая в 2 раза выше, чем у обожженных. В производстве брикета используется новое связующее, которое обеспечивает улучшенные физико-химические свойства готового брикета при низком содержании серы. Технология позволяет корректировать флюс по химическому и фракционному составу в широких пределах в соответствии с требованием потребителя. Типичен флюс марок ФОМИБ-1, ФОМИБ-2 и ФОМИБ-3 фракции 15–60 мм.

Особенностью брикетированных магнезиальных модификаторов, в зависимости от марки является их универсальность: их можно использовать как в «завал-

ку» для корректировки содержания MgO в шлаке, так и для формирования шлакового гарнисажа при раздуве шлака, обогащенного оксидом магния. Можно «спроектировать» и изготовить модификатор с учетом особенностей различных технологических процессов получения стали (вязкость и состав шлака, стойкость футеровки металлургических агрегатов, сортамент выпускаемой продукции) за счет введения дополнительных добавок «углерода», «алюминия» и пр.

Массовая доля, %	ФОМИБ-1	ФОМИБ-2	ФОМБ-1
MgO (на прокаленное вещество), не менее	68	66	70
CaO	12–22	12–22	—
CaO, не более	—	—	12
Fe ₂ O ₃	3,0–6,0	3,0–7,0	3,0–7,0
S, не более	0,07	0,07	0,07

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ТОРКРЕТ-МАССЫ ПЕРИКЛАЗОВОГО СОСТАВА ДЛЯ ГОРЯЧЕГО РЕМОНТА КОНВЕРТЕРОВ И ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, к. т. н. М. И. Назмиев², Д. А. Марченко²

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

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

Специалистами Группы «Магнезит» продолжены работы по совершенствованию состава периклазовых торкрет-масс для горячего ремонта конвертеров и электропечей, производство которых организовано в ООО «Магнезит-торкрет-массы». В составе связки использованы отечественные компоненты, что позволяет быть полностью независимыми от зарубежных поставок и производителей. Проведены испытания торкрет-масс в условиях ККЦ-1 и ККЦ-2 ОАО ЗСМК, показана эффективность применения плотноспеченных периклазовых

порошков, получаемых обжигом брикетированного каустического магнезита в высокотемпературной шахтной печи. Отмечено повышение стойкости торкрет-слоя, выполненного опытной массой; его фактическая стойкость до 8 плавок. Испытания торкрет-массы, изготовленной из отечественного сырья, проведены в условиях ЭСПЦ комбината; стойкость торкрет-слоя увеличилась от 3 до 4–5 плавок. При повышенной стойкости опытная масса обладает адгезией на уровне серийных масс и имеет тот же уровень цены.

Полученные положительные результаты — итог успешного взаимодействия разработчиков технологии

изготовления торкрет-масс, производителей торкрет-масс и потребителей.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРИКЛАЗОШПИНЕЛЬНЫХ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧЕЙ ОБЖИГА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, О. Н. Пицик², В. А. Устинов¹, Н. Е. Кузнецова²

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

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

Управлением технологических разработок Группы «Магнезит» разрабатываются новые технологии изготовления огнеупорных материалов, устойчивых к агрессивному воздействию газовой среды, компонентов цементного клинкера и высоких тепловых и механических нагрузок.

С появлением плотноспеченного периклазового клинкера собственного производства, получаемого в процессе высокотемпературного обжига сырья в шахтной печи фирмы «Maerz Ofenbau AG», Швейцария, появилась возможность оптимизации структуры изделий марки ПШПЦ-81, успешно изготавливаемых на протяжении последних 20 лет. Усовершенствованным периклазошпинельным изделиям присвоена марка ПШПЦ-81а. Огнеупоры характеризуются высоким пределом прочности при сжатии (>60 МПа) и открытой пористостью около 15 %. Отличительной особенностью этих огнеупоров является также повышенная термостойкость, превышающая в 1,5 раза аналогичные показатели серийных изделий марки ПШПЦ-81. Качественные характеристики огнеупоров в сопоставлении с традиционно применяемыми изделиями марки ПШПЦ-81 приведены в таблице.

За последние 4 мес 2012 г. отгружено более 1,2 тыс. т изделий предприятиям цементной промышленности России и стран ближнего зарубежья, в том числе таким предприятиям, как АО «Бухтарминская цементная компания», ОАО «Холсим (Рус) СМ», ОАО

Показатели	ПШПЦ-81а*	ПШПЦ-81*
Массовая доля, %:		
MgO	85,0	83,5
Al ₂ O ₃	10,0	9,2
SiO ₂	1,70	2,10
CaO	1,50	2,20
Кажущаяся плотность, г/см ³	2,98	2,90
Открытая пористость, %	15	19
Предел прочности при сжатии, МПа	65	55
Температура деформации под нагрузкой, °C (по ИСО 1893–89 при T ₀₅)	1640	1640
Термостойкость, теплосмены:		
1300 °C – вода	18–20	10
950 °C – воздух	>100	>30
Дополнительная усадка (1600 °C, 2 ч), %	0,1	0,1
Теплопроводность при 1300 °C, Вт/(м·К)	3,26	2,81
ТКЛР в интервале 20–1400 °C, 10 ⁻⁶ 1/К	13,0	13,1
Предел прочности при изгибе при 1400 °C, МПа	3,4	2,8

* Приведены среднестатистические показатели.

«Вольскцемент», ОАО «КрасносельскСтройматериалы» и филиал ОАО «Лафарж Цемент».

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРИКЛАЗОШПИНЕЛИДНЫХ ОГНЕУПОРОВ ООО «ГРУППА «МАГНЕЗИТ» В ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ВАКУУМАТОРАХ № 1 И 2 ККЦ ОАО ММК

© К. т. н. Л. М. Аксельрод¹, к. т. н. Т. В. Ярушина², к. т. н. В. Г. Овсянников³

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

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

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

В условиях возрастающего спроса на продукцию для внепечной обработки стали в Группе «Магнезит» реализуется программа поэтапного совершенствования всех параметров технологического процесса. Внедрена стендовая сборка сифонов патрубков вакууматоров согласно согласованным чертежам для различных потребителей. Для качественной сборки с учетом жестких требований к качеству швов в 2010 г. на комбинате «Магнезит» организован участок по шлифованию огнеупоров (используется шлифовальный станок австрийской фирмы «Wassmer»), пропитке их солями с последующей сборкой из сифонов (труб) длиной от 250 до 1000 мм. Сборка сифонов ведется на стенде по шаблону с применением огнеупорных клеевых композиций

изделиями укрупненного формата — длиной до 500 мм вперевязку. Сифоны в собранном виде поставляются заказчику. Каждая сборка сифона выполняется по индивидуальному заказу. Следующим этапом будет изготовление патрубков на комбинате целиком, включая бетонную футеровку патрубка снаружи с термообработкой изделия в специализированной печи.

В дополнение к используемому с 1996 г. в ККЦ ОАО ММК однопозиционному вакууматору типа RH в 2010 г. введен в эксплуатацию двухпозиционный циркуляционный вакууматор № 2 плановой годовой производительностью не менее 1680 тыс. т металла. Оба вакууматора были оборудованы четырехступенчатым парожеткаторным насосом (ПЭН). Производительность

насоса (по сухому пару) вакууматора № 2 достигала 1200 кг/ч, средняя скорость циркуляции составляла более 200 т/мин. Производительность насоса (по сухому пару) вакууматора № 1 не превышала 800 кг/ч. Двухпозиционный вакууматор в составе агрегатов МНЛЗ-6 предназначен для повышения качества трубного металла, а также для производства стали глубокой вытяжки.

Известно, что эффективность использования хром-содержащих огнеупоров в футеровке вакууматоров возрастает по мере снижения их открытой пористости и с использованием в шихте плавленного периклазохромитового зернистого компонента. Создана оригинальная технология изделий марки ХПП. Массовая доля Cr_2O_3 в изделиях ХПП-1 составляла 18–20 мас. %, открытая пористость 12,0–13,5 %, кажущаяся плотность около 3,37 г/см³. Для снижения открытой пористости и уменьшения эффективного диаметра пор изделия пропитывают раствором эпсомита. Изделия ХПП-1 с пропиткой раствором эпсомита показали удовлетворительный результат при эксплуатации в футеровке патрубков двухпозиционного вакууматора в условиях ОАО ММК. В состав модифицированных огнеупоров ХПП-1 введена функциональная добавка в на-

нодисперсном состоянии, которая обеспечила получение термостабильной микроструктуры с высокими физико-техническими показателями при температуре эксплуатации. В службе были испытаны два комплекта новых огнеупоров. Эксплуатационная стойкость изделий с функциональной добавкой составила 120 и 113 плавов при высокой интенсивности процесса вакуумирования. Суммарная длительность обработки стали на кампаниях была максимальной по цеху и составляла 2392 и 2420 мин соответственно. Изделия нового поколения марки ХПП-1 позволили существенно повысить интенсивность процесса обработки стали под вакуумом (8,5 плавки в сутки).

Задачи Группы «Магнезит» не ограничиваются обеспечением потребителя необходимым комплексом огнеупоров и заключаются в оказании технической и инженеринговой поддержки, включая проектирование футеровки, шефмонтаж, поставку оборудования, необходимого для применения огнеупоров, обучение персонала, а также гарантийное и постгарантийное обслуживание. Надежность продукции Группы «Магнезит» в службе позволяет успешно конкурировать на рынке с ведущими мировыми производителями огнеупоров для вакууматоров.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОГНЕУПОРОВ В ОАО «КОМБИНАТ «МАГНЕЗИТ»

© К. Т. н. Л. М. Аксельрод¹, к. т. н. Т. В. Ярушина², В. В. Смертин²

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

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

В Группе «Магнезит» продолжают работы по совершенствованию технологий углеродсодержащих огнеупоров на основе плавленных материалов. Этому способствует и существенное увеличение производства плавленного периклаза на новых мощностях с использованием магнеситов Приангарской производственной площадки. С использованием плавленного периклаза из красноярского сырья с массовой долей MgO более 97,5 % и $\text{CaO/SiO}_2 > 2$ на комбинате «Магнезит» изготовлены опытно-промышленные партии периклазоуглеродистых изделий. Изделия апробированы в сталеразливочных ковшах на ряде металлургических предприятий России, Украины и Белоруссии. Для повышения устойчивости к окислению в состав огнеупоров вводили комбинированные антиокислительные добавки. Состав добавок зависел от размещения изделий в футеровке сталеразливочного ковша. Испытания в сталеразливочных ковшах ПАО АМКР, Украина, показали стойкость 66 и 57 плавов при высокой остаточной толщине футеровки (>100 мм). Отмечен равномерный износ огнеупоров независимо от зоны футеровки сталеразливочного ковша. В перспективе производство изделий по новой технологии будет осуществляться в ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод» (ПАО ПОЗ), Украина. Согласно нормативно-технической документации ПАО ПОЗ, испытанным изделиям соответствуют огнеупоры марок ППУ151Б (стены сталеразливочного ковша) и ППУ152Б4 (шлаковый пояс).

Успешно завершились испытания огнеупоров аналогичного состава и в сталеразливочных ковшах РУП БМЗ. Остаточная толщина изделий в дне ковша находи-

лась в пределах 200–220 мм, в «бойной» зоне 130–140 мм, в стенах 70–105 мм, в шлаковом поясе 30–100 мм. При ломке футеровки сталеразливочного ковша после эксплуатации отмечено отсутствие «прокозлений» в вертикальные и горизонтальные швы, а также локального износа рабочего слоя футеровки. Износ опытных изделий по всему периметру рабочего слоя футеровки (дна, стен и шлакового пояса) был равномерным, общее состояние опытной футеровки сталеразливочного ковша при выводе из эксплуатации было признано хорошим. Общая стойкость опытных периклазоуглеродистых изделий в дне и стенах ковша составила 63 плавки.

На комбинате «Магнезит» осваивается технология производства периклазоуглеродистых изделий с применением комбинированного экологически безопасного связующего, в состав которого помимо фенолоформальдегидной смолы входит термопластическое связующее — продукт глубокой очистки каменноугольного пека. Испытания сталеразливочных ковшей в службе в течение года на одном из металлургических предприятий России показали увеличение средней стойкости футеровки ковшей на 10–15 %. Отличительными особенностями в характере износа опытных изделий отмечены отсутствие сколов и вертикальных трещин на огнеупорах, а также высокая степень устойчивости кладки к размыванию по швам. Исследование отслуживших огнеупоров под микроскопом показало отсутствие обезуглероженной зоны и проникновения шлакометаллического расплава в их структуру.



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
14-15 марта 2013 г.
г. Москва

РЕКЛАМА

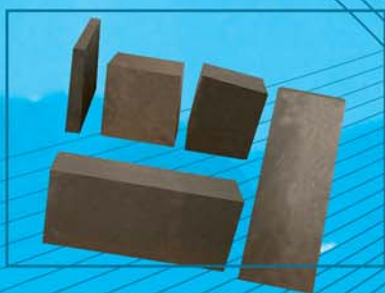
«Rosmetallkomplekt» JSC

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





ОГНЕУПОРЫ «PUYANG» — КАЧЕСТВО, НАДЕЖНОСТЬ, ИННОВАЦИИ



«**PUYANG REFRACTORIES GROUP**» — огнеупорные изделия для предприятий черной и цветной металлургии, а также для машиностроения, стекольной, цементной и химической промышленности. Более 20 лет успешной работы позволило стать компании «**PUYANG**» одним из лидеров по производству и поставке огнеупорных материалов по всему миру. Продукция компании «**PUYANG**» поставляется в Россию, Украину, Америку, Канаду, Юго-Восточную Азию, Южную Корею, Индию, Египет, Турцию, ЮАР и в другие страны мира.

Перечень продукции включает:

- Формованные огнеупорные материалы
- Неформованные огнеупорные материалы
- Специальные огнеупорные изделия, в том числе особосложные
- Минеральное сырье: бокситы, корунд для огнеупорной промышленности.

Наличие собственных сырьевых баз высокоглиноземистых и магнезитовых материалов позволяет использовать при производстве огнеупоров только качественные материалы.

Специалисты научно-исследовательского института компании «**PUYANG REFRACTORIES GROUP**», используя самые передовые технологии и оборудование, проводят исследования и ведут разработки новой огнеупорной продукции, удовлетворяя запросы клиентов более чем в 11 странах мира.

Приглашаем Вас к взаимовыгодному сотрудничеству!

КИТАЙ

«**Puyang Refractories Group Co., Ltd.**»

Middle West Circle Road, Puyang, Henan, China, 457100

Тел.: +86-393-321-40-73. Факс: +86-393-321-30-31

E-mail: prco@punai.com, sale@punai.com

www.punai.com

РОССИЯ

Филиал компании

«**Пуянг Рефракториз (Груп) Ко., Лтд.**»

455026, Россия, Челябинская область,
г. Магнитогорск, ул. Гагарина, 35,
офис 303

Тел./факс: 8 (3519) 21-55-22

E-mail: prco-mgn@yandex.ru

www.puyang.ru

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ

г. Череповец

Тел.: 8 (911) 531-47-07

E-mail: ankuznetcov@mail.ru

г. Липецк

Тел.: 8 (952) 597-89-95

E-mail: yuri_krasnikov@mail.ru

г. Воронеж

Тел.: 8 (910) 340-11-82

Тел.: 8 (920) 410-17-10

E-mail: rvv-950@mail.ru

malogn@yandex.ru

г. Ростов-на-Дону

Тел.: 8 (909) 441-87-79

Факс: 8 (8632) 83-21-65

E-mail: prco-rnd@mail.ru

г. Магнитогорск

Тел.: 8 (3519) 068-116

Тел.: 8 (919) 120-20-70

E-mail: 24081955@bk.ru,

aisenkin@yandex.ru

г. Челябинск

Тел.: 8 (951) 459-46-35

E-mail: medvedevan@hotmail.com

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОПЫТ РАБОТЫ ПРЕССОВАННОЙ БЕЗУГЛЕРОДИСТОЙ ФУТЕРОВКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ КНР

© В. П. Андреев

Филиал компании «Puyang Refractories Group Co». Ltd, г. Магнитогорск, Россия

При производстве низкоуглеродистых марок стали и обработке их в сталеразливочном ковше его футеровка должна быть безуглеродистой; для футеровки дна и стен сталеразливочного ковша применяют наливные бетоны. Безуглеродистая футеровка успешно используется в производстве высококачественных сталей на таких предприятиях, как «NingboSteel» (180-т сталеразливочный ковш), «JingtangSteel» (300-т сталеразливочный ковш).

Компания PRCO разработала безуглеродистый прессованный кирпич. Сырье: плавный белый корунд, плавный магнезит, технический корунд и плавная шпинель на основе органических и неорганиче-

ских связующих. Отличительные достоинства изделий: отсутствие углерода (что важно при выплавке сверхчистых сталей), хорошие шлакоустойчивость и теплоустойчивость, длительная эксплуатация со средней скоростью износа от 0,50 до 0,67 мм/плавку. Кроме того, с применением разработанных изделий можно увеличить вместимость сталеразливочного ковша, проводить футеровочные работы бетонными изделиями без применения шаблонов, сократить объем футеровочных работ и длительность сушки сталеразливочного ковша из-за отсутствия влаги.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

СУХИЕ МАССЫ И ШАБЛОН ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАБОЧЕГО СЛОЯ

ФУТЕРОВКИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША ПРОИЗВОДСТВА ООО «ГРУППА «МАГНЕЗИТ»

© В. Ю. Вериковский¹, М. Ю. Турчин¹, А. В. Ильянкин²¹ ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия² ООО «Магнезит-торкрет-массы», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Современное развитие и совершенствование металлургических технологий способствуют повышению требований к огнеупорным материалам. Постоянно растущие требования к качеству непрерывнолитой заготовки вынуждают металлургов проводить модернизацию оборудования, улучшать технологию разлива стали на МНЛЗ, использовать современные виды огнеупорных материалов. Качество рабочего слоя футеровки промежуточного ковша, как последнего агрегата на участке разлива стали на МНЛЗ, существенно влияет на качество металла. Традиционно на металлургических предприятиях СНГ футеровка рабочего слоя промежуточного ковша выполняется влажным торкретированием массами основного состава (периклазовыми или периклазофорстеритовыми). Альтернативным решением является выполнение футеровки промежуточного ковша с применением сухих масс. Эта практика достаточно широко используется за рубежом, в первую очередь в промежуточных ковшах слябовых МНЛЗ.

В Группе «Магнезит» разработаны технология производства сухих масс основного состава, технология их применения, организовано производство в ООО «Магнезит-торкрет-массы». Существенную роль в выполнении футеровочных работ играет нагреваемый шаблон. Специалистами Группы «Магнезит» разработана оригинальная конструкция шаблона и осуществляется его производство. Конструкция шаблона защищена патентом 109681. Особенностью конструкции шаблона является наличие автоматической установки, позволяющей обеспечить быстрый и равномерный нагрев стенок шаблона и, соответственно, рабочего слоя футеровки

промежуточного ковша. При правильной эксплуатации срок службы шаблона не ограничен; при этом он не требует специализированного обслуживания. Длительность нагрева и сушки рабочего слоя футеровки промежуточного ковша зависит от его конфигурации и качества огнеупорной массы и составляет от 30 до 90 мин с последующим охлаждением перед извлечением шаблона в течение 30 мин. Технология основана на низкотемпературном отверждении связки массы, не содержащей воды. В отличие от сухих масс первого поколения, содержащих смолы, отверждение которых сопровождается газовыделением и неприятным запахом, изготавливаемые в настоящее время массы с применением усовершенствующей системы связующего позволили устранить эти недостатки, сохранив преимущества.

Технология применения сухих масс обладает рядом преимуществ перед технологией влажного торкретирования. Отмечены значительная экономия газа, уменьшение времени оборачиваемости промежуточных ковшей, увеличение ресурса работы арматурного слоя футеровки. Метод сухого изготовления футеровки позволяет снизить содержание неметаллических включений в металле. При этом отсутствие воды в рабочем слое исключает выделение водорода в расплав при разливке, а также риск аварийных ситуаций, связанных с некачественной сухой торкрет-слоем. Кроме того, возможно частичное повторное использование отработанной сухой массы, что в совокупности с низкой плотностью материала позволяет снизить удельный расход торкрет-масс.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ВИБРОФОРМОВАНИЯ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

© К. Т. Н. О. Б. Воронина¹, А. А. Мелихов¹, К. Т. Н. С. Г. Полубесов¹, М. В. Агишева², А. В. Власов², Т. В. Помазков²¹ ООО «ТПП Феррокомплекс», Москва, Россия² ООО «Промресурс», г. Нижний Тагил, Россия

Промышленный комплекс ООО «Промресурс» производит виброформованные огнеупорные изделия для ста-

леразливочных и промежуточных ковшей. Производство осуществляется под технологическим контролем

ООО «ТПП Феррокомплекс», которое является единственным официальным поставщиком продукции, производимой ООО «Промресурс» на рынке РФ. С 2009 по 2013 г. ТПП «Феррокомплекс» совместно с ООО «Промресурс» освоено производство вибролитых огнеупорных изделий для отечественных металлургических предприятий: донных продувочных узлов, гнездовых блоков, ковшевых стаканов и стаканов-коллекторов для сталеразливочных ковшей, перегородок и порогов для промежуточных ковшей. В 2012 г. проведена работа по расширению номенклатуры выпускаемой продукции и по совершенствованию шихты для получения бетонов, не уступающих по качественным и эксплуатационным показателям импортным аналогам. В результате этой работы освоен выпуск более 10 видов новых типо-

размеров огнеупорных изделий, получены улучшенные составы высокоглиноземистых бетонов для щелевых продувочных фурм и стаканов-коллекторов, которые прошли промышленные испытания и показали стойкость на уровне импортных аналогов. Разработан бетон для производства гнездовых блоков с пределом прочности при сжатии на 30–50 МПа выше, чем у импортных аналогов. Из разработанного бетона изготовлены опытные изделия. Промышленные испытания опытных изделий пройдут в первом полугодии 2013 г. Начата работа, касающаяся улучшения свойств бетона для перегородок и порогов для промежуточных ковшей; осваивается производство струегасителей.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАСС ДЛЯ НАБИВКИ ТИГЛЕЙ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ

© Д. В. Ганькин, М. Ю. Турчин

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

Многие небольшие современные литейные заводы все чаще используют индукционные печи. В связи с этим растет потребность в огнеупорных материалах, которые могут обеспечить требуемый оптимальный уровень стойкости футеровки тигля. Группа «Магнезит» является одним из основных поставщиков огнеупорных материалов для индукционных печей.

Наряду с уже зарекомендовавшими себя массами в Группе «Магнезит» занимаются разработкой новых материалов для индукционных печей. В частности, разработана масса МПКПЛИ на основе плавленного периклаза с добавлением корунда оптимального зернового состава. Испытания новой массы показали не только увеличение стойкости тигля на 10–20 %, но и возможность

эксплуатации тигля в нестабильном режиме с глубоким охлаждением футеровки. В отличие от масс магнезиального состава футеровка, выполненная из магнезально-корундовой массы, не дает глубоких трещин после охлаждения и позволяет возобновить работу после полного охлаждения футеровки. На литейном заводе на печи вместимостью 800 кг выплавляли нержавеющую сталь. Печь работает в режиме одна плавка в 2–4 дня с полным охлаждением футеровки. Длительность одной плавки составляет от 5 до 7 ч. Общая стойкость футеровки составила 10 плавков за один месяц. В настоящий момент масса МПКПЛИ — лучший вариант для небольших литейных заводов с периодическим режимом работы.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УХОДА ЗА ФУТЕРОВКОЙ КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРОВ

© Р. И. Дикарёва¹, С. А. Коротеёв², Г. А. Фалько¹, А. Г. Макаренко¹

¹ ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод», г. Горловка Донецкой обл., Украина

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

В практике эксплуатации кислородных конвертеров широко используются эффективные методы восстановления футеровки — горячий ремонт с использованием подварки и нанесения шлакового гарнисажа после корректировки состава шлака по содержанию оксида магния. Для горячего ремонта конвертера применяют брикеты на основе высококачественного магнезита (85–90 % MgO) с добавлением углерода (5–15 %) специальных органических соединений (смола или пек).

В ПАО ПОЗ усовершенствована технология производства подварочного брикета для ухода за футеровкой конвертеров со следующими физико-химическими показателями: массовая доля MgO не менее 83 %, SiO₂ не более 4 %, CaO не более 5 %, C не менее 15 %; предел прочности брикета при сжатии не менее 25 МПа. Механизм работы подварочных брикетов заключается в следующем: при высокой температуре материал быстро размягчается и превращается в жидкоподвижную субстанцию, которую легко распределять

по поверхности футеровки независимо от размеров участков. В результате этого происходит хорошее спекание материала с основной футеровкой, что повышает срок ее службы. Изделия успешно показали себя во время испытаний на одном из металлургических комбинатов Украины, где были использованы для ремонта сливной зоны и зоны завалки 300-т конвертеров. Опытные подварочные брикеты в сравнении с ранее производимыми имеют хорошие растекаемость и адгезию к поверхности футеровки конвертера. Подварочный слой обладает высокой прочностью и хорошо покрывается шлаковым гарнисажом при раздуве шлака азотом.

В начале 2013 г. на заводе планируется запуск технологической линии по производству высокомагнезиальных флюсов с использованием сырьевых материалов и опыта Группы «Магнезит»; первые партии флюсов поступят к металлургам Украины. Новый производственный участок располагается на реконструированной промышленной площадке, линия оснаще-



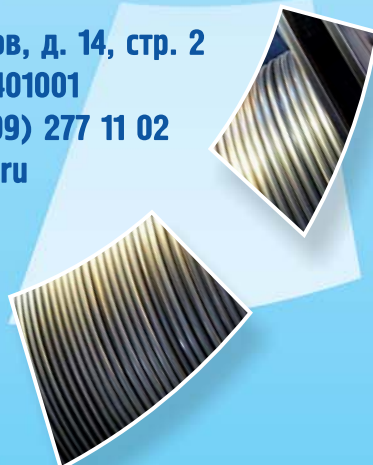
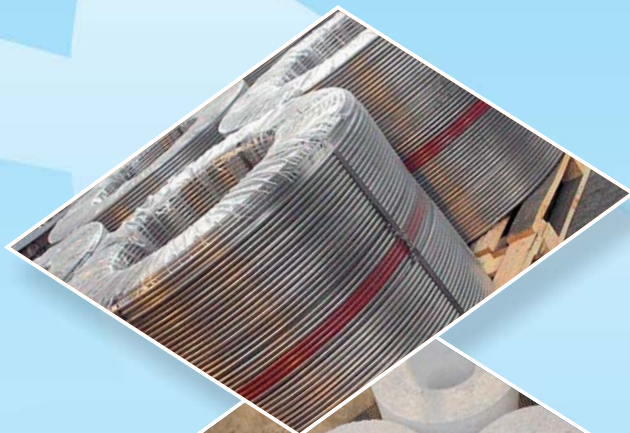
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

ТОРГОВО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ФЕРРОКОМПЛЕКС

**Качественные технологии и материалы для металлургии
производства ООО «Промресурс», г. Нижний Тагил**

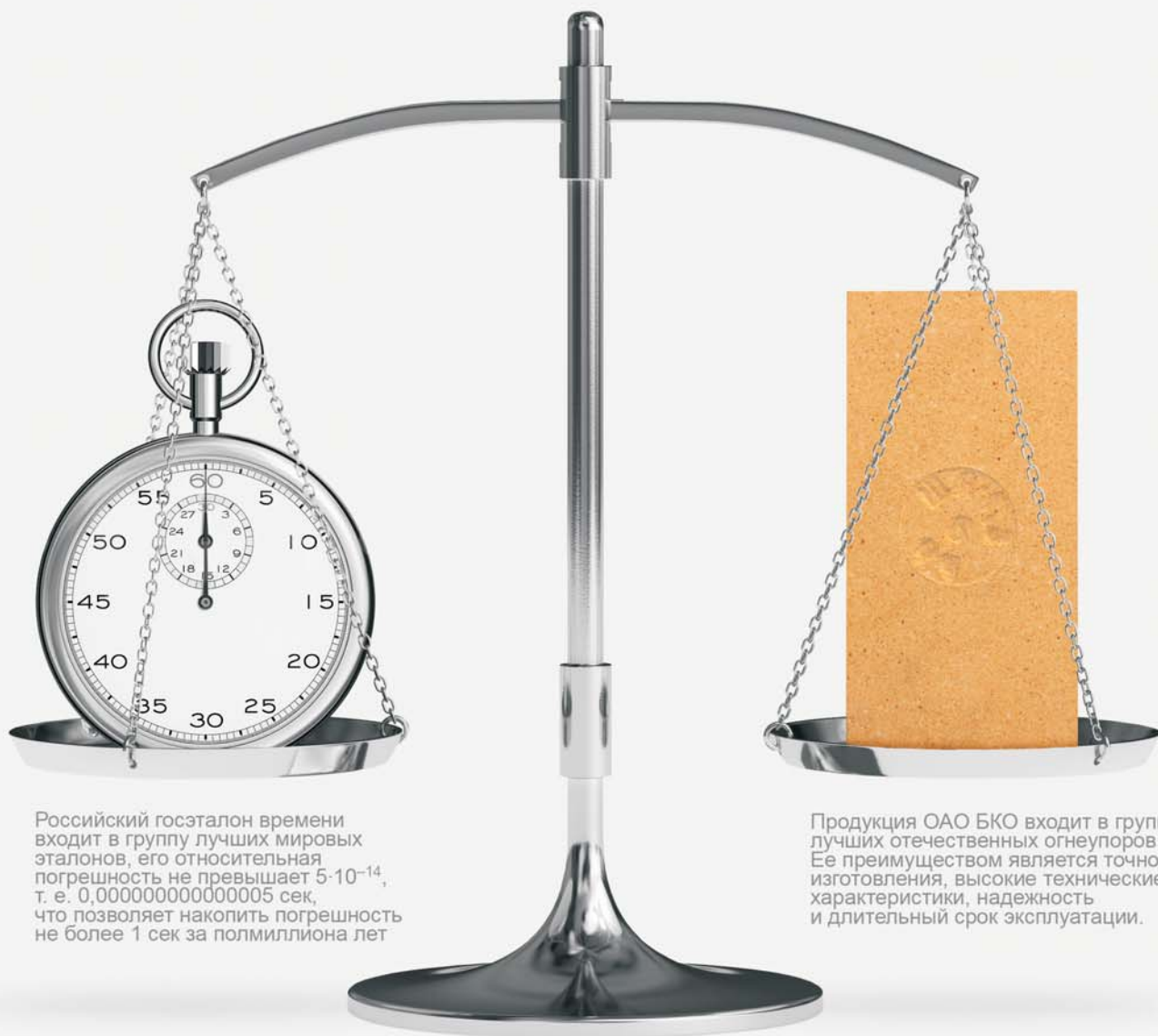
- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Порошковая проволока ● | Современное оборудование ● |
| Донные продувочные узлы ● | Европейские технологии ● |
| Гнездовые блоки ● | Высококачественное сырье ● |
| Шибберная керамика ● | Квалифицированный персонал ● |
| Перегородки и пороги ● | Сопровождение при эксплуатации ● |
| Струегасители ● | Апробированные решения ● |
| Бойные плиты ● | Индивидуальный подход ● |
| Футеровка патрубков ● | Надежность и качество ● |
| вакууматора ● | Оптимизация затрат ● |



119121, Москва, 1-й пер. Тружеников, д. 14, стр. 2
ИНН 7743676899 • КПП 770401001
Тел. (495) 410-67-36 • Факс (499) 277 11 02
E-mail: info@fcomplex.ru



БОРОВИЧСКИЙ КОМБИНАТ ОГНЕУПОРОВ



Российский госэтalon 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

на современном оборудованием ведущих украинских и европейских компаний. Планируемая производитель-

ность участка по производству флюсов до 100 тыс. т в год.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

БЕТОНЫ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© Р. А. Дониц, Ю. В. Данилова, Д. Ю. Язовских

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

С увеличением производства цементного клинкера сухим способом увеличивается спрос на неформованные огнеупорные материалы для футеровки тепловых агрегатов цементной промышленности. Управлением технологических разработок совместно с управлением инжиниринга Группы «Магнезит» разработаны составы бетонов различных марок для футеровки зон вращающихся печей цементного производства.

Бетон марки MAGCAST ASIC90-01 предназначен для горячего обреза печи. Производится на основе табулярного глинозема с добавкой карбида кремния. Обладает высокой стойкостью к истиранию при высоких температурах и к воздействию щелочей за счет образования пленки алюмосиликатного состава при высокой температуре; пленка препятствует инфильтрации щелочей. После термообработки при 1100/1500 °С обладает следующими свойствами: пределы прочности при сжатии 70/110 МПа, при изгибе 7/14 МПа, кажущаяся плотность 3,03/3,13 г/см³, открытая пористость 16/13 %, объемные изменения -0,4/+0,3 %. Массовая доля, %: Al₂O₃ 86,22, (Al₂O₃ + SiC) 99,6, SiO₂ 12,0, Fe₂O₃ 0,07, SiC 13,4.

Бетон марки MAGCAST A80-03 предназначен для холодного обреза печи, основания колосникового холодильника. Производится на основе электроплавленного белого корунда с бокситом. Имеет высокую стойкость к истиранию за счет образования муллита, который снижает пористость, увеличивает прочность и термостойкость бетона. После термообработки при 1100/1500 °С обладает следующими свойствами: пределы прочности при сжатии 70/190 МПа, при изгибе 6/30 МПа, кажущаяся плотность 2,97/3,14 г/см³, открытая пористость 18/13,5 %, объемные изменения +0,9/+4,3 %. Массовая доля, %: Al₂O₃ 88,53, SiO₂ 5,46, Fe₂O₃ 1,03.

Бетон марки MAGCAST A78-01 предназначен для свода колосникового холодильника, загрузочной каме-

ры печи. Производится на основе боксита. Обладает высокой стойкостью к истиранию. После термообработки при 1100 °С обладает следующими свойствами: пределы прочности при сжатии 160 МПа, при изгибе 14 МПа, кажущаяся плотность 2,8 г/см³, открытая пористость 18,5 %, объемные изменения -0,5 %. Массовая доля, %: Al₂O₃ 86,55, SiO₂ 5,78, Fe₂O₃ 2,18.

Бетон марки MAGCAST A40-01 предназначен для циклонных теплообменников. Производится на основе шамота с добавкой андалузита. Обладает хорошей стойкостью к щелочам. После термообработки при 1100 °С обладает следующими свойствами: пределы прочности при сжатии 90 МПа, при изгибе 9 МПа, кажущаяся плотность 2,19 г/см³, открытая пористость 18 %, объемные изменения -0,9 %. Массовая доля, %: Al₂O₃ 47,09, SiO₂ 45,3, Fe₂O₃ 2,85.

Бетон марки MAGCAST A40-02 предназначен для футеровки газоходов. Производится на основе шамота. После термообработки при 1100 °С обладает следующими свойствами: пределы прочности при сжатии 100 МПа, при изгибе 13 МПа, кажущаяся плотность 2,2 г/см³, открытая пористость 17 %, объемные изменения +0,2 %. Массовая доля, %: Al₂O₃ 55,7, SiO₂ 36,2, Fe₂O₃ 2,75.

Бетон марки MAGCAST ASIC40/15-01 предназначен для футеровки газоходов. Производится на основе шамота с добавкой карбида кремния и андалузита. Имеет высокую абразивную стойкость и стойкость к щелочам. После термообработки при 1100 °С обладает следующими свойствами: пределы прочности при сжатии 60 МПа, при изгибе 11 МПа, кажущаяся плотность 2,20 г/см³, открытая пористость 20 %, объемные изменения +1,7 %. Массовая доля, %: Al₂O₃ 41,85, SiO₂ 40,5, Fe₂O₃ 1,40, SiC 14,3.

В настоящее время разработанные бетоны применяются в ОАО «Сухоложскцемент», ОАО «Пикалевский цемент» и ОАО «Уралцемент».

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОГНЕУПОРЫ ОАО БКО ДЛЯ ФУТЕРОВКИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ И КОНВЕРТЕРОВ ОАО НЛМК

© К. Т. н. А. В. Можжерин, к. т. н. А. П. Маргишвили, Г. В. Филин, к. т. н. В. А. Мусевич, к. т. н. А. П. Дука

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

ОАО БКО производит и серийно поставляет в ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» широкий спектр огнеупорных материалов для рабочего слоя футеровки 160-т сталеразливочных ковшей ККЦ-1, установок внепечной обработки стали типа печь-ковш вместимостью 330 т ККЦ-2, 160- и 350-т конвертеров. Традиционно реализуются изделия ШКУ-37 и КБУ для арматурного слоя футеровки сталеразливочных ковшей, обеспечивая безаварийную эксплуатацию металлурги-

ческих агрегатов. Осуществляются поставки гнездовых блоков КБТУ для сталеразливочных ковшей агрегата печь-ковш ККЦ-2 и составных блоков КБТУ/МКБТ для сталеразливочных ковшей ККЦ-1. Эти изделия полностью удовлетворяют требованиям металлургов ОАО НЛМК по своим физико-химическим характеристикам и ресурсам эксплуатации.

С 2006 г. ОАО БКО поставляет в ОАО НЛМК периклазоуглеродистые изделия для футеровки конвертеров.

Показатели эксплуатации рабочего слоя футеровки обеспечивают заявленную гарантированную стойкость. При этом достигаемые результаты постоянно улучшаются по мере совершенствования дизайна кладки, оптимизации качества огнеупорных изделий и эффективного использования ремонтно-восстановительных материалов. Наряду с огнеупорами для футеровки конвертеров предлагаются подварочные брикеты для ухода за футеровкой.

В 2011 г. после пуска в эксплуатацию в ККЦ-2 ОАО НЛМК установки печь-ковш условия эксплуатации футеровки при повышенных эксплуатационных нагрузках ужесточились. Для обеспечения необходимой стойкости рабочего слоя футеровки ковшей в этих условиях специалистами ОАО БКО был изменен дизайн кладки в сочетании с выбором оптимальных свойств огнеупорных изделий и необходимых сырьевых ингредиентов для их производства. Проведена масштабная оптимизация всей технологической линии выпуска изделий на производственной площадке в КНР для получения принципиально новых огнеупорных изделий с улучшенными физико-химическими характеристиками. При эксплуатации футеровки уже подтверждены

гарантийные обязательства по стойкости 75 плавов. Дальнейшая совместная планомерная работа технических специалистов ОАО БКО и ОАО НЛМК по совершенствованию изделий и дизайна кладки обеспечит поэтапное достижение стойкости рабочего слоя футеровки до 80–85 плавов, что является главным итогом совместной деятельности. Достижение таких показателей осуществляется за счет адаптации свойств оксидоуглеродистых изделий к жестким условиям эксплуатации.

Начиная с 2011 г. ОАО БКО поставляет в ККЦ-1 ОАО НЛМК оксидоуглеродистые изделия для рабочего слоя футеровки 160-т сталеразливочных ковшей. Стойкость комплектов составляет 85–88 плавов, что удовлетворяет требованиям специалистов ОАО НЛМК и соответствует гарантийным обязательствам. Кроме того, ОАО БКО осуществляет комплексные поставки огнеупорных материалов для футеровки сталеразливочных ковшей и конвертеров ОАО НЛМК, что позволяет более эффективно обслуживать ключевого потребителя. При этом продлеваются сроки и ресурсы безаварийной эксплуатации металлургических агрегатов при общем повышении стойкости футеровки.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ПЕЧЕЙ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

© О. Н. Пищик, Д. А. Найман, М. Ю. Турчин, И. Г. Беспалова
ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Температура обжига изделий ответственного назначения, предназначенных для вакуумирования и разлива стали в периодической печи фирмы HED, США, достигает 1750 °С и выше. Конструкционные особенности агрегата предполагают использование в футеровке рабочего слоя стен и свода теплоизоляционных огнеупорных изделий, характеризующихся высокими показателями общей пористости и температуры начала деформации под нагрузкой.

При установке печи в комплекте поставки для футеровки использовали импортные огнеупоры. Специалистами Группы «Магнезит» разработана технология изготовления муллитокорундовых теплоизоляционных изделий, которая реализована в НПК «Магнезит». По физико-химическим показателям изделия соответствуют импортным. Показатели муллитокорундовых теплоизоляционных изделий приведены ниже:

Предел прочности при сжатии, МПа. 8,8
Кажущаяся плотность, г/см³:
по ГОСТ 34468 1,26
по ГОСТ 4071.2 1,43
Общая пористость, % (по ГОСТ 34468) 66,5

Температура деформации, °С
(по ISO 1893–89):

под нагрузкой 0,1 МПа. >1700
под нагрузкой 0,05 МПа >1700
Термостойкость (950 °С – воздух), теплосмены . . 18
Остаточные изменения размеров
при нагревании (1550 °С, 2 ч), % –0,2
Теплопроводность, Вт/(м·К),
при температуре, °С (по ГОСТ 12170):
400 2,092
600 1,750
800 1,534
1000 1,396
1300 1,439

Массовая доля, %:

(MgO + CaO). 0,50
Al₂O₃ 86,1
SiO₂ 11,2
Fe₂O₃ 0,35
(K₂O + Na₂O) 0,21

* Среднестатистические показатели свойств.

В настоящее время разработанные огнеупоры эксплуатируются параллельно с импортными.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

НОВЫЕ ОКСИКАРБИДНЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ ПРОИЗВОДСТВА RHI И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

© Ш. Пишек
ООО «РХИ Восток», Москва, Россия

Компанией RHI был разработан и внедрен новый тип бесцементных огнеупорных бетонов. Бесцементная технология позволяет производить быстрый и безопасный разогрев изделий из такого типа бетонов, а также обеспечивает более высокую огнеупорность изделий.

В состав бетонов входят углеродсодержащие добавки, антиоксиданты и специальное связующее. Готовые бетонные изделия устойчивы к термоудару, химической коррозии кислотными и основными шлаками, а также к эрозионным воздействиям металла и шлака.

ANKRAL Q2 – новая высококачественная марка от RHI



РЕКЛАМА

ANKRAL Q2 – основанный на инновационной Q-концепции, разработан для применения в переходных зонах и зонах спекания.

Сложная концепция сырьевых материалов, основанная на использовании шпинели гибридной технологии, позволяет достигать выдающихся технологических параметров на фоне привлекательных цен.

www.rhi-ag.com EXCELLENCE
IN REFRACTORIES

RHI

RHI: мировой лидер в огнеупорных технологиях

РЕКЛАМА

Для более чем 10.000 Потребителей в 180 странах – обозначение „сделано в RHI“ – признак высшего качества в области огнеупорных технологий. Сила инноваций RHI основана на десятилетиях успешной работы в области развития и исследований в Технологическом Центре RHI г.Леобен. Более 150 экспертов в тесном сотрудничестве с ведущими университетами и отраслевыми институтами непрерывно работают над усовершенствованием материалов и концепций.

Для наших клиентов - это конкурентное преимущество от применения передовых технологий и максимальная эффективность их производственных процессов.

www.rhi-ag.com EXCELLENCE
IN REFRACTORIES



ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ООО «МАГНЕЗИТ-ТОРКРЕТ-МАССЫ»

© В. В. Смертин¹, к. т. н. М. И. Назмиев¹, Е. И. Поспелова¹, А. В. Илянкин², П. А. Баранов²¹ ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия² ООО «Магнезит-торкрет-массы», г. Сатка Челябинской обл., Россия

ООО «Магнезит-торкрет-массы», входящее в состав Группы «Магнезит», уверенно наращивает объемы производства. Продукция предприятия востребована потребителями и успешно конкурирует с импортной продукцией. Изучаются условия применения масс в промежуточных ковшах МНЛЗ, конвертерах и дуговых сталеплавильных печах; постоянно расширяется ассортимент огнеупорной продукции за счет реализации принципа индивидуального подхода к агрегатам на конкретных предприятиях. Производство торкрет-масс по годам: 2010 г. 42721,8 т, 2011 г. 44628,2 т, 2012 г. 51043,3 т.

В марте 2012 г. введена в эксплуатацию вторая производственная линия с годовой производительностью 25 тыс. т масс в год, что увеличило общую производительность предприятия до 65 т в год торкрет-масс, мертелей, набивных масс основного состава. Кроме того, введен в эксплуатацию второй измельчительный

комплекс КИ-1.6, что позволило полностью обеспечить тонкомолотой фракцией производство масс на предприятии, учитывая растущий объем производства — до 65 тыс. т в год. Производительность комплекса 4 т/ч.

Введен в эксплуатацию дробильно-сортировочный комплекс для получения новых видов продукции и реализации технологий с использованием периклазовых порошков узких фракционных составов, что позволяет организовать производство оригинальной продукции — например, сухих масс для промежуточных ковшей МНЛЗ. В настоящее время ведется строительство 2-го склада готовой продукции и сырья, ввод в эксплуатацию которого планируется в 2013 г. В планах предприятия — расширение ассортимента продукции, освоение новых технологий, совместная работа с потребителем по подбору и разработке все более эффективных видов неформованных огнеупорных материалов.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПЕРИКЛАЗОФОРСТЕРИТОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТОРОВ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

© В. В. Смертин, О. Н. Пицки, И. Г. Беспалова

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

Особенности службы огнеупоров в насадках и стенах регенераторов стекловаренных печей обуславливают специфические требования к каждому виду продукции в соответствии с их размещением в различных зонах футеровки. Как известно, температурный диапазон по высоте насадки лежит в интервале от 500 до 1500 °С и выше. Сочетание одновременного воздействия щелочных компонентов в газовой фазе и температурного градиента, достигающего 300–500 °С, связанных с выбросом горячих дымовых газов, обуславливает актуальность применения в футеровке термостойкого огнеупора с повышенной коррозионной устойчивостью.

Традиционно в кладке по высоте насадки используют следующие огнеупоры: шамотные (в нижней зоне), периклазохромитовые (в качестве разделительного слоя), периклазовые с массовой долей MgO от 91 до 98 % (в средней и верхней зонах). В современных дизайнах футеровки в верхнюю зону регенератора, работающую в более жестких условиях, устанавливают также периклазоциркониевые огнеупоры, высокие служебные характеристики которых обеспечиваются сформированной при высокотемпературном обжиге структурой с образованием таких фаз, как бадделит и форстерит. Эти фазы образуют защитную пленку вокруг зерен периклаза и препятствуют их прямому контакту с эродирующими газообразными компонентами. Производство высокочистых магнезиальных огнеупоров предполагает использование достаточно дорогостоящих компонентов, поэтому для повышения корро-

зионной устойчивости футеровки средней и верхней зон регенераторов в качестве альтернативы разработаны периклазофорстеритовые огнеупоры на основе плавленного периклаза и плотноспеченного клинкера различной степени чистоты (см. таблицу).

Структура разработанных огнеупоров характеризуется присутствием форстеритовой связки, которая повышает степень их защиты от воздействия агрессивной среды, а также термостойкость до уровня более 20

Показатели	Разработанные огнеупоры*			Серийный огнеупор марки П-91*
	1	2	3	
Предел прочности при сжатии, МПа	80	90	70	95
Открытая пористость, %	15,9	16,8	15,6	18
Кажущаяся плотность, г/см ³	2,98	2,94	2,92	2,87
Температура начала размягчения, °С (по ГОСТ 4070–2000)	1650	1660	1620	1600
Термостойкость (950 °С – воздух), теплосмены	30	30	20	1–2
Массовая доля, %:				
MgO	93,5	93,5	92,0	93,5
Al ₂ O ₃	0,10	0,12	0,32	—
SiO ₂	4,60	4,34	4,12	2,1
CaO	0,83	0,85	1,41	2,2
Fe ₂ O ₃	0,97	1,20	1,80	1,8

* Среднестатистические показатели свойств.

воздушных теплосмен при 1–2 теплосменах у традиционно применяемых периклазовых огнеупоров. При этом огнеупоры обладают высокими прочностными показателями — 70–90 МПа, открытой пористостью 16–17 % и температурой начала размягчения выше 1600 °С.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАСС ДЛЯ НАБИВКИ ТИГЛЕЙ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ

© М. Ю. Турчин, к. т. н. М. И. Назмиев, Д. В. Ганькин, Е. С. Алтынбаева
ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Группой «Магнезит» разработана масса МПКПЛИ периклазокорундового состава на основе высокочистых плавящихся периклазовых и алюмосодержащих материалов с массовой долей MgO не менее 74 %, Al₂O₃ не более 13 %. Масса предназначена для набивки тиглей индукционных печей предприятий литейной промышленности. Фракционный состав массы оптимизирован с целью обеспечения максимальной плотности набивного слоя. Комбинация магний- и алюмосодержащих компонентов подобрана таким образом, чтобы гарантировать максимальную стойкость тигля и увеличить его термостойкость. Футеровка, выполненная из массы, не дает глубоких трещин при охлаждении в межплавочные остановки и позволяет возобновить работу печи после полного охлаждения. Набивная масса МПКПЛИ разработана наряду с уже зарекомендовавшей себя набивной массой периклазошпинельного состава МПШПЛИ, однако превосходит ее по своим служебным характеристикам. Фракционный состав набивной массы МПКПЛИ мельче 5 мм. Массовая доля MgO не менее 74 %, Al₂O₃ не более 13 %, B₂O₃ от 0,15 до 1,00 %.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПОИСК ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФУТЕРОВКИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

© М. А. Чашкин, М. В. Иванцов
ООО «Группа «Магнезит», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Постоянно растущие требования к качеству стали заставляют металлургов внедрять новые технологии производства, которые, как правило, влекут за собой увеличение нагрузки на металлургические агрегаты и, как следствие, на используемые в них огнеупорные материалы. Современные предприятия не обходятся без агрегатов внепечной обработки стали. Современные технологии превратили сталеразливочный ковш из емкости для транспортировки и разлива стали в тепловой агрегат доводки металла. Соответственно ужесточились условия эксплуатации рабочего слоя футеровки: значительно увеличилась длительность пребывания металла в ковше; повысилась температура нагрева металла при вакуумировании; доводка металла по химическому составу потребовала присадок различных раскислителей и ферросплавов; при обработке стали в установках печь-ковш происходило воздействие на футеровку шлакового пояса электрической дуги и высокотемпературных агрессивных шлаков; донная продувка инертными газами вызывала интенсивное движение металла по всему объему ковша.

Воздействие вакуума, а также высокие температуры металла и шлака создают благоприятные условия

В настоящее время в специализированной лаборатории материаловедения Группы «Магнезит» по разработанной методике определяют устойчивость новых огнеупоров к пропитке силикатсодержащими компонентами (стекла и продукты пылеуноса различного состава) в сопоставлении с устойчивостью традиционно применяемых огнеупоров.

Испытания новой массы показали не только увеличение стойкости тигля на 20–40 %, но и возможность эксплуатации тигля в нестабильном режиме с глубоким охлаждением футеровки. Набивная масса МПКПЛИ успешно прошла испытания на одном из металлургических предприятий Урала. Индукционная печь выводилась из работы по окончании кампании агрегата на уровне 25–28 плавов; при этом остаточная толщина футеровки позволяла продолжить эксплуатацию. В условиях СКБ «Турбина» осуществляли плавку нержавеющей стали в печи, футерованной массой МПКПЛИ. Печь работала в режиме одна плавка в 2–4 дня с полным охлаждением футеровки. Длительность одной плавки составляла от 5 до 7 ч. Общая стойкость футеровки составила 10 плавов за один месяц. В настоящее время тигель находится в работе. Эксплуатация агрегата продолжается.

По нашему мнению, на данный момент масса МПКПЛИ — лучший вариант для небольших литейных заводов с периодическим циклом работы.

для проникновения металла в швы футеровки. Это влечет за собой предельно высокие требования к геометрическим размерам изделий. На комбинате «Магнезит» проведен ряд мероприятий, направленных на улучшение геометрических размеров изделий. При этом используются новые методы прессования изделий, позволяющие обеспечить минимально допустимые отклонения по размерам, лимитирующим проведение кладочных работ. Благодаря внедренным новшествам появилась возможность изготавливать изделия с допустимыми отклонениями по линейным размерам менее ±0,5 мм. В рамках проведения работ, направленных на увеличение стойкости сталеразливочных ковшей, специалистами службы инжиниринга Группы «Магнезит» при проектировании футеровки уделяется внимание термомеханическим нагрузкам, возникающим в футеровке в процессе службы. Эти нагрузки являются причиной растрескивания рабочего слоя футеровки шлакового пояса и стен, а также размывания швов и образования так называемой «брусчатки», что обусловлено зачастую скалыванием ребер изделий.

Многие потребители не уделяют внимания качеству заполнения огнеупорным материалом пространства между рабочим и арматурным слоями футеровки (буферный слой). По нашему мнению, буферный слой —

защита, амортизатор, резервный запас. В соответствии с этим выполнен комплекс работ по подбору оптимальных фракционного и вещественного составов буферных масс, проведены эксперименты по разработке методики подбора оптимальных компенсационных и буферных зазоров для ковшей различной вместимости. Установлено, что на 100–130-т ковшах при толщине буферного слоя из материалов Группы «Магнезит» 10–15 мм достигаются наилучшие результаты — вертикальные трещины в рабочем слое футеровки отсутствуют.

Проводятся также работы, направленные на защиту металлической обечайки сталеразливочного ковша, которая, в свою очередь, обеспечивает фиксацию футеровки при необходимом безопасном напряжении в ней в вертикальном направлении. Разработаны и успешно испытаны изделия, которые создают защиту ме-

таллической обечайки при сливе шлака и переливах металла, а также выполняют функцию опалубки при заливке обечайки защитным слоем бетона. Для достижения механической прочности верхнего защитного кольца в целом, выполненного такими изделиями, непосредственно в тело самого изделия впрессована металлическая пластина, обеспечивающая спекание изделий между собой.

Совместно со специалистами управления технологических разработок постоянно ведется поиск новых путей в области повышения качества огнеупорных материалов, используемых в футеровке сталеразливочных ковшей. Однако без тесного сотрудничества с инженерно-техническими службами металлургических предприятий модернизация схем и дизайна футеровки, а также применение новых материалов для футеровки тепловых агрегатов невозможны.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРОВ

ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ ИЗДЕЛИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПАО «ПАНТЕЛЕЙМОНОВСКИЙ ОГНЕУПОРНЫЙ ЗАВОД»

© К. Т. н. Т. В. Ярушина¹, Р. И. Дикарёва², И. В. Калашник², В. А. Акбашев¹, А. Г. Макаренко²

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

² ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод», г. Горловка Донецкой обл., Украина

В ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод», Украина, вошедшем в состав Группы «Магнезит» в феврале 2012 г., освоено производство современных периклазоуглеродистых изделий на основе высококачественного плавного периклаза из магнезита Красноярского месторождения. Классификация периклазоуглеродистых изделий ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод» насчитывает около 30 основных марок и более 150 их подвидов. Изделия, изготовленные по новой технологии с комбинированным связующим, характеризуются высоким содержанием MgO — не менее 97 %. В зависимости от марки массовая доля углерода в изделиях может составлять от 8 до 14 %, кажущаяся плотность от 3,05 до 3,15 г/см³, открытая пористость от 1,5 до 4,0 %, предел прочности при сжатии от 35 до 60 МПа.

Опытные партии огнеупоров ППУ успешно испытаны на металлургических предприятиях Украины:

— в ПАО «МК «Азовсталь» стойкость рабочего слоя футеровки стен и шлакового пояса 350-т сталеразливочных ковшей ККЦ, выполненного изделиями ППУ 472Б и ППУ 263Б, составила 95–96 плавов (при гарантированной стойкости 70 плавов);

— в ПАО «Алчевский металлургический комбинат» стойкость рабочего слоя футеровки стен 300-т сталеразливочных ковшей ККЦ, выполненного из изделий ППУ 472Б, составила 75–79 плавов (при гарантированной стойкости 70 плавов);

— в ПАО «Днепропетровский металлургический комбинат» стойкость рабочего слоя футеровки стен 250-т сталеразливочных ковшей ККЦ составила 69 плавов без замены шлакового пояса при гарантированной стойкости 65 плавов с заменой шлакового пояса.

В первом квартале 2013 г. планируется проведение испытаний периклазоуглеродистых изделий в условиях еще трех металлургических предприятий Украины: в футеровке 160-т сталеразливочных ковшей ККЦ ПАО «Енакиевский металлургический завод», в футеровке электродуговой печи и 60-т сталеразливочных ковшей ЧАО «Азовэлектросталь», а также в 250-т сталеразливочных ковшах мартеновского цеха ПАО «Запорожсталь». К концу 2013 г., после реконструкции поточных линий по приготовлению масс и запуска новой печи термообработки изделий объем выпуска углеродсодержащих огнеупоров для сталеплавильного производства в ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод» возрастет до 25 тыс. т в год.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ЛИТЕЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

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

Последняя разработка НПП «Вулкан-ТМ» — шиберный затвор серии ВТ-60/80 с комплектом многоплавочных огнеупоров для 160-т сталеразливочных ковшей прошел испытания и успешно эксплуатируется в ЗАО НСММЗ (г. Ревда); в настоящее время ведутся его серийные поставки. Для различных условий эксплуата-

ции разработаны две модификации затвора — с боковым и вертикальным открытием. Конструкция затвора позволяет устанавливать его на уже имеющиеся посадочные места и может быть легко адаптирована к использованию существующих на предприятиях систем привода. Оригинальным решением для всех затворов

серии ВТ является механизм прижима, имеющий два пружинных блока, состоящих из жаропрочных тарельчатых пружин, вынесенных из зоны высокотемпературного нагрева. В 2012 г. НПП «Вулкан-ТМ» приняло участие в тендере на поставку шибберных затворов серии ВТ-60/80 и огнеупоров к ним в ООО УГМК-Сталь (г. Тюмень), где одержало победу. В связи с этим в настоящее время ведется подготовка серийных поставок шибберных затворов и огнеупоров к ним для полного оснащения электросталеплавильного цеха. Запуск шибберных затворов в эксплуатацию запланирован в марте 2013 г.

Налаживание производства огнеупорных изделий методом виброформования обусловлено достаточно недорогим способом изготовления конечного высококлассного продукта при наличии необходимого технологического оборудования. К сожалению, как десять лет назад, так и сейчас специализированное оборудование для данного производства в России отсутствует. Все производимое оборудование подходит только для изготовления крупногабаритных изделий, используемых в строительстве. Учитывая необычайную дороговизну импортного смесительного оборудования, было принято решение спроектировать и изготовить смеси-

тельное оборудование силами НПП «Вулкан-ТМ» совместно с Тульским государственным университетом.

В настоящее время разработаны, изготовлены и используются в производстве три вида смесительного оборудования — СИД-1, СИД-2 и СИД-3, которое позволяет подготавливать огнеупорную массу надлежащего качества. Исследования показали, что шихта, получаемая в этих смесителях, отвечает всем предъявляемым требованиям к смесителям данного типа: равномерное смешивание и усреднение по объему всех фракций огнеупорного наполнителя, получение однородной пастообразной массы при минимально возможном добавлении влаги, минимальное время смешивания за счет внедрения интенсивного метода перемешивания огнеупорной массы. Применение смесительного и вибрационного оборудования производства НПП «Вулкан-ТМ» позволяет производить разнообразные по типоразмерам, а также по составам и качеству огнеупорные изделия, расширять их номенклатуру и удовлетворять все требования заказчика. Специалисты НПП «Вулкан-ТМ» постоянно ведут работы по совершенствованию и улучшению работы смесительного и вибрационного оборудования, доводя его работу до необходимого уровня, отвечающего уровню работы импортного оборудования.

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

РАЗГРУЗКА КОНТЕЙНЕРОВ КОНТЕЙНЕРНОГО ПНЕВОТРАНСПОРТА СЕГОДНЯ, ПНЕВОТРАНСПОРТ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ

© Д. т. н. С. Я. Давыдов¹, д. т. н. Н. П. Косарев¹, д. т. н. Н. Г. Валиев¹,
к. т. н. Д. И. Симисин¹, к. иск. В. А. Курочкин²

¹ ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

² Уральская государственная архитектурно-художественная академия, г. Екатеринбург, Россия

Анализ технической и научной литературы показал, что производительность систем контейнерного пневмотранспорта (КПТ) зависит главным образом от участков загрузки и разгрузки. Увеличение производительности может быть обеспечено непрерывностью движения контейнеров на этих участках. Безостановочная загрузка контейнеров решена конструктивно, подобно загрузке пластинчатых конвейеров или конвейерных поездов с перегородками. Вместе с тем разгрузка горной массы без остановки контейнеров путем их поворота вокруг осевой линии зависит от процесса высыпания насыпного груза. На участках загрузки и разгрузки контейнеры принудительно и безостановочно передвигаются приводным устройством, состоящим из непрерывно вращающихся шин трения. Размещение шин предусмотрено таким образом, чтобы они всегда контактировали с контейнерами. Помимо массивных шин по ГОСТ 5883 возможно использование шин автомобильных и горных машин. После предварительных исследовательских работ в качестве приводных шин для передачи тягового усилия для контейнеров были использованы авиационные шины.

Особенности транспортных систем КПТ: высокие пропускная способность и производительность труда, простота и надежность технологического оборудования, независимость от погодных-климатических условий, экономичность, экологическая нейтральность, малые отчуждаемые площади. В процессе поворота контейнера часть материала в каждый определенный

момент остается неподвижной. Для анализа этого процесса особое значение имеет определение границы между подвижной и относительно неподвижной частями материала, т.е. поверхности скольжения или поверхности естественного откоса. В процессе разгрузки большая масса частиц отрывается от нижележащих слоев материала, не дойдя до разгрузочной кромки. Частицы, пришедшие в движение относительно контейнера, или скользят по поверхности естественного откоса вниз, или отрываются от этой поверхности и двигаются далее по параболической траектории. Это зависит от угловой скорости контейнера, положения частиц в контейнере, его радиуса и свойств материала. Таким образом, ограничивающим параметром пропускной способности системы КПТ является скорость движения контейнеров на участке разгрузки, зависящая от угловой скорости.

Результаты теоретических исследований были подтверждены экспериментальными исследованиями с использованием осциллографа НО43. Типовые осциллограммы записи времени разгона привода показали то, что время t_p пуска (разгона) установки почти в 2 раза меньше времени от начала ее вращения до начала высыпания груза. С учетом того, что разгон установки завершается до момента наступления процесса высыпания груза, угловая скорость контейнера в процессе разгрузки принималась постоянной. С учетом многочисленных проектов по использованию КПТ и небольшого опыта по кураторству ТЭО, изыскательских и

проектных работ и освоения лимитов строительства Свердловского метрополитена 1975–1976 гг. предлагается следующее. В случае использования в системе КПТ открытого участка меньше состава контейнеров этот вид транспорта предлагается использовать для комфортной перевозки рабочих на территории с суровым климатом, например в Норильске. В этом случае КПТ будет называться пассажирским пневмотранспортом (ППТ) — пневмотранспортом завтрашнего дня. В данном случае приемные станции подобны станциям метрополитена. Новшеством станционных участков является то, что поезда с открытыми дверями на этих участках движутся непрерывно со скоростью перемещения движущихся тротуаров. Закрытие этих дверей происходит при проходе в транспортный трубопровод.

Пневмопоезд ППТ обладает рядом отличительных особенностей. Одна из них — высокая скорость передвижения (150–200 км/ч). При этом поезд движется настолько плавно, что пассажир, стоящий посреди салона и не имеющий опоры, не рискует упасть ни во время движения, ни во время торможения или разгона состава. Трубная магистраль, по которой курсирует состав, может быть проложена под землей, под рекой, над рекой, на эстакаде. В эстакадной схеме пневмопоезд и трубная магистраль могут быть выполнены прозрачными; работа ППТ не зависит от погодных условий. Транспорт экологически чистый и не загрязняет окружающую среду. Благодаря возможности прокладки трубо-

проводов в горных условиях, болотистой местности и в труднодоступных районах системы ППТ можно применять там, где использование других видов транспорта связано с очень большими техническими трудностями и материальными затратами. Число обслуживающего персонала минимально, что создает благоприятные условия для внедрения систем ППТ в отдаленных районах с ограниченными трудовыми ресурсами. Перемещение пассажиров осуществляется в комфортных условиях, в эргономически проработанных креслах. Интерьер с оборудованием решен в современном ключе с учетом дизайнерских тенденций.

Расчеты ППТ, выполненные применительно к трассе платформа Малино — г. Зеленоград протяженностью 6 км, показали, что этот вид транспорта по капитальным затратам и эксплуатационным расходам приблизительно в 2 раза дешевле метрополитена и лишь немного уступает ему по пропускной способности. При компоновочной схеме с количеством необходимых трасс целесообразная скорость движения пневмопоездов в городском режиме 72 км/ч с ритмичностью 10–12 с. Новая транспортная трасса на 2/3 прозрачна и имеет 2 м в диаметре, вписывается в контур города. Перевозка осуществляется на высоте 10–12 м, не закрывает зону освещения; при острейшем дефиците строительных площадей опоры занимают всего 4 м². Таким образом, все вышеперечисленные разработки и предложения были выполнены в свете транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г.

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПНЕВМОВИНТОВЫХ НАСОСОВ

© Д. т. н. С. Я. Давыдов¹, д. т. н. Н. П. Косарев¹, д. т. н. Н. Г. Валиев¹,
к. т. н. Д. И. Симисин¹, Д. А. Панов²

¹ ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

² ЗАО «РОСМАШИНЖИНИРИНГ», г. Екатеринбург, Россия

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются 4 основных типоразмера пневмовинтового насоса (ПВН) непрерывного действия производительностью от 10 до 100 т/ч. Первоначально конструкция отечественных ПВН в точности повторяла конструкцию насосов фирмы «Fuller», США. В дальнейшем конструкция основных рабочих органов отечественных насосов была усовершенствована, что значительно улучшило эксплуатационные показатели, повысило долговечность и надежность этих машин. Недостатком известных устройств пневмотранспорта является то, что при повышении давления в смесительной камере увеличивается сопротивление перемещению материала напорным шнеком и возрастает перетекание воздуха через шнек в загрузочную камеру. При обратном движении смеси материала и газа происходит забивание сопел. В этом случае уменьшается надежность работы всей системы пневмотранспорта. Дополнительная продувка пневмотранспортной установки требует значительного количества сжатого воздуха.

На Березниковском содовом заводе при транспортировании легкой соды марки Б из отделения кальциниции цеха № 1 в отделение по производству кальцинированной соды марки А использовали ПВН отечественных и зарубежных конструкций, которые работали с частыми остановками и не давали желаемой произво-

дительности по материалу. После вскрытия и тщательного обследования одного из насосов ПВН на промышленном предприятии была дана рекомендация по изменению трассы и использованию азроднища в камере смешения насоса, что способствует интенсивному аэрированию сжатым воздухом транспортируемого материала.

Исследования, проведенные на промышленном предприятии, позволили предложить модернизацию ПВН. В результате установки регулируемого сопла перед обратным клапаном и по длине транспортного трубопровода уменьшены энергозатраты на перемещение транспортируемого материала, увеличены производительность пневмотранспорта и дальность подачи материала, снижен абразивный износ транспортного трубопровода, а также повышены надежность и стабильность работы пневмотранспорта. Было отмечено также, что на длинных трассах винтовые насосы необходимо все-таки заменять на камерные.

Экономический анализ затрат на приобретение и эксплуатацию пневмовинтового насоса фирмы «IBAU», Германия, и пневмокамерного насоса (ПКН) российского производства со встроенными энергосберегающими устройствами (ВЭУ), которые успешно были внедрены на предприятиях России, показал следующее:

- замена ПВН на ПКН с ВЗУ позволяет в течение одного года окупить затраты за счет экономии электроэнергии, которая ранее тратилась на привод шнека, и сократить потребление сжатого воздуха на транспортировку сыпучих материалов. При этом не требуется изменять диаметры транспортных трубопроводов;

- ПКН с ВЗУ экономичнее ПВН, поскольку не имеет электромеханических устройств для проталкивания перекачиваемого продукта в смесительную камеру;

- трудозатраты персонала на обслуживание ПКН значительно ниже, чем на ПВН. Нормы амортизационных отчислений на капитальный ремонт ПКН ниже, чем на ПВН, в 2,4 раза;

- ПКН имеет более высокий коэффициент использования, чем ПВН, прежде всего из-за отсутствия быстроизнашиваемых узлов: шнека, гильзы, обратного клапана и электромеханического привода.

Режим пневмотранспорта плотного слоя с минимальным удельным расходом воздуха возможен только при использовании пневмотранспортных насосов с высоким давлением воздуха — ПКН. При одинаковой

производительности насосов по материалу ПВН имеет расход воздуха в 2 и более раз выше, чем ПКН, при работе ПКН в режиме плотного слоя — в 4–5 раз. Основная причина неэффективной работы ПВН — рабочее давление, часто составляющее более 0,15 или 0,1 МПа, хотя обычно декларируются 2 МПа. Это вызвано прохождением сжатого воздуха сквозь клапан и винт в противоположную сторону. ПКН использует рабочее давление компрессора практически полностью, в камере оно может составлять от 0,4 до 0,6 МПа.

В 2011 г. в ОАО «Березниковский содовый завод» успешно проведена модернизация ПВН с увеличением производительности на 36 %. В 2012 г. в компании «РОСМАШИНЖИНИРИНГ» совместно с компанией «RUD Ketten» (конвейеры, элеваторы) и ООО ЗПТО (пневмокамерные насосы) выполнен проект и успешно пройдена экспертиза промышленной безопасности по модернизации трех транспортных линий в ОАО «Березниковский содовый завод» с учетом вышеуказанных рекомендаций.

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

ФУТЕРОВОЧНЫЙ ТЕЛЕСКОП ТБР ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ И БЫСТРОЙ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА

© Д.-инж. В. Московчук

Компания «INTECO special melting technologies GmbH», г. Брук, а. д. Мур, Австрия

Современная футеровка конвертера комплектуется в основном из изделий массой от 15 до 50 кг. Большинство приспособлений для проведения футеровочных работ устарели морально и физически и больше не соответствуют требованиям защиты труда, что часто подтверждается проверками TÜV. Востребованными являются новые установки, соответствующие современному уровню техники и позволяющие значительно облегчить тяжелый физический труд при проведении футеровочных работ.

Футеровочная площадка внутри конвертера создает тесноту рабочего места, поэтому в большинстве случаев еще до подачи в конвертер кирпич сортируется и готовится предварительно еще вне площадки. Разработанный фирмой «TBR casting technologies GmbH» (ТБР), дочерней структурой INTECO, футеровочный телескоп предусматривает автоматизацию процесса пересортировки кирпича, снижая таким образом нагрузку на рабочих. Разработанная система в настоящее время является предметом патентного подтверждения и скоро будет предложена потребителю. В большинстве случаев сегодня применяется дифференцированная схема футеровки, включающая укладку огнеупорных изделий различного состава, формы и размеров в зависимости от нагрузки (термической, механической, химической, коррозии/эрозии) в процессе службы для достижения равномерного износа футеровки. Изделия одного состава и двух форматов обычно упаковываются изготовителем заранее, для изделий составов от 2 до 10 разных форматов на кольцо необходима предварительная пересортировка.

Система автоматизации фирмы ТБР обеспечивает пересортировку кирпича согласно чертежу кладки до начала подъема поддонов на футеровочную площадку. Подъем происходит при помощи телескопического подъемника (лифта). ТБР-концепция лифта с площа-

дью загрузки 1,2×1,0 м² предусматривает подъем либо до четырех человек, либо двух поддонов по 1,5 т каждый (до шести поддонов на площадке футеровки); площадка поднимается со скоростью 2 м/мин. Кроме того, площадка оснащена (до 6 шт.) ножничными подъемными тележками с бесступенчатой перестановкой по высоте (таким образом, обеспечивается эргономное перемещение тяжелого кирпича по высоте и в плане), а также краном грузоподъемностью 1,8 т для упрощения перестановки поддонов и тележек на площадке футеровки. Конструктивно проверяли также возможность дооснащения площадки манипулятором, но такой вариант оказался технически мало привлекательным. Особенности телескопа ТБР выгодно отличают его от других конструкций. Это касается прежде всего:

- улучшения условий работы (расстояние конвертер – площадка футеровки 1050–1450 мм подгоняется под размеры конвертера для эргономически правильной футеровки верхнего конуса и горловины, ножничные подъемные тележки);

- техники безопасности (окно аварийного подъема людей на площадку, съемные ограждения площадки для ремонтных работ вне конвертера, дополнительная защита от падающих предметов с площадки конвертера);

- определенная экономия времени и значительное улучшение организации футеровочных работ обеспечиваются гидроприводом площадки (грузоподъемность лифта 3,5 т при скорости подъема до 15 м/мин);

- большие возможности варьирования выносных лепестков для расширения площадки футеровки (1-я и 2-я ступени автоматически, в остальных случаях — вручную, по потребности).

Вся конструкция футеровочного телескопа может транспортироваться краном, сама технология проведе-

ния футеровочных работ для персонала остается неизменной, переобучения не требуется.

Описанные ранее зафиксированные законодательные требования по безопасности и организации труда при выполнении кладки конвертеров ведут к тому, что большинство конвертерных цехов в Европе вынуждены обновлять парк своего оборудования, а машиностроители (на примере представленного телескопа от ТБР для футеровки конвертеров со съёмным днищем) — предлагать реальные альтернативы существующим установкам. Поэтому приоритетной целью разработки

нового телескопа было не столько значительное сокращение времени на проведение футеровочных работ, сколько снижение физической нагрузки на персонал и предоставление металлургам агрегата, который бы полностью соответствовал современным требованиям техники безопасности и охраны здоровья рабочих. Остается надеяться, что и предприятия России, Украины, Казахстана рано или поздно проникнутся оправданной заботой европейских работодателей о здоровье и безопасности своих работников и примкнут к процессу обновления.

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРИКЦИОННЫХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ИЗ ГЛИНОЗЕМОВ

К. т. н. В. Я. Потапов, д. т. н. С. Я. Давыдов, к. т. н. В. В. Потапов

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

Поскольку глинозем не всегда достаточно однороден по составу, целесообразно выделение из глины твердых включений, их разрушение и объединение основной массы глины с измельченными твердыми включениями. Прямая дезинтеграция глин с разрушением твердых включений неперспективна из-за демпфирующего эффекта, создаваемого глинистой частью материала. Используемые в настоящее время при подготовке глинистого сырья грохоты, колки, валки недостаточно эффективно удаляют из массива твердые включения (кварц, диабаз, базальт) и, кроме того, частично разрушают их и перемешивают с массивом глин. Установлено, что в сформованном кирпиче содержатся твердые включения класса $-20 + 2$ мм, которые после обжига ухудшают его структуру, а также прочность, что приводит к 10–15 %-ному браку всей партии.

В технологии подготовки глины для улучшения ее спекаемости предусматривается ее отощение за счет введения твердых тонкомолотых наполнителей — шлаков и присутствующих в глинистом сырье твердых включений в виде гравия класса $-1 + 0$ мм. Для повышения эффективности извлечения твердых включений из глины была предложена технология, основанная на различии в эффекте взаимодействия кусков разделяемых компонентов с рабочей поверхностью аппарата. Признак разделения оценивали по коэффициентам трения, упругости и формы. Для определения физических параметров сырья была использована специально разработанная методика оценки упругих и фрикционных характеристик. Гранулометрический состав изуча-

ли на глинистом сырье Асбестовского кирпичного завода.

Для подбора конструкции аппаратов, их параметров, а также схем обогащения глинистого сырья проведены теоретические и экспериментальные исследования процесса разделения на полупромышленных моделях сепараторов с подвижной (барабанно-полочный фрикционный сепаратор БПФС-3) и неподвижной (сепаратор для разделения сыпучих материалов по трению и упругости — СПРУТ) разделительными поверхностями. Продукты подвергали ситовому анализу с оценкой количества выделенных твердых и глинистых включений в каждом классе крупности. Хвосты от сепараторов СПРУТ и БПФС (твердые включения) в дальнейшем дробили в роторной дробилке и использовали в качестве наполнителей для отощения глины.

Данные о фрикционных и упругих характеристиках глинистого сырья свидетельствуют о высокой контрастности исследуемого признака и возможности использования этих свойств для разделения продуктов, входящих в глиноземное сырье. Предлагаемые технические решения на базе сепараторов СПРУТ и БПФС могут быть использованы в схемах подготовки сырья в производстве кирпича на других предприятиях для повышения качества продукции и адаптированы с учетом специфики глиноземного сырья и предприятий — производителей кирпича.

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 такой 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 концентрациях от единиц ppm до 100 % в твердых, порошкообразных и жидких пробах. В частности, концентр «RHI Refractories» использует спектрометр S8 TIGER для контроля технологического процесса на



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

нескольких заводах. Благодаря современному программному обеспечению спектрометры легко интегрируются в общую систему управления качеством на производстве.

Фазовый анализ образцов проводится методом рентгеновской дифракции. Для решения этой задачи нами предлагаются дифрактометры D8 ADVANCE, D2 PHASER и D4 ENDEAVOR, позволяющие анализировать готовые образцы продукции и контролировать этапы производства. Использование термокамеры позволяет существенно расширить возможности аналитической лаборатории для моделирования процессов производства. Если объем производства незначителен либо необходимо проводить анализы в «поле», то стоит обратить внимание на компактный дифрактометр D2 PHASER, требующий для работы только стандартную

электророзетку. 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 нашим специалистам 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, корпорация «ТехноНИКОЛЬ» и ООО «Кералит».

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

КИРПИЧНЫЕ ЗАВОДЫ ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

© А. В. Рукавицын, В. Е. Мирошников, М. Г. Туров
ООО «ИНТА-СТРОЙ», г. Омск, Россия

Коллективом предприятия разработана технология полусухого прессования с последующим обжигом в шахтных печах. Для огнеупорной промышленности она интересна тем, что позволяет использовать низкосортные и малопригодные для огнеупорных изделий глинистые материалы. Производственный процесс начинается с подготовки сырья, в результате которой получается однородный пресс-порошок, стабильный по влажности и гранулометрическому составу. В агрегате загрузки сырья происходят первичное рыхление глины и ее дозированная подача в линию. Попадая в установку «Каскад», сырье гомогенизируется, перемешивается и гранулируется. В итоге получаются относительно ровные по размерам и однородные по составу гранулы, которые направляются в сушильный барабан. Подсушенные гранулы попадают в стержневой смеситель, в котором растираются в пресс-порошок. Далее постоянный по влажности (~10 %) и гранулометрическому составу пресс-порошок отправляется в бункер-накопитель, где вылеживается перед прессованием.

Однопозиционный пресс высокой производительности (1400 шт./ч), в котором кинематика поддерживает заданное давление внутри камеры прессования (40,0 МПа), а система автоматизации следит за толщиной кирпича-сырца ($\pm 0,5$ мм) и при необходимости корректирует объем засыпаемого в рабочую камеру пресс-порошка, позволяет прессовать кирпичи одина-

ковой плотности с высокими прочностными характеристиками, соответствующими марке М300. Отпрессованный кирпич-сырец манипулятором укладывают в кассеты и отправляют в герметичные сушильные камеры. Тепло отбирается от печных газов через систему теплообменников и вентиляторов. Системой автоматики поддерживаются заданная температура и влажность теплоносителя в каждой камере. Высушенный сырец в тех же кассетах накапливается в вертикальной шахте вблизи печи и по мере необходимости подается на обжиг. Весь процесс занимает 19 ч. После сушки манипулятор разгружает кассеты с сырцом, формируя над печью слой садки. Выемку обожженного кирпича из печи осуществляет устройство «снижатель», на котором стоит садка. Кирпич, пройдя все стадии (нагрев, обжиг, охлаждение), попадает на участок упаковки. Манипуляторы формируют из него пакет общей массой около 1 т, увязанный лентами и стрейч-пленкой.

Следует отметить, что все процессы работы завода контролирует система автоматики, выводя данные на дисплей оператора. Таким образом, приобретая завод нового поколения, можно получить дополнительную прибыль не только за счет снижения общих расходов (на топливо, на строительство) и автоматизации производства, но и прежде всего за счет получения качественной продукции из сырья, ранее считавшегося отходом производства.

ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

СОВРЕМЕННОЕ ФУТЕРОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ «BRICKING SOLUTIONS» ДЛЯ ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

© А. С. Спицин

Представительство компании «Hoganas Bjuф АВ», Москва, Россия

Компания «Bricking Solutions», США, осуществляет свою деятельность с 1966 г., предлагая эффективные решения в области футеровки производственного оборудования в цементной промышленности и металлургии. Специализируясь на выпуске футеровочного оборудования, фирма стала признанным мировым лидером в этом сегменте, осуществляя поставки своей продукции в 80 стран. За этот период компания поставила более 2000 футеровочных машин, ленточных конвейе-

ров, платформ для футеровки конвертеров и других видов оборудования, применение которого позволяет проводить футеровочные работы безопасно, быстро и качественно.

Статистика показывает, что применение оборудования не только позволяет достичь улучшения качества футеровочных работ (сокращение времени, уменьшение затрат на расходные материалы), но и дает возможность увеличить стойкость футеровки агрегатов за счет

получения высококачественной кладки. В частности, у такого агрегата, как чугуновозный ковш типа «торпедо», благодаря использованию футеровочной машины можно ожидать двукратного увеличения стойкости футеровки. Другое решение, которое может заинтересо-

вать российских металлургов, — комплекс для футеровки медеплавильных конвертеров. Эта футеровочная машина позволяет провести кольцевую кладку за короткий срок безопасным способом. Качество футеровки при этом идеальное.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ХРОМИТОПЕРИКЛАЗОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

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

¹ ООО «Группа «Магнезит», Москва, Россия

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

Для прогноза износоустойчивости огнеупоров в службе потребители зачастую используют стандартные характеристики свойств изделий, полученные фактически при паспортизации готовой продукции, граничные значения эти показателей приведены в ГОСТ, СТО, ТУ и ТТ. Для хромитопериклазовых изделий это, как правило, предел прочности при сжатии при нормальной температуре, открытая пористость, температура начала размягчения под нагрузкой, термостойкость при нагреве стандартного образца до 1300 °С с последующим резким охлаждением в воде. Однако эти показатели дают ограниченную информацию о качественных характеристиках изделий, подтверждая в большей мере стабильность технологических параметров производства. Эта информация мало увязана с физико-химической сутью процессов, протекающих при эксплуатации тепловых агрегатов. При более глубоком исследовании некоторых свойств, например характера пористости, используя возможности испытаний на шлако-, металлоустойчивость в сочетании с петрографическим анализом, а также газопроницаемости, распределения пор по размерам с применением ртутной порометрии, можно получить информацию, раскрывающую сущность процессов устойчивости изделий к воздействию агрессивных расплавов, сочетания воздействия расплавов и газовой фазы. Естественно, необходимо учитывать также, что одновременно с пропиткой огнеупоров расплавами, проникновением газообразных фаз происходит также химическое взаимодействие между ними с разрушением фаз, образованием новых фаз. Это сопровождается объемными процессами с изменением характера поровой структуры.

В результате исследований, выполненных в управлении технологических разработок Группы «Магнезит», разработаны и внедрены в производство технологические приемы, позволяющие снизить открытую пористость обожженных изделий и ухудшить смачиваемость поверхности огнеупора расплавами. Для изу-

чения процессов, сопровождающих транспортирование металлических и шлаковых расплавов в глубь хромосодержащих огнеупорных изделий в процессе эксплуатации, проанализированы сведения об относительном распределении пор по размерам, их канальности и капиллярности с применением методов ртутной порометрии. Основой для прогноза интенсивности пропитки изделий шлаковыми расплавами послужили литературные данные об избирательной склонности пор к капиллярному всасыванию в зависимости от их размера (радиуса).

Доля пор размерами менее 5 мкм, в которые практически не проникают расплавы металла, в изделиях марки ХПП-1 производства комбината «Магнезит» составляет около 70 %. На долю капиллярных пор размерами 8–25 мкм приходится около 10 %; около 5 % пор имеют размеры более 25 мкм. С применением пропитки огнеупоров раствором эпсомита удалось увеличить в них долю непроницаемых пор до 90 % и уменьшить долю капиллярных пор до 5 %. Доля пор размерами более 25 мкм снизилась до 3,5 %. Исследование микроструктуры пропитанных огнеупоров после службы показало наличие в порах переходной и холодной зон огнеупоров остатков сульфидной массы и новообразований хромшпинелидов с незначительной смачиваемостью расплавами. Пропитка изделий раствором эпсомита существенно повлияла также на предел прочности при одноосном сжатии при нормальной температуре, на ТКЛР огнеупоров при высокой температуре; последнее свидетельствует об определенной склонности микроструктуры к релаксации внутренних напряжений.

Комплексность исследований поровой структуры огнеупорного материала до и после службы в тепловом агрегате позволяет оценить перспективы взаимодействия огнеупора с расплавами оксидов и газами и является основой для оптимизации технологии изготовления огнеупоров.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ТЕРМОСТОЙКИЕ ОГНЕУПОРЫ ИЗ КИАНИТОВОЙ РУДЫ КЕЙВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

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

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

Получен ряд муллитосодержащих огнеупоров на основе кейвской кианитовой руды, исследовано влияние

структурирующих добавок и состава шихты на показатель термостойкости. Использована кианитовая руда

следующего состава, мас. %: Al_2O_3 40,58, SiO_2 52,53, K_2O 1,30, CaO 1,54, TiO_2 1,15, Fe_2O_3 0,57, C 2,33. Руда подвергалась предварительному обжигу на брикет с добавками углерода и/или активного оксида алюминия, связка — лигносульфонат.

В предыдущих исследованиях нами рассмотрена термодинамика процессов, протекающих в системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2\text{--C}$ для продуктов муллитизации кианита $3(\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2) \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3\text{--}2\text{SiO}_2 + \text{SiO}_2$. Экспериментально доказано, что система ведет себя, как две формально независимые подсистемы $\text{SiO}_2\text{--C}$ и $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--C}$. Карботермическое восстановление кианитовой руды предусматривает в качестве источника SiO_2 как кварц, присутствующий в руде в качестве примеси, так и кристобалит, получающийся в процессе муллитизации. Сложный комплекс реакций протекает как в конденсированных, так и в газовых фазах. В псевдозакрытой системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2\text{--C}$ термодинамически наиболее вероятными являются реакции, приводящие к образованию SiC . Важнейшими факторами являются организация внутреннего переноса вещества продуктами реакций, иницирование фазовых переходов в керамической матрице в процессе ее формирования.

Образование SiC в восстановительных условиях обжига происходит в результате как прямого контакта SiO_2 с углеродом ($\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$), так и в результате взаимодействия паров SiO с углеродом ($\text{SiO}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{SiO} + \text{CO}_2$, $\text{SiO} + 2\text{C} = \text{SiC} + \text{CO}$, $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$). На процесс влияют размер частиц, наличие тесного контакта и тип углеродного восстановителя. Вначале скрытокристаллический SiC возникает вокруг углеродистых зерен и по трещинам в них. Затем в результате диффузии силицирующего агента процесс перерождения углеродистого материала идет дальше. Так как улавливание SiO и связывание его в SiC происходят на

поверхности углеродных частиц, при высоком содержании последних общая площадь поверхности становится больше, и доля кремния, задерживаемого в системе, возрастает. Карбидизация алюмосиликатной матрицы позволяет получать муллитографитовые огнеупоры с термостойкостью до 50 теплосмен (1300°C — вода).

Нами отмечено влияние на свойства муллитосодержащих огнеупоров отхода производства ферросилиция (ОПФ), основной составляющей которого является кремний. Введение ОПФ в шихту на основе брикета из руды способствует образованию в поровом пространстве SiC в результате реакционного спекания ($2\text{Si} + \text{CO} \rightarrow \text{SiC} + \text{SiO}$). Образующийся SiC благоприятствует усадке изделий, а экзотермический эффект реакции способствует дополнительной активации процесса. Возможно, повышение термостойкости связано с самоармированием муллитовой матрицы тонкими частицами SiC . Таким образом, в материале может быть создана *in situ* микроструктура, в которой частицы дисперсного тугоплавкого SiC расположены по границам зерен муллита. Муллитокарбидкремниевый материал обладал термостойкостью до 30 теплосмен (1300°C — вода).

Нами исследованы составы с добавлением в шихту активного MgO (каустического магнезита или прокаленного $\text{Mg}(\text{OH})_2$). В структуре огнеупора синтезируется кордиерит с низким значением ТКЛР и отсутствием анизотропии по сравнению с муллитом, что создает предпосылки к уменьшению температурного градиента и напряжений внутри изделия при нагреве и охлаждении. Термостойкость модифицированных муллитокордиеритовых материалов — до 50 теплосмен (1300°C — вода).

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ПОРОШКОВОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ НА СПЕКАНИЕ КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

© О. В. Буцык, д. т. н. Т. А. Хабас, А. А. Качаев, А. О. Хасанов

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

Износостойкие и ударопрочные керамические материалы на основе карбида кремния благодаря уникальному сочетанию физико-механических характеристик — высоких прочности и теплопроводности, низкого ТКЛР, стойкости к окислению при высоких температурах и к воздействию агрессивных сред — нашли широкое применение в различных областях техники, в том числе в металлургии и машиностроении. Получение высококачественных плотных и пористых изделий определяется качеством исходного сырья, которое не всегда бывает удовлетворительным. Известны различные технологии производства керамики из порошков бескислородных соединений, из которых наиболее эффективными методами считаются горячее прессование и SPS-спекание. Однако применение этих методов возможно при использовании высококачественного исходного порошка с чистотой по основному продукту более 96 %. Большое содержание свободного кремния или бора, а также железистых примесей ухудшает

прочностные характеристики спеченных изделий. Одним из перспективных методов улучшения физико-технических характеристик керамического материала может быть введение добавок нанодисперсного порошка одноименного состава. При этом задачей технологии является максимально равномерное распределение добавки в матрице основного состава.

В работе исследовали спекание карбида кремния марки 63С МЗ (средний диаметр зерна 2,4 мкм), в качестве спекающей добавки использовали нанопорошок карбида кремния с удельной поверхностью $32 \text{ м}^2/\text{г}$ в количестве от 1 до 10 мас. %. Для разрушения агломератов (~3 мкм) нанопорошок SiC подвергали ультразвуковому воздействию в среде этилового спирта с последующей сушкой. Синтез опытных образцов в виде таблеток диаметром 10 мм проводили методом искрового плазменного спекания в вакууме в интервале от $1850\text{--}2050^\circ\text{C}$ под давлением 70–90 МПа. Установле-

но, что при интенсивном измельчении в струйной мельнице наблюдается термическое разложение некоторой доли карбида кремния на элементарные кремний и углерод, что приводит к увеличению их содержания в порошке. Однако в процессе спекания под давлением идет обратная реакция синтеза дополнительного вторичного карбида кремния, что увеличивает содержание основного вещества до 99 %. Морфологические параметры полученных керамических образцов из карбида кремния исследовали с использованием анализа

СЭМ-изображений поверхностей скола. Керамика без добавки нанопорошка разрушается преимущественно по границам зерен, а образцы, изготовленные с применением нанопорошка, имеют преимущественно транскристаллитный характер разрушения, что косвенно свидетельствует об относительно более высокой прочности межзеренных связей в керамике с добавками нанопорошка. Керамика с 5 и 10 % нанопорошка в исходной смеси практически не содержит пор и имеет сравнительно более высокую трещиностойкость.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

НОВАЯ МИНЕРАЛИЗУЮЩАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ТВЕРДОФАЗНОГО СИНТЕЗА МУЛЛИТА И СПЕКАНИЯ МУЛЛИТОВОЙ КЕРАМИКИ ИЗ ОКСИДОВ

© Д. т. н. Т. В. Вакалова, Л. П. Говорова, А. Ю. Токарева

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

В настоящее время накоплен значительный научный и практический опыт интенсификации процессов твердофазного синтеза, в том числе муллита, в технологии керамических материалов за счет применения минерализующих добавок. Однако до сих пор проблема активации процессов синтеза муллита является актуальной, поскольку в случае положительного решения позволяет в итоге снизить энергоемкость процесса, что является немаловажным фактором в сохранении за муллитовой керамикой ведущих позиций среди материалов технического назначения.

В работе для активации процессов фазообразования в композициях муллитового состава на основе оксидов впервые опробовали добавку природного фторалюмосиликата — топазсодержащего сырья. Выявлено, что при отсутствии добавки топаза независимо от природы исходных компонентов в системе глинозем — кремнезем формируется муллит традиционного состава $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. При этом отмечается лимитирующее действие особенностей глиноземистого сырья на синтез муллита из оксидов, в частности его природы, дисперсности, минерального состава и степени дефектности структуры. Присутствие добавки топаза обеспечивает в интервале 1300–1600 °С с экспозицией до 1–2 ч интенсификацию синтеза муллита короткопризматической формы. При этом размер кристаллов муллита, синтезированного с использованием электрокорунда в стехиометрической смеси, в 3–4 раза меньше, чем при синтезе с аморфным глиноземом (0,5–1,0

и 3–4 мкм соответственно), при использовании одной и той же кремнеземистой составляющей.

Для осуществления твердофазного спекания муллита, синтезированного из оксидов, подтверждена необходимость проведения процесса по спековой технологии. Наибольшей активностью в спекании обладает муллитовый спек, полученный при 1500 °С. Активация спекания муллита малыми добавками топаза возможна при введении 1 % топазового концентрата в исходную смесь стехиометрического состава для активации синтеза муллита и 2 % топазового концентрата в измельченный спек для активации собственно спекания муллита. Функции топаза сводятся к наведению дефектов в структуре муллита и формированию в процессе спекания менее прочного муллитового каркаса под действием газообразных реакционных фторидов. Установлено, что использование топаза для активации спекания изделий из муллитового спека позволило не только снизить температуру обжига изделий с 1650 до 1600 °С, но и значительно улучшить физико-механические (предел прочности при изгибе с 78 до 118 МПа) и электрофизические характеристики (электрическую прочность с 14 до 23 кВ/мм) муллитовой керамики за счет формирования муллита удлинненно-призматического габитуса.

* * *

Выполнено при поддержке Минобрнауки ГЗ НИР «Наука» 3.3055.2011.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЫСОКОПОРИСТЫЕ ДИАТОМИТСОДЕРЖАЩИЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ СВЯЗКЕ

© Д. т. н. Т. В. Вакалова, д. т. н. Н. С. Крашенинникова, Н. П. Карионова, Н. К. Абилябаева

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

Широко применяемые на настоящее время способы создания в керамических материалах пористой структуры (введение выгорающих добавок, пенообразование, химическое порообразование и др.) не всегда обеспечивают сочетание требуемых свойств, таких как высокая прочность при низких показателях плотности

и теплопроводности. Поэтому особую актуальность приобретает поиск таких способов и добавок, которые, не снижая прочности получаемых изделий, обеспечивали бы образование высокопористой структуры керамического материала. В этой связи в работе изучали возможность получения высокопористых керамиче-

ских материалов на основе природного кремнеземистого сырья (диатомитовых пород Инзенского месторождения) и его композиций со вспученной вермикулитовой породой Татарского месторождения (Красноярский край) и вспученной перлитовой породой Арагачского месторождения.

Установлено, что при разработке оптимальной технологии высокоэффективных теплоизоляционных материалов с температурой службы до 1000 °С создание высокопористых керамических структур обеспечивается за счет использования в качестве основного сырья компонента природного высококремнеземистого наноструктурированного материала с собственной высокопористой структурой — диатомитовой породы. В качестве пороформирующей добавки целесообразно использовать вспученные вермикулитовые и перлитовые породы, для повышения общей пористости в качестве выгорающей добавки наряду со вспученными перлитом и вермикулитом — древесные опилки в количестве до 20 мас. %. Из разработанных составов с содержанием вспученных компонентов до 30 мас. % изделия можно формовать пластическим способом, что позволяет получить после обжига при 950–1000 °С пористую керамику кажущейся плотностью 0,6 г/см³ и ниже с пределом прочности при сжатии до 9 МПа (с вермикулитовой добавкой) и до 10 МПа (с перлитовой). Использование добавки древесных опилок существенно снижает кажущуюся плотность (до 0,4–0,6 г/см³) изделий из этих композиций, но при этом их предел прочности при сжатии не превышает 3 МПа.

Повышение содержания вспученных компонентов с 30 до 70 мас. % в композициях с диатомитовой породой возможно только при формовании изделий из полусухих масс. Причем при полусухом прессовании увеличение доли добавки вспученного вермикулита к диатомитовой породе до 60–70 мас. % обуславливает необходимость увеличения влажности пресс-порош-

ков от 20 до 40 % (за счет активного поглощения воды порами вспученной добавки) и введения эффективно пластифицирующего связующего. Оптимальное сочетание плотности и прочности сформованных образцов обеспечивается прессованием под давлением 0,6–1,5 МПа. Такое давление не вызывает разрушения пористых частиц вермикулита и перлита. Обжиг при 950–1000 °С полуфабриката из смесей диатомита со вспученными перлитом и вермикулитом позволяет получить теплоизоляционные керамические изделия кажущейся плотностью 600–650 кг/м³ с пределом прочности при сжатии 1,5–2,5 МПа. Таким образом, пористая керамика из данных композиций независимо от способа изготовления (пластический или полусухой) перспективна для получения высокоэффективных теплоизоляционных материалов с температурой службы до 1000 °С.

В направлении улучшения прочностных характеристик высокопористых керамических материалов на основе смесей диатомита со вспученным перлитом или вермикулитом предлагается создание в керамической матрице армирующего кристаллического сростка из частиц неизометрического габитуса. С этой целью исследовали совмещение процессов синтеза в сформованном изделии новой кристаллической фазы упрочняющего действия (волластонита) за счет подшихтовки к диатомитовой породе природного кальцийсодержащего компонента (известняка, мела) и спекания изделий в однократном обжиге в интервале 1000–1200 °С. В совокупности это обеспечивает получение высокопористых керамических материалов кажущейся плотностью до 1,0 г/см³ с пределом прочности при сжатии до 12 МПа, перспективных для промышленной теплоизоляции.

* * *

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ ГЗ «Наука» 3.3055.2011и.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА ПЛОТНОСПЕЧЕННОГО КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СМЕСИ ОКСИДОВ

© Е. В. Гайдайчук, д. т. н. Т. А. Хабас, М. В. Рубцова

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

Число добавок, применяемых для спекания тугоплавких оксидов, достаточно ограничено. К числу оксидов, заметно снижающих температуру спекания, традиционно относят TiO₂, MnO₂, Fe₂O₃. Эти же соединения и ряд других, относимых к *d*- и *f*-группам элементов, при введении в количестве, превышающем сотые доли массового процента, уже могут окрасить стеклообразные материалы и выступать в качестве керамических пигментов. Окрашивание собственно тугоплавких оксидных соединений, таких как оксиды алюминия, циркония, муллита, из-за стабильности их кристаллической структуры является трудной задачей, на практике осуществляется редко и чаще всего представляет собой несамостоятельный эффект, например при введении оксида хрома при получении электроплавленного корунда (ярко-розовый цвет). Однако на современном этапе развития техники, предоставляющей возможность проведения высокотемпературных процессов спекания, возможно получение окрашенных тугоплав-

ких материалов с минимальным количеством стеклофазы, которые могут найти применение в установках, подвергающихся нагреву, и везде, где необходима быстрая визуальная идентификация керамических материалов и деталей.

Проблемой, возникающей при введении окрашивающих соединений, является их неоднозначное воздействие на сам процесс спекания. Для изучения влияния переходных элементов на свойства плотноспеченного керамического материала было проведено исследование в системе Al₂O₃–3Al₂O₃·2SiO₂ с использованием в качестве добавок соединений, включающих ионы кобальта, железа, марганца, хрома, никеля и титана, а также соединения редкоземельных элементов (РЗЭ) неодима, празеодима и церия. Установлено, что введение окрашивающих добавок в виде солей кобальта, железа и оксида хрома (от 0,3 до 3,0 мас. %) в смеси, содержащие электроплавленный муллит, позволило одновременно с эффектом окрашивания снизить тем-



Качество, которому доверяют

CALDERYS — мировой лидер в производстве огнеупоров работает уже более 100 лет. CALDERYS может решить любые проблемы, касающиеся выбора эффективных огнеупорных решений и передовых инсталляционных методов. Благодаря международной сети технических центров и 30 коммерческих офисов CALDERYS в Вашей стране — надежный партнер, начиная от проектирования огнеупорной футеровки и заканчивая поставкой материалов для технического обслуживания тепловых агрегатов в какой бы отрасли Вы ни работали, какими бы высокими ни были бы Ваши потребности.

Узнайте больше о наших инновационных решениях : russia@calderys.com

ООО «Калдерис»
Финляндский пр., д. 4А
194044 Санкт-Петербург, Россия
Тел. +7 (812) 640 76 66

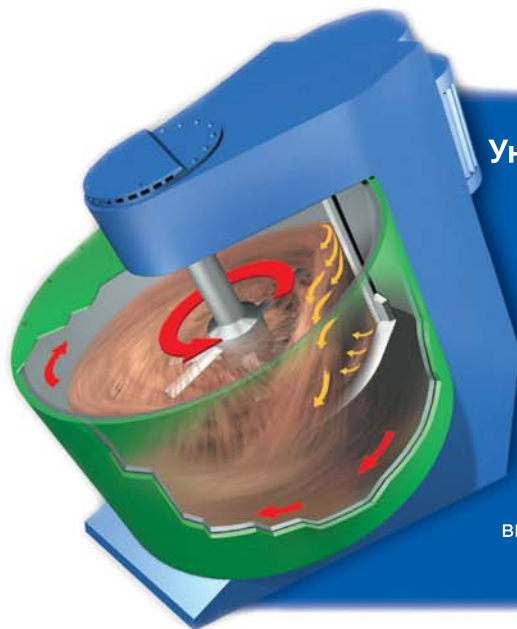
Техника смешивания огнеупорных материалов

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 вмешиваются
 - 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 вмешиваются 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

пературу спекания на 20–50 °С (температура спекания аналогичного состава без добавок 1600 °С). При применении в смеси муллита, полученного твердофазным синтезом, аналогичной плотности и яркости окраски

при температурах до 1550 °С достичь не удалось. В эксперименте с добавками соединений РЗЭ лучший результат (удовлетворительная плотность и заметное окрашивание) получен при введении соединений церия.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

© Д. х. н. Д. Д. Гуламова¹, к. х. н. Д. Е. Ускенбаев¹, Д. Ш. Турдиев¹,
С. Х. Бобокулов¹, В. П. Шевченко², С. Г. Токунов², Р. Б. Ким²

¹ Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце» АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан

² СП 000 «Электроизолит», г. Ташкент, Республика Узбекистан

Синтез керамических оксидных материалов традиционно осуществляют на основе методов твердофазных реакций и химического соосаждения. Такие технологии связаны с проблемой воспроизводимости состава и свойств из-за неравномерного распределения легирующих добавок в объеме массы материала, образования промежуточных фаз и сложности контроля реакций их взаимодействия между собой. Многократные промежуточные помолы негативно влияют на состав целевого материала. Диффузионный механизм, лежащий в основе этих методов, для высокотемпературных оксидов при температурах ниже 1500 °С является очень медленным процессом и влечет за собой длительный отжиг, т. е. высокие энергозатраты.

Ускорение диффузии путем повышения температуры процесса связано с использованием специального дорогостоящего оборудования, повышением энергозатрат, что неэкономично. Энергоемкость процессов термообработки присуща синтезу керамических материалов на основе метода химического соосаждения. Перспективны с точки зрения получения однородного заданного фазового состава методы синтеза в расплаве, получаемом при помощи индукционного нагрева, лазерного излучения, плазмы, сконцентрированного лучистого потока. Высокая энергоемкость этих методов ограничивает их широкое промышленное распространение.

Общезимовая проблема энергодифицита определяет поиск возобновляемых естественных источников энергии и развитие технологий на их основе. Поэтому оправдан интерес к возможности использования концентрированной солнечной энергии для синтеза оксидных материалов сложного состава. Технология с использованием в качестве источника нагрева сконцентрированного солнечного излучения характеризуется такими преимуществами, как быстрота и полнота реакций синтеза, высокая степень гомогенизации в расплаве, отсутствие загрязнения со стороны нагревательных элементов и тигля, простота осуществления контролируемых режимов плавления, перегрева расплава и его закалки и т. д. Представляет также интерес возмож-

ность получения пересыщенных твердых растворов, расширение областей их гомогенности, стабилизация аморфного состояния, получение ультрадисперсной структуры посредством контролируемого режима термообработки аморфной фазы, стабилизация метастабильных полиморфных модификаций. Применение сконцентрированного солнечного излучения перспективно для синтеза и термообработки оксидов высшей огнеупорности, поскольку позволяет достичь температуры 3000 °С на воздухе. Осуществление процесса в окислительной среде определяет стехиометрию по кислороду в целевом материале. Особенности влияния синтеза в расплаве под воздействием сконцентрированного солнечного излучения выявлены на основании результатов исследования свойств изостехиометрических (титанаты РЗЭ), изоструктурных (титанаты типа псевдобрукита) групп оксидных соединений и твердых растворов на основе ZrO_2 и HfO_2 . Определены закономерности изменения свойств материалов и керамики на их основе в зависимости от природы катионов (ионных радиусов, электроотрицательности, электронного строения и т. д.) и условий синтеза. Целевые керамические материалы синтезировали в расплаве при плотности солнечного потока 750–880 Вт/см² и скорости охлаждения расплава 10²–10⁵ град/с.

Установлено влияние условий синтеза на стабилизацию высокосимметричных полиморфных форм: стабилизацию аморфного состояния, усиление анизотропии кристаллической структуры и структурно-зависимых параметров, аморфизацию, образование пересыщенных и дискретных твердых растворов-гомологов. Метастабильное состояние быстрозакаленных материалов оказывало положительное влияние на спекание керамики. Синтезированные по «солнечной» технологии материалы имели лучшие свойства по сравнению с аналогами, полученными методами твердофазных реакций или химического соосаждения. Выявлена перспектива использования солнечной энергии для разработки технологий синтеза новых керамических материалов.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ, ИХ МОДИФИЦИРОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ

© О. Ю. Данилова¹, А. Н. Довгаль¹, А. В. Лукин¹, д. т. н. А. Л. Юрков¹,

к. т. н. В. А. Дороганов², О. В. Зарубина², д. т. н. Е. И. Евтушенко², к. т. н. Н. А. Перетоккина²

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

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

В настоящее время широко применяются разнообразные материалы на основе карбида кремния. Большин-

ство этих материалов представляют собой гетерогенные композиции, в которых отдельные зерна SiC цемен-

тированы связками, отличающимися от основной фазы по составу и физико-химическим свойствам. В промышленности применяются карбидкремниевые материалы на оксидной, нитридной или силикатной связке. В специфичную группу карбидкремниевых огнеупоров можно выделить самосвязанный и рекристаллизованный карбид кремния. В этих огнеупорах непосредственная связь между зернами SiC достигается за счет рекристаллизационных процессов при весьма высоких температурах (до 2100 °С) в восстановительной атмосфере. Достижение высоких температур требует больших энергозатрат и специального оборудования, что сдерживает развитие этой группы огнеупоров.

Одним из возможных методов получения аналогичных по свойствам карбидкремниевых материалов без применения высоких температур является принцип, основанный на использовании искусственных керамических вяжущих (ИКВ) суспензий карбида кремния, получаемая по технологии высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС). Полученное мокрым помолом в шаровой мельнице ИКВ на основе карбида кремния имело следующие характеристики: плотность 2,44 г/см³, влажность 16,3 %, объемная доля твердой фазы 0,66, содержание частиц размерами более 63 мкм 2,2 %, менее 100 нм 1,0 %. Синтезированное ИКВ карбида кремния относилось к тиксотропно-дилатантным системам и характеризовалось значительной полидисперсностью (коэффициент полидисперсности $K_n \sim 5,5$). Были исследованы образцы на основе ИКВ карбида кремния, полученные методом литья в гипсовые формы. Установлено, что после обжига при 1300 °С отливки характеризовались огневой усадкой 0,30–0,35 %, открытой пористостью

25,0–25,5 %, кажущейся плотностью 2345–2370 кг/м³ и пределом прочности при сжатии 50–55 МПа.

Изучены различные способы модифицирования ИКВ с использованием огнеупорных глин и нанодисперсного кремнезема Ludox. Установлено, что применение глинистого модификатора приводит к изменению характера реологического поведения суспензий с тиксотропно-дилатантного на тиксотропный. При этом отливки на основе модифицированного глиной ИКВ после обжига при 1300 °С характеризовались открытой пористостью 28–28,5 %, кажущейся плотностью 2200–2220 кг/см³ и пределом прочности при сжатии 90–100 МПа. Использование в качестве модифицирующей добавки нанокремнезема различных марок приводит к существенному улучшению основных физико-механических характеристик отливок на основе ИКВ карбида кремния. Так, после обжига при 1300 °С образцы на основе модифицированного ИКВ характеризовались открытой пористостью 22,5–24 %, кажущейся плотностью 2420–2440 кг/м³ и пределом прочности при сжатии 120–150 МПа.

Таким образом, модифицирование ИКВ карбида кремния огнеупорной глиной и нанодисперсным кремнеземом приводит к увеличению прочности в 2–3 раза. Суспензии могут быть использованы в качестве вяжущего в технологии производства композиционных материалов различными способами (пластическое и полусухое формование, вибропрессование и т. д.).

* * *

Исследования проводились в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. и Программы стратегического развития БГТУ им. В. Г. Шухова.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА РАЗВИТИЯ ПРОЧНОСТИ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ В СРЕДНЕЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНАХ С ДЕФЛОКУЛЯНТАМИ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

© И. Демидова-Буйзинене, д. т. н. И. Пундене, д. т. н. Я. Пранцкевичене, д. т. н. Я. Жвирунайте

Научный институт термоизоляции Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса, г. Вильнюс, Литва

В данной работе исследованы изменения физико-механических свойств образцов среднецементного бетона (плотность, прочность, структура и термостойкость) с различным количеством (от 0,1 до 0,3 %) дефлокулянтов триполифосфата натрия и поликарбоксилатного эфира Castament FS-20 в процессе термообработки (от 20 до 110 °С) и последующего обжига до 1200 °С. Установлено, что независимо от типа дефлокулянта в процессе твердения прочность образцов тем выше, чем меньше дефлокулянта в составе бетона. С повышением температуры сушки до 60, 80 и 110 °С прочность бетона с добавкой Castament FS-20 увеличивается, а плотность уменьшается тем больше, чем больше дефлокулянта в составе бетона. В образцах бетона с триполифосфатом натрия такой тенденции не наблюдается.

Рентгенографические исследования матрицы бетонов показали, что после твердения при 20 °С независимо от используемого дефлокулянта среди продуктов гидратации идентифицированы CAH_{10} , C_2AH_8 и непрореагировавший минерал CA. При повышении темпера-

туры до 60 °С наряду с образованием гидратов C_3AH_6 и AH_3 в матрице бетона с дефлокулянтом Castament FS-20 установлено присутствие стратлингита CASH_8 . В процессе дегидратации с повышением температуры до 110 °С наблюдается увеличение количества минерала CA, а ранее установленные гидраты, в том числе и CASH_8 , не идентифицированы.

Анализ прочности образцов бетона после обжига при 1100 °С показал, что прочность образцов с дефлокулянтом Castament FS-20 выше (62–65 МПа), чем у образцов с триполифосфатом натрия (54–62 МПа), т. е. в сравнении с триполифосфатом натрия использование Castament FS-20 позволяет увеличить прочность бетона приблизительно на 15 %.

Проведенное исследование показало, что в процессе сушки в матрице бетона с дефлокулянтом Castament FS-20 идентифицирован минерал стратлингит, наличие которого, по видимому, способствует возникновению иной, более прочной структуры бетона.



ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

ЗАО НПП «Изомат» уже 16 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 научно-исследовательский центр, который занимается разработкой новых и усовершенствованием практикуемых профильных материалов из волокна.



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 разливы 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 —
компания



производящей высокотемпературную
керамическую волокнистую изоляцию



ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ДЕФЛОКУЛЯНТА В СРЕДНЕЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНАХ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРОЦЕССЕ ТЕРМООБРАБОТКИ© **И. Демидова-Буйзинене**, д. т. н. **И. Пундене**, д. т. н. **Р. Стонис**, д. т. н. **М. Клигис**,
д. т. н. **А. Кичайте**Научный институт термоизоляции Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса,
г. Вильнюс, Литва

Применение композиционных дефлокулянтов позволяет регулировать скорость процессов гидратации в бетоне и формировать его структуру в процессе твердения. Ранее было установлено, что образцы бетона с композиционным дефлокулянтом после твердения в течение 3 сут в процессе сушки набирают прочность, которая приблизительно в 2 раза превышает прочность образцов того же состава бетона, но с отдельными дефлокулянтами различного типа. Процессы образования структур, ответственных за развитие прочностных характеристик в таких бетонах, при термообработке (выдержке при 20 °С и дальнейшей термообработке до 110 °С) и обжиге при 1100 и 1200 °С практически не изучены.

В данной работе проведены исследования прироста прочности в процессе сушки при 60, 80 и 110 °С среднецементного жаростойкого бетона на шамотном заполнителе с добавками двух типов дефлокулянтов — триполифосфата натрия и Castament FS-20 при различных соотношениях (соотношение триполифосфата натрия и Castament FS-20 1:1, 2:1 и 1:2). Установлено, что

при 60 °С наибольшей скоростью набора прочности обладают образцы бетона, в которых преобладает дефлокулянт Castament FS-20. При 80 °С наблюдается больший прирост прочности в образцах бетона с большей долей триполифосфата натрия в составе. После термообработки при 110 °С также наблюдается тенденция более высоких показателей прочности в образцах бетона с большей долей триполифосфата натрия. После обжига при 1100 и 1200 °С образцы бетона с большей долей дефлокулянта Castament FS-20 теряют в среднем от 9 до 22 % прочности после сушки, а образцы бетона с большей долей триполифосфата натрия утрачивают прочность незначительно лишь после обжига при 1200 °С.

Анализ термостойкости бетонов методом ультразвука показал, что после 7 термоциклов наибольшее снижение скорости ультразвука установлено в образцах бетона с большей долей дефлокулянта Castament FS-20 (24–26 % от контрольного значения), а наименьшее (21 %) — в образцах бетона с большей долей триполифосфата натрия.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛОТНОЙ КОМПОЗИТНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ И ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ ОСЕВОГО ПРЕССОВАНИЯ© **О. Ю. Задорожная**, **О. В. Тиунова**, д. т. н. **Т. А. Хабас**ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск,
Россия

Для улучшения механических характеристик и технологических свойств используемые в настоящее время керамические материалы на основе оксида алюминия содержат различные добавки. Композитная керамика на основе оксидов алюминия и циркония (ZTA — Zirconia Toughened Alumina) состоит из алюмооксидной матрицы, в которой распределено 0–50 мас. % частиц диоксида циркония — нестабилизированного или стабилизированного. Эта вторая фаза приводит к улучшению основных механических свойств, таких как предел прочности при изгибе и вязкость разрушения.

Многие исследователи полагают, что микроструктура и физико-механические свойства этой керамики, формирующиеся в процессе спекания, существенно зависят от характеристик исходного порошка и микроструктуры сырых заготовок (прессовок). Одним из самых распространенных методов формования керамических порошков является холодное осевое прессование. Для оценки влияния параметров прессования и свойств сырых заготовок на физико-химические свойства спеченной керамики были изготовлены образцы керамики ZTA (композит $Al_2O_3-ZrO_2$, $ZrO_2 > 20$ мас. %) с

добавкой различного количества нанопорошка ZrO_2 (2–4 мас. %). Образцы обжигали в камерной печи при 1650 °С.

Исследования зависимостей плотности сырых заготовок и образцов после спекания от давления прессования показали, что при его увеличении от 3 до 9 т плотность сырых заготовок монотонно увеличивается до некоторого граничного значения, после которого при значительном росте нагрузки возрастает уже незначительно. Плотность керамики после спекания повышается на 2 % при росте нагрузки от 3 до 7 т, а при дальнейшем росте нагрузки до 9 т остается неизменной. Предел прочности при изгибе спеченных образцов растет при увеличении нагрузки до 7 т; дальнейшее увеличение нагрузки приводит к резкому снижению прочности. Это может быть связано с вероятностью появления дефектов и перепрессовочных трещин в образцах. В результате проведенных исследований получена композитная керамика с относительной плотностью выше 98 % теоретической и пределом прочности при изгибе 470–500 МПа.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ**ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА КЛИНКЕРОВ ЦЕМЕНТОВ
В ПРИСУТСТВИИ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ ФАЗ**

© К. Г. Земляной, д. т. н. И. Д. Кашеев, М. А. Михеенков

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России
Б. Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

Производство огнеупорных цемента спеканием затруднено вследствие узкого температурного интервала между началом спекания клинкерных минералов и образованием жидкой фазы, а также высокой температуры синтеза. Улучшить протекание твердофазных реакций при синтезе цемента можно гомогенизацией сырьевой смеси и ее прессованием; эффективность этих направлений исследована авторами ранее. Еще один путь повышения реакционной способности сырьевой смеси при синтезе клинкера цемента — использование промежуточных метастабильных фаз. Влияние метастабильных фаз на синтез клинкера цемента недостаточно оценено, мало изучено и практически не используется. Между тем это направление является весьма перспективным, особенно при синтезе огнеупорных цемента.

Особенностью синтеза клинкера огнеупорного цемента является протекание большей части высокотемпературных реакций в условиях твердофазного спекания без участия жидкой фазы, которая присутствует лишь на завершающей стадии синтеза. Облегчить протекание твердофазных реакций можно за счет разупорядоченности атомарных связей в кристаллической решетке оксида кальция, что возникает в момент

декарбонизации карбоната кальция. Однако декарбонизация завершается при температуре около 920 °С, а реакции образования большинства огнеупорных оксидов кальция протекают при более высокой температуре.

Для обеспечения разупорядоченности атомарных связей в кристаллической решетке оксида кальция при более высоких температурах предложено формировать в клинкере метастабильные фазы. В высокоглиноземистых цементах в качестве метастабильной фазы использовали йелемит (yelemite) $C_4A_3\bar{S}$, который стабилен до температуры 1350 °С, а выше этой температуры распадается. Образующийся в процессе распада йелемита оксид кальция имеет неупорядоченную кристаллическую решетку и высокую реакционную активность. При проведении работы рассматривали возможность синтеза с помощью промежуточной метастабильной фазы $C_4A_3\bar{S}$ клинкера огнеупорного цемента, содержащих в качестве основных клинкеробразующих минералов моноалюминат (CA) и диалюминат кальция (CA_2). С помощью подобного технологического приема синтезированы высокоглиноземистые и глиноземистые цементы, отвечающие требованиям действующих нормативных документов.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

© Д. т. н. С. Ш. Кажикенова

Карагандинский государственный университет им. академика Е. А. Букетова,
г. Караганда, Республика Казахстан

Использование дешевых местных сырьевых ресурсов (баритового и витезитового концентратов Карагайлинского месторождения, аркалыкской глины, боя хромитомagneзитовых изделий, отвального шлака медного производства, хромитовой руды и др.) позволяет создавать новые импортозамещающие огнеупорные материалы. Испытание этих материалов в лабораторных и полупромышленных условиях свидетельствует об увеличении продолжительности службы футеровки вельц-печей в среднем на 60 %. Создана нетрадиционная технология получения формованных импортозамещающих огнеупорных материалов из дешевых местных сырьевых ресурсов, основанная на протекании процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Предложен ряд новых составов самоспекающихся огнеупорных масс.

Самоспекающаяся огнеупорная масса состава № 1 включает шамот, баритовый концентрат, алюминий, отвальный шлак медного производства и воду в качестве связки. Реакция самоспекания происходит при взаимодействии окислителя баритового концентрата с восстановителем — алюминием: $2BaSO_4 + 4Al \rightarrow 2BaO \cdot Al_2O_3 + S_2$. Процесс самоспекания экзотермической смеси протекает с большим выделением тепла, и продукты реакции получают в расплавленном состоянии, поэтому в массу вводят наполнитель в виде отвального шлака медного производства и шамота. Температура само-

спекания экзотермической смеси колеблется в пределах 850–1850 °С. Следует отметить, что использование в предлагаемой огнеупорной массе отвального шлака медного производства, не представляющего экономической ценности, и дешевого природного сырья Казахстана в виде баритового концентрата удешевляет процесс получения огнеупорных изделий. Использовали баритовый концентрат Карагайлинского месторождения состава, мас. %: $BaSO_4$ 80, SiO_2 7,5, Pb 0,15, Zn 0,1.

Самоспекающаяся масса состава № 2 включает алюминий, бой хромитомagneзитовых изделий фракции мельче 15 мм, хромитовую руду, баритовый концентрат, а в качестве связки воду. Введение в состав массы баритового концентрата в сочетании с боем хромитомagneзитовых изделий и присутствие в ней хромитовой руды и воды снижает открытую пористость огнеупорных изделий. Состав рекомендуется применять для изготовления изделий в виде кирпича и плиток.

Саморастекающаяся масса состава № 3. Для придания массе связующих свойств первоначально смешивали баритосодержащий компонент (баритовый или витезитовый концентрат) с кремнеземом и водой в количестве 65–70 мас. % и перемешивали 80–90 с. В полученную связующую массу вводили алюминий, придавая ей пластичность и однородность и создавая тем самым технологические условия для загрузки зерен шамота фракции мельче 10 мм, которая впитывается и

обволакивает зерна шамота при перемешивании. Последующую фракцию шамота 10–20 мм с оставшейся частью воды вводили при перемешивании 80–90 с для повышения прочности массы до термообработки, обеспечивая более легкое формование, а также для придания ей товарной (лицевой) поверхности при укладывании в форму и последующей термообработке при 850–900 °С в течение 15–20 мин. Самоспекание массы происходило за счет экзотермических реакций между окислителями, баритсодержащим компонентом, кремнеземом и восстановителем (алюминием) в течение 15–20 мин. Наполнителями служили шамот и кремнезем. Продукты горения получались в расплавленном состоянии, поэтому в состав огнеупорной массы вводили наполнитель — шамот. Он не только скреплял огне-

упорную массу, придавая ей прочность при формовании до термообработки и товарную поверхность, но и играл роль разрушителя реагентов, снижая температуру спекания смеси до температуры твердых продуктов спекания. При этом получался прочный огнеупорный кирпич.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что по технологии СВС синтезированы новые высокоэффективные огнеупорные материалы, не уступающие, а по некоторым показателям и превосходящие материалы, производимые фирмами «DiDier», Австрия, и «Betkerov», Финляндия, снабжающими в настоящее время огнеупорами казахстанские металлургические заводы.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

КОМПЛЕКСНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ

© Д. т. н. И. Д. Кашеев¹, К. Г. Земляной¹, С. В. Маркова², И. В. Кормина²

¹ ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

² ООО «Полипласт Новомосковск», г. Новомосковск, Россия

Огнеупорная промышленность на современном этапе развивается в направлении увеличения объема производства высококачественных неформованных огнеупоров. Среди неформованных огнеупоров лидируют огнеупорные бетоны, преимущественно низкоцементные. Большая часть низкоцементных бетонов высокоглиноземистого и глиноземошпинельного составов, качество которых в ряде случаев достигает уровня формованных изделий, используется для футеровки агрегатов разливки стали.

Исследовано влияние комплексных добавок нового поколения ООО «Полипласт Новомосковск» на свойства типового низкоцементного высокоглиноземистого бетона. В качестве исходных материалов использовали плавленный электрокорунд по ТТ 202-36–2000 производства ОАО «Первоуральский динасовый завод», плавленный белый электрокорунд марки ПКПЛ-98,

высокоглиноземистый цемент SECAR 70, реактивный глинозем марки СТС-22 фирмы «Almatis GmbH», Германия, а также импортные добавки. Исследования проводили на базовом составе огнеупорного бетона, включающем 80 % электрокорунда фракций 3–5, 1–3, мельче 1 и мельче 0,063 мм, 15 % реактивного глинозема и 5 % высокоглиноземистого цемента.

Образцы из огнеупорного бетона готовили по ГОСТ 52541–2006. Технологические свойства масс и образцов после сушки при 110 °С представлены в табл. 1, а свойства образцов после термообработки при 400, 800 и 1200 °С — в табл. 2, из которых следует, что комплексные добавки ООО «Полипласт Новомосковск» нового поколения обеспечивают реологические свойства низкоцементных высокоглиноземистых бетонов. Исследовали бетоны с разным количеством добавок (0,5–1,0 %), которые вводили сверх 100 % шихты. Из

Таблица 1. Технологические свойства образцов низкоцементных бетонов с корундовым заполнителем после сушки при 110 °С

Образец бетона	Количество добавки, %	Количество воды, %	Длительность смешения, мин–с	Растекае- мость, мм	Водопогло- щение, %	$P_{отж}$, %	$\rho_{каж}$, г/см ³	$\sigma_{сж}$, МПа
С импортными добавками	1,0	5,2	2–20	100	2,3	9,5	3,29	20,8
С новыми добавками:								
147	0,5	5,6	2–47	95	3,1	12,6	3,25	18,8
147	1,0	6,0	2–47	100	3,0	13,3	3,17	12,8
149	0,5	5,5	3–9	75	2,5	9,9	3,24	19,9
149	1,0	6,0	3–9	90	3,2	12,8	3,14	15,1
150	0,5	5,5	3–13	83	2,5	10,0	3,26	18,8
150	1,0	6,0	2–37	100	3,3	13,4	3,19	14,6

Таблица 2. Технологические свойства образцов после термообработки

Образец бетона	Свойства после термообработки при температуре, °С								
	400			800			1200		
	$P_{отж}$, %	$\rho_{каж}$, г/см ³	$\sigma_{сж}$, МПа	$P_{отж}$, %	$\rho_{каж}$, г/см ³	$\sigma_{сж}$, МПа	$P_{отж}$, %	$\rho_{каж}$, г/см ³	$\sigma_{сж}$, МПа
С импортными добавками	11,0	3,28	35,8	13,9	3,27	26,5	13,1	3,27	21,9
С новыми добавками:									
147	19,9	3,05	11,2	17,6	3,06	15,8	15,0	3,08	21,1
150	15,7	3,15	18,3	16,4	3,14	17,8	14,5	3,15	27,5

табл. 1 следует, что показатели высокоглиноземистого бетона с новыми добавками в количестве 0,5 % после сушки при 110 °С находятся на уровне показателей бетона с импортными добавками. Увеличение количества добавки с 0,5 до 1,0 % приводит к росту растекаемости бетона до 100 мм; при этом снижается его механическая прочность и увеличивается открытая пористость. Следовательно, для получения оптимальных свойств бетона необходимо подбирать количество вводимой

добавки. Установлено, что при термообработке при 1200 °С высокоглиноземистого бетона с новыми добавками механическая прочность плавно увеличивается и находится на уровне прочности бетона с импортными добавками. При температурах эксплуатации свойства опытных образцов соответствуют свойствам импортных аналогов, а по некоторым показателям (предел прочности при сжатии) — превосходят их.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МАГНЕЗИАЛЬНОКВАРЦЕВОЙ КЕРАМИКИ

© Д. т. н. И. Д. Кашеев¹, М. С. Полухин²

¹ ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

² ООО «ФОРЭС», г. Екатеринбург, Россия

Исследованы основные факторы, влияющие на плотность и прочность гранул порошка, полученных в башенно-распылительном сушите. Проведены лабораторные и промышленные испытания, в результате которых было установлено, что выход годного модифицированного порошка достиг 95 %. Выполнены расчеты и даны оценки эффективности модифицированных порошков, влияющих в дальнейшем на качество полученных гранул.

В производственных условиях выявлены дефекты сушки порошка, которые были устранены в результате модифицирования шликера поверхностно-активным

рого позволило снизить количество дефектных гранул. Выявлен эффект, влияющий на скорость и качество накатки гранул, при этом улучшена сферичность гранул фракции 0,8–1,0 мм. Свойства гранул, полученных из шликера с введением ПАВ и без него, приведены в таблице (psi — фунт-сила на кв. дюйм, 1 Па = 145,04·10⁻⁶ psi).

Проведены исследовательские и экспериментальные работы по влиянию стабилизации магнезиально-кварцевого шликера на конечные свойства гранул. Установлено изменение реологических свойств шликеров при длительном хранении в течение 12 и 24 ч. Анализ качества готовой продукции показал улучше-

Температура обжига, °С	Исходный шликер		Шликер с добавкой 0,05 % ПАВ		Снижение доли разрушенных гранул, %
	насыпная плотность, г/см ³	количество разрушенных частиц (давление 10000 psi), %	насыпная плотность, г/см ³	количество разрушенных частиц (давление 10000 psi), %	
1280	1,52	14,8	1,56	11,6	22
1300	1,52	18,6	1,55	12,1	35
1320	1,52	16,2	1,55	12,1	25

веществом (ПАВ). Это благоприятно повлияло на морфологическую структуру гранул при последующей накатке в тарельчатом грануляторе. В результате исследовательской работы подобрано ПАВ, введение кото-

рые свойств керамических гранул при применении стабилизированного шликера. Стабилизация шликера в течение 24 ч благоприятно влияет на морфологическую структуру сырца и последующее спекание гранул.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ СТАЛЕРАЗЛИВНЫХ КОВШЕЙ ОАО ММК

© Д. т. н. И. Д. Кашеев¹, С. А. Поморцев², Е. В. Мурашко³, Ю. А. Борисова³

¹ ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

² ООО «Огнеупор», г. Магнитогорск, Россия

³ ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск, Россия

С ростом выплавки стали процессы доведения металла до заданного химического состава перенесены из основных сталеплавильных агрегатов непосредственно в сталеразливочный ковш. Технология внепечной обработки металла стала неотъемлемой, важной частью в сталеплавильном процессе. Футеровка сталеразливочных ковшей подвергается агрессивному воздействию шлакометаллического расплава и должна обладать высокими эксплуатационными свойствами.

Оценку качества периклазовых порошков осуществляют по четырем основным параметрам: химическому составу, размерам кристаллов периклаза, открытой пористости и кажущейся плотности зерен. Качество периклазовых порошков возрастает с увеличением содержания в них MgO, размера кристаллов периклаза и кажущейся плотности зерен с соответствующим уменьшением пористости. В настоящее время используется порошок двух видов (плавленый и спеченный), каждый

из которых интегрирован для определенных условий службы сталеразливочных ковшей. Увеличение размера кристаллов периклаза уменьшает их удельную поверхность, сокращает площадь контакта зерен периклаза и снижает скорость их растворения в шлаке. Поэтому выбор верхнего предела размера кристаллов периклаза и разработка соответствующих технологий производства плотных изделий — важные технологические процессы.

При производстве периклазоуглеродистых изделий в качестве связки используется комплексное органическое связующее — фенольная смола и этиленгликоль. Основным преимуществом таких связующих является возможность применения процесса холодного смешивания. Синтетическая связка характеризуется затвердеванием примерно при 180 °С вследствие полимеризации смолы. При коксовании полимерная связка образует изотропную беспорядочную углеродистую сетку (аналог стекловидного углерода). По сравнению с изделиями на пековой связке кокс из стекловидного углерода придает изделиям большую хрупкость, поэтому они характеризуются меньшей термостойкостью и большим риском растрескивания в процессе службы. Синтетическое связующее обладает высокой адгезией не только к минеральной составляющей, но и к углеродистым компонентам и антиоксидантам. После разрушения связки образуется коксовый остаток, который формирует углеродистый каркас изделия. Консолидация коксовых остатков связующего обуславливает создание плотной углеродистой матрицы, обеспечивая высокую коррозионную и эрозионную устойчивость огнеупорных изделий. Установлено, что снижение содержания коксового остатка связующего приводит к ухудшению качественных показателей оксидоуглеродистых огнеупоров.

Обычно для производства периклазоуглеродистых изделий используют низкотемпературные крупнокристалли-

ческие графиты с содержанием углерода 90–99 %. Введение графита в оксидные огнеупоры повышает прежде всего их коррозионную и термическую стойкость. Кроме того, углерод создает восстановительную среду, ухудшающую условия образования жидкой фазы, снижает смачивание огнеупоров шлаком, препятствует капиллярному проникновению шлака в огнеупоры, восстанавливает оксиды тяжелых металлов при высокой основности шлаков и препятствует тем самым взаимодействию их с оксидом магния.

Изучение механизма разрушения периклазоуглеродистых огнеупоров при контакте со шлаком показало, что одним из значительных факторов износа является обезуглероживание рабочей зоны: после окисления всего углерода в поверхностном слое происходит ее ошлаковывание с последующим растворением периклазового порошка и вымыванием продуктов взаимодействия. Одним из известных приемов защиты углерода от окисления в углеродсодержащих огнеупорах является введение добавок, обладающих повышенным сродством к кислороду, — антиоксидантов, которые эффективно защищают графит при низких и повышенных температурах. Эти добавки легче окисляются кислородом и оксидами железа шлака, что снижает скорость окисления углерода.

Антиоксиданты вводят в виде дисперсного порошка, количество которого оптимизируют для каждого вида изделий. Как правило, их содержание составляет 3–5 %. Несмотря на ограниченную долю в шихте антиоксидантные добавки существенно влияют на различные свойства огнеупора: окислительные, термомеханические, коррозионные, фазовый состав и др. В качестве антиоксидантов используют пассивированные алюминиевые порошки. Оценка антиокислительных свойств определяют по толщине обезуглероженного слоя после окислительного обжига или по потере массы вследствие выгорания углерода и увеличения массы за счет окисления антиоксидантов.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАН ИЗ НАНОРАЗМЕРНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

© Д. х. н. В. Г. Конаков^{1,2}, к. х. н. С. Н. Голубев², Н. Н. Новик^{1,2}, М. М. Пивоваров²,
к. х. н. В. М. Ушаков²

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

² ООО Научно-технический центр «Стекло и керамика», Санкт-Петербург, Россия

Диоксид циркония находит широкое применение в науке и технике. Это связано, в том числе, с такими его характеристиками, как жаростойкость и высокая прочность. Диоксид циркония, модифицированный добавками редкоземельных металлов (Y, Yb, Sc), а также кальцием, может проявлять ионную проводимость. Так, за счет подобной проводимости мембраны на основе модифицированного диоксида циркония часто находят применение в высокотемпературных топливных элементах, работающих от 600 до 1200 °С. Из материалов, обладающих одновременно и огнеупорными свойствами, и ионной проводимостью, диоксид циркония является самым доступным. Однако электрохимические характеристики традиционно применяемого в топливных элементах диоксида циркония, допированного оксидом иттрия, недостаточны для возможности практического применения устройств. Необходим поиск методов улучшения свойств материалов, причем в области

как вырабатываемой энергии, так и температур, при которых возможно оперирование устройств. Одним из таких способов видится переход к использованию при производстве керамики наноразмерных порошковых прекурсоров.

Цель данной работы — изучение структурных и электрохимических свойств нанокерамики состава 92 мол. % ZrO_2 — 8 мол. % Y_2O_3 для определения ее применимости в топливных элементах, а также непосредственное изучение свойств топливного элемента с мембраной из нанокерамики в области от 600 до 800 °С. Для получения наноразмерных порошковых прекурсоров использовали метод золь-гель синтеза в варианте обратного соосаждения. Исходными компонентами служили $(ZrO)_2 \cdot 2H_2O$ и $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$. В качестве осадителя применяли раствор гидроксида аммония. Синтез проводили при температуре 2–4 °С. Полученный гель промывали водой до нейтральной ре-

акции среды и высушивали под давлением при 110 °С. Из порошка-прекурсора прессованием и последующим обжигом при 1500 °С получали образцы керамики. Образцы готовили в виде таблеток для последующего измерения электропроводности и в виде колпачков, из которых впоследствии изготавливали рабочую модель топливного элемента. Пикнометрическим методом определяли плотность керамики, которая составила 85 % теоретической. Фазовый состав порошка-прекурсора исследовали с помощью рентгенофазового анализа. Переход в хорошо проводящую кубическую фазу зафиксирован после прокаливания при 600 °С, температуру прокаливания определяли с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии. Прокаленный при этой температуре порошок-прекурсор мололи в планетарной мельнице. Затем с помощью лазерного седиментационного анализа было получено распределение размеров по объему и числу частиц. Средний размер частиц составил порядка 210 нм.

Важнейшей характеристикой, определяющей работоспособность топливных элементов, является электропроводность. Электропроводность измеряли с помощью моста переменного тока. Установлено, что ниже 200 °С электропроводность материала практически не проявлялась, но уже при 230 °С наблюдался линейный участок исследуемой зависимости. По эксперимен-

тальным данным с помощью уравнения Аррениуса была рассчитана энергия активации проводимости, составившая 80 кДж/моль, что незначительно отличается от энергии активации подобной керамики, полученной другими методами.

На керамическую мембрану была нанесена губчатая платина для изготовления платиновых электродов. Изготовленный топливный элемент является топливным элементом с несущим электролитом, толщина мембраны 3 мм, площадь контакта с электродами 10 см². Электрохимические характеристики измеряли при 600–800 °С. Выбор температуры обусловлен необходимостью изучения работоспособности топливного элемента в области средних температур, что в случае успеха позволило бы значительно снизить операционные расходы. В качестве топлива для топливного элемента использовали водород. Максимальное полученное напряжение при 800 °С составляло 840 мВ, максимальная сила тока 7,5 мА.

Таким образом, нанокерамика состава 92 мол. % ZrO_2 – 8 мол. % Y_2O_3 , если порошок-прекурсор получен методом золь-гель синтеза, пригодна для применения в топливных элементах, работающих в области средних температур. Топливные элементы с мембраной на основе такого материала обладают свойствами, сопоставимыми с известными аналогами.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕТОДИКИ СИНТЕЗА, ФАЗООБРАЗОВАНИЯ И ДИСПЕРСНОСТИ ПОРОШКОВ ПРЕКУРСОРОВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

© Д. х. н. В. Г. Конаков^{1,2}, 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 Научно-технический центр «ТНЦ Стекло и керамика», Санкт-Петербург, Россия

Вот уже более полувека керамика на основе стабилизированного диоксида циркония была и остается востребованным огнеупорным материалом. Это объясняется как ее прекрасными термическими и механическими характеристиками, так и возможностью разработки и получения изделий с заданными свойствами. Последнее становится возможным при корректном выборе методики синтеза порошков прекурсоров.

Цель настоящей работы — комплексное сравнительное исследование взаимосвязи методов получения и измерения дисперсности прекурсоров, их эволюции и фазообразования при термообработке на примере итогового состава керамики 9 мол. % CaO – 91 мол. % ZrO_2 . Для синтеза прекурсоров были выбраны пиролиз, включающий стадию механоактивации в планетарной мельнице, а также золь-гель синтез. Для пиролиза оксиды в стехиометрическом соотношении смешивали в планетарной мельнице «Pulverisette 6» с частотой вращения 350 об/мин в течение 1 ч. По результатам синхронного термического анализа полученный порошок параллельно прокаливали при 950 и 1300 °С. Золь-гель синтез проводили в варианте обратного соосаждения из 0,1 М раствора исходных солей. Осадителем являлся 1 М раствор гидроксида аммония. Полученный гель многократно промывали и подвергали различным последующим обработкам (лиофильной сушке с добавками и без них) с последующим параллельным прокаливанием при 400, 600, 800, 1000 и 1300 °С.

В результате исследования прекурсоров установлено, что предыстория их получения существенно

влияет как на фазовые соотношения, механизм и кинетику фазообразования, так и на изменение дисперсности в зависимости от температуры термообработки. Выяснено, что дисперсность прекурсоров итогового состава 9 мол. % CaO – 91 мол. % ZrO_2 , синтезированных с использованием криохимической обработки гелей, увеличивается с ростом температуры их термообработки. Прокаливание прекурсоров, полученных пиролизом, ведет к спеканию частиц и значительному уменьшению дисперсности образцов. При традиционном пиролитическом синтезе фазообразование в прекурсорах проходит в соответствии с фазовой диаграммой системы $CaO-ZrO_2$, а именно ниже 900 °С основной фазой является моноклинный диоксид циркония. Появление небольших количеств флюоритоподобного твердого раствора наблюдается только в области 950 °С. Напротив, лиофилизация геля способствует образованию кубического твердого раствора уже при 490 °С. Повышение температуры до 1100 °С ведет к появлению небольшой примеси моноклинной фазы. Соотношение количеств кубической и моноклинной фазы для обеих методик становится сравнимым только при 1300 °С. Таким образом, лиофильная сушка гелей, полученных золь-гель синтезом, способствует стабилизации флюоритоподобного твердого раствора на основе диоксида циркония в более широкой области температура – состав, чем это следует из фазовой диаграммы $CaO-ZrO_2$, полученной классическим методом. Таким образом, данные фазовых диаграмм, полученных для

микроразмерных объектов, следует переносить на наноразмерные объекты с осторожностью.

Представленные результаты наглядно показывают, что выбор оптимальных условий синтеза и обработки

позволяет получить наноструктурную керамику, обладающую более высоким уровнем физико-химических характеристик, чем при применении традиционных методов синтеза.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ КОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ, СПЕЧЕННОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ, МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ МИКРОТОМОГРАФИИ

© Д. т. н. Б. Л. Красный, к. т. н. В. П. Тарасовский, к. т. н. А. Б. Красный
ЗАО «НТЦ «Бакор», г. Щербинка Московской обл., Россия

Оптимальные решения при создании высокоэффективных конструкций аппаратов могут быть найдены только путем поиска компромисса в сложных связях треугольника изделие – условия эксплуатации – материал. Роль технологии материалов в этой ситуации заключается в получении изделий с заданными свойствами (геометрическими, физико-техническими и т. д.) на основе выбранных химических соединений. В свою очередь, свойства материала определяются, кроме условий испытаний, структурой испытуемого образца независимо от того, какими путями эта структура была получена. Поэтому возникает особый интерес к задаче нахождения путей регулирования свойств материалов за счет изменения их структуры. В физико-химическом анализе эта задача была сформулирована как проблема «дисперсность – состав – структура – свойство». Первая часть зависимости «дисперсность – состав – структура» относится к технологии изготовления материала, т. е. к путям получения данной структуры, вторая часть «структура – свойство» определяет потребительское качество продукта, т. е. пригодность его к службе. Поэтому звено «структура – свойство» становится одним из главных проблем материаловедения.

Под термином структура в современном материаловедении понимают пространственную организацию вещества материала, характеризующуюся совокупностью морфометрических, геометрических и энергетических признаков и определяющуюся составом, количественным соотношением и взаимодействием компонентов, составляющих материал. Не вызывает сомнения тот факт, что трехмерное распределение структурных элементов в образце целиком определяет его свойства — например, термостойкость, коррозионную стойкость, проницаемость и др. Чтобы оценить свойства керамического материала, необходимо знать точное распределение структурных элементов в пространстве. Наиболее распространенным методом получения информации о строении материала является растровая электронная микроскопия (РЭМ), которая позволяет получать четкие двухмерные срезы высоко-го разрешения. Двухмерные изображения дают лишь

косвенную информацию о структуре материала, которой недостаточно для оценки свойств материала. Трехмерная структура материала может быть восстановлена по двухмерным срезам с помощью статистических реконструкций, но для проверки адекватности полученного результата информация о трехмерном строении материала все равно необходима. Такая информация может быть получена с помощью рентгеновской микротомографии (μКТ).

Во многих случаях в структуре изделий из керамики и огнеупоров присутствуют поры. Поровая структура изделий оказывает в большинстве случаев решающее влияние на их прочностные свойства, проницаемость, коррозионную стойкость, термостойкость и т. д. Очевидно, что структура порового пространства будет зависеть от температуры спекания материала и, в свою очередь, оказывать решающее влияние на свойства получаемого из этого материала изделия. Рентгеновская микротомография не оказывает никакого воздействия на образец, не нарушает изначальной структуры материала, не приводит к растворению или превращению веществ, составляющих первичную структуру материала, в другие вещества. В отличие от таких методов исследования поровой структуры материала, как капиллярнометрия или ртутная порометрия, результатами которых являются полуинтегральные характеристики (распределение пор по размерам), μКТ в дополнение к этим характеристикам позволяет получить информацию о форме пор, их связности, распределении пор в пространстве образца.

В работе представлены результаты количественного анализа поровой структуры корундовой керамики, спеченной при различных температурах: 1100, 1200, 1300, 1400, 1500 °С. Образцы для исследования микроструктуры получали методом полусухого прессования под давлением 50 МПа. В качестве исходного материала использовали порошок оксида алюминия марки СТ 3000 SG (фирма «Almatis GmbH», Германия). Удельная поверхность порошка (по БЭТ) составляла 7,5 м²/г, размер частиц D₅₀ 0,8 мкм, а D₉₀ 2,5 мкм.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ШИХТЫ ПЕЧЕЙ ГРАФИТАЦИИ АЧЕСОНА

© С. В. Кутузов¹, В. В. Буряк¹, В. В. Деркач¹, д. т. н. Е. Н. Панов², д. т. н. А. Я. Карвацкий²,
к. т. н. Г. Н. Васильченко², С. В. Лелека², Т. В. Чирка², Т. В. Лазарев²

¹ ПАО «Укрграфит», г. Запорожье, Украина

² Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Сущность графитации состоит в высокотемпературной обработке изделий до 2500–3000 °С в электрических печах сопротивления. Качество изготовления графитированной продукции определяется как достижением необходимой температуры, так и равномерностью тем-

пературных условий процесса, которая может быть достигнута путем правильного выбора в печи графитации пересыпочных и теплоизоляционных материалов, выполняющих функцию не только теплоизолятора, но и активного сопротивления. При этом к теплоизолиру-

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



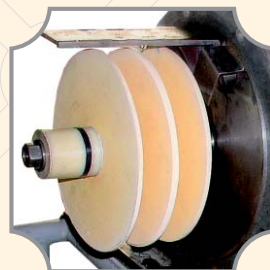
Патронные керамические фильтры ПКФ

- ❖ 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



На правах рекламы



ЗАО «Научно-технический центр «Бакор»

Тел.: +7(495)502-78-68

E-mail: bakor@ntcbakor.ru

www. ntcbakor.ru



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**



щим материалам предъявляют такие требования, как высокое электрическое сопротивление, низкая теплопроводность и достаточная пористость.

Свойства применяемой теплоизоляции в графитировочных печах влияют на энергетические показатели процесса графитации. Для исследования влияния шихты на эффективность работы печи графитации необходимы данные по ее теплофизическим свойствам. В литературе приведены данные по теплопроводности и удельному электросопротивлению в зависимости от температуры, гранулометрического состава, химического состава примесей и других факторов. Однако для получения достоверных результатов при расчетах тепловых полей печей графитации этих данных недостаточно. Необходимы дополнительные исследования теплопроводности и удельного электросопротивления углеродных сыпучих материалов с размером частиц до 10 мм при температурах до 1000 °С в условиях, соответствующих давлению в печах графитации (27 кПа).

В настоящее время в печах графитации используется теплоизоляционная шихта (<10 мм), в состав которой входят сырая графитированная коксовая мелочь, опилки и песок. Однако в некоторых случаях использование такой шихты затруднено или невозможно из-за

технологических и экологических требований. Альтернативой может быть шихта на основе коксовой мелочи выбранного гранулометрического состава. С этой целью были проведены исследования температурных зависимостей теплопроводности и удельного электросопротивления шихты на основе коксовой мелочи разных фракций. Установлено, что наилучшими теплоизолирующими свойствами обладает сырая коксовая мелочь (<2 мм).

Для адаптации численной модели и подготовки результатов исследования к использованию полученные экспериментальные данные были обработаны в виде полиномов и экстраполированы в область температур до 3000 °С. В результате расчетов геометрической модели печи с заготовками получены ее термограммы после отключения. В качестве теплоизоляционной шихты использовали сырую коксовую мелочь фракции мельче 2 мм. Результаты моделирования показали увеличение КПД печи графитации на 2 % и уменьшение неоднородности температурного поля по заготовкам на конец кампании на 10 %. Таким образом, с применением математической модели можно проводить усовершенствование печей графитации.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В КЕРАМИКЕ ИЗ ЧАСТИЧНО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ, УДАРНО-ВОЛНОВОМ И ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

© Д. Т. Н. Е. С. Лукин¹, к. ф.-м. н. В. В. Милявский², к. ф.-м. н. А. С. Савиных³, к. т. н. Ф. А. Акопов², к. ф.-м. н. Т. И. Бородин², к. т. н. Л. Б. Боровкова², Г. Е. Вальянов², Н. А. Попова¹, С. Ю. Ананьев², А. В. Валуев²

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

² ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН», Москва, Россия

³ ФГБУН «Институт проблем химической физики РАН», г. Черноголовка Московской обл., Россия

Проведены дальнейшие исследования керамики из частично стабилизированного диоксида циркония (ЧСДЦ) состава 97 мол. % ZrO_2 – 3 мол. % Y_2O_3 высокой плотности. В качестве исходного материала использовали порошок производства КНР, который содержал (по данным РФА) твердый раствор на основе моноклинного, кубического и тетрагонального ZrO_2 . В процессе спекания (обжига) происходило перераспределение стабилизатора Y_2O_3 по объему образцов. По данным РФА, в образце керамики содержалось 97–98 мас. % тетрагональной фазы ($t-ZrO_2$) и 2–3 мас. % моноклинной ($m-ZrO_2$). Плотность образцов составила $(6,01 \pm 0,02)$ г/см³ при открытой пористости около 3 %. Рентгеновская плотность около 6,22 г/см³.

В данной работе по стандартным методикам определены некоторые характеристики керамики: предел прочности при статическом изгибе — около 1500 МПа, микротвердость — около 15,5 ГПа, твердость по Роквеллу — 89, трещиностойкость — около 8 МПа·м^{1/2}, модуль упругости — около 340 ГПа, а также получены данные по фазовым превращениям при ударно-волновом нагружении 36 и 52 ГПа.

Ранее авторами отмечено, что при механическом воздействии на керамику из ЧСДЦ происходит изменение фазового состава с переходом части тетрагональной фазы в моноклинную. Результаты до и после экспе-

риментов оценивали с помощью рентгеноструктурного анализа. Рентгеновские спектры получали от верхней и нижней базовых поверхностей образца-таблетки, а также от поверхностей вертикальной и горизонтальной трещин. Подтверждено, что механическое воздействие на керамику из ЧСДЦ в виде разреза алмазным диском или путем ударного излома инициирует переход $t-ZrO_2$ в $m-ZrO_2$, количество которого увеличивается до 33 мас. %.

После ударно-волнового нагружения 36 ГПа количество моноклинной фазы увеличилось с 2–3 мас. % (исходный образец) до 16–27 мас. %. После эксперимента по нагружению до 52 ГПа содержание моноклинной фазы возросло до 14–33 мас. %; наиболее явно этот переход проявился на поверхности вертикальных и горизонтальных трещин. Обнаружено, что тетрагонально-моноклинный фазовый переход происходит в результате деструкции (разрушения) керамики и не вызывается непосредственно ударным сжатием. Исследование образцов после выдержки в жидком азоте (77,4 К) и жидком гелии (4,2 К) не выявило значимых изменений в фазовом составе керамики. Таким образом, высокоплотная керамика из ЧСДЦ характеризуется высокими прочностными показателями, фазовой стабильностью при низких температурах и в условиях ударно-волнового сжатия вплоть до 52 ГПа.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИОГНЕУПОРНЫЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНО ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР СЛУЖБЫ© Д. Т. Н. Е. С. Лукин¹, Н. А. Попова¹, Л. Т. Павлюкова¹, к. т. н. Ф. А. Акопов²,
к. т. н. Л. Б. Боровкова², Б. И. Морозов³, В. С. Преображенский³, В. А. Безлепки³, Д. В. Голубев⁴¹ ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,

Москва, Россия

² ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН», Москва, Россия³ ООО «Поликор», г. Кинешма Ивановской обл., Россия⁴ ООО «Русские котлы», Москва, Россия

Разработаны составы и изучены свойства огнеупоров из диоксида циркония. В качестве исходного материала использовали прозрачные кристаллы фианита ($ZrO_2 + 10$ мол. % Y_2O_3). Наилучшие свойства получены у образцов, содержащих порошок ZrO_2 с размером зерен менее 2 мкм (проход через сито с размером ячейки 2 мкм), — 85 мас. %, дисперсный порошок ZrO_2 (размер частиц ~3 мкм) из фианита — 7,5 мас. %, нанопорошок частично стабилизированного ZrO_2 — 7,5 мас. %. После обжига при 1700 °С образцы имели среднюю кажущуюся плотность 4,80 г/см³, открытую пористость около 18 %, предел прочности при сжатии 75 МПа. При термоударе 1200 °С — воздух образцы диаметром 50 и высотой 50 мм выдерживали 33 теплосмены без образования трещин. Эти огнеупоры разработаны для ловушек ядерных реакторов, и в опытной конструкции ловушки выдерживали воздействие кориума при 2500 °С в течение нескольких часов.

Проведены исследования по получению корундовых огнеупоров с пониженной пористостью. В качестве исходных материалов использовали белый электрокорунд различной зернистости и измельченный до 1–3 мкм глинозем ГН-1. В глинозем при его измельчении вводили до 5 мас. % MgO. В процессе обжига MgO при взаимодействии с Al_2O_3 образовывал шпинель, что способствовало уменьшению пористости и существенному повышению термостойкости материала. Образцы после обжига при 1730 °С имели кажущуюся плотность 3,30–3,35 г/см³, открытую пористость около 12 %, предел прочности при сжатии до 100 МПа и высокую тер-

мостойкость при теплосменах 1000 °С — вода. Свойства корундовых огнеупоров существенно зависят от последовательности смешения компонентов, температура службы до 1800 °С. Огнеупоры могут применяться в качестве футеровки и термостойкой фурнитуры для обжига.

Изготовлена опытная партия образцов теплоизоляционной керамики из дисперсного оксида алюминия с добавкой оксида магния с ячеистой структурой путем дублирования структуры пенополиуретана. Образцы после обжига при 1750 °С имели открытую пористость 88–90 %, кажущуюся плотность 0,40–0,42 г/см³, предел прочности при сжатии 10 МПа. Образцы были изготовлены в виде кирпичиков размерами 250×120×40 мм и использованы для теплоизоляции в вакуумных печах и в печи с хромит-лантановыми нагревателями взамен волокнистой теплоизоляции из оксида алюминия. Эта теплоизоляция служит в течение четырех лет без деформации и разрушения при максимальной температуре (~1750 °С).

Изготовлены образцы пористой и прочной многокомпонентной керамики (основа — Al_2O_3) для газовых беспламенных горелок. Опытные образцы при испытании в конструкции горелок обеспечили достижение температуры 1200 °С на поверхности. За счет совершенствования конструкции горелок с использованием керамики на основе диоксида циркония планируется повысить температуру на поверхности до 1500 °С. Панели из таких горелок можно будет использовать в печах для обжига керамических изделий.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИКИНЕТИКА ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ

© К. Т. Н. Г. А. Лысова, к. т. н. С. И. Боровик, А. М. Чуклай

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

Технология изготовления периклазовых термостойких огнеупорных изделий для футеровки печных агрегатов предусматривает использование в качестве временно-го технологического связующего лигносульфонатов (ЛСТ). Однако ЛСТ часто не удовлетворяют требованиям технических условий, а их применение не позволяет получить огнеупорный материал с необходимым уровнем физико-механических свойств и без брака на технологических переделах. Одним из способов повышения вязкости связующего, пластичности и формуемости огнеупорной массы и снижения уровня брака может быть модифицирование ЛСТ мелассой свекловичной (МС).

Цель работы — изучение кинетических особенностей процессов термической деструкции ЛСТ, модифицированных МС. Кинетика термической деструкции ЛСТ, МС и компаундов на их основе в соотношении ЛСТ/МС, равном 80/20, 70/30, 60/40, 50/50 и 40/60, изучена в интервале 20–525 °С в атмосфере собственных летучих при линейной скорости подъема температуры 4 °С/мин. Для определения энергий активации процесса использован метод Аррениуса. На ДТГ-кривых термической деструкции ЛСТ и МС в интервале 50–180 °С наблюдается четко выраженный пик с максимумом при 128 °С, что соответствует выделению адсорбционной и координационно-связанной воды. Потеря массы ЛСТ на этой стадии протекает в более узком

интервале температур и с более высокой скоростью. Второй температурный максимум в интервалах 181–301 и 184–313 °С состоит из одного ярко выраженного пика при 280 °С для ЛСТ и при 228 °С для МС и нескольких перекрывающихся пиков, соответствующих выделению летучих продуктов деструкции органического вещества исследуемых материалов, приводящих к карбонизации. Суммарное количество вещества, выделяющегося на этой стадии, составляет для ЛСТ примерно 5 %, что ниже, чем у МС, в 2 раза.

При высоком содержании ЛСТ в низкотемпературной области наблюдается один пик, максимум которого сдвинут в низкотемпературную область относительно исходных веществ. Увеличение содержания МС в массе приводит к расщеплению максимума в низкотемпературной области на два частично перекрывающихся пика для всех исследованных смесей. Количество вещества, претерпевающего термическую деструкцию в интервале низкотемпературных максимумов, снижается: с 36,91 % для смеси 80/20 до 24,07 % для смеси 40/60, что связано с увеличением содержания МС, при термической деструкции которой удаляется меньше воды, чем для ЛСТ. В температурном интервале второго и третьего максимумов на ДТГ-кривой термической деструкции для смесей также наблюдаются два пика, температурные интервалы которых и количество выделившегося вещества зависят от состава. Для компаунда 70/30 максимумы второго и третьего пика сдвигаются в низкотемпературную область относительно смесей, содержащих более высокое или низкое значение ЛСТ. Кроме того, для этого компаунда характерно максимальное количество летучих продуктов термодеструкции, что свидетельствует о большем превращении органического вещества смеси.

Кинетический анализ интегральных термогравиметрических кривых с использованием уравнений Аррениуса и константы скорости реакции первого поряд-

ка показал наличие на кривой зависимости $\ln k - 1/T$ прямолинейных участков, различающихся наклоном относительно осей координат. Сравнение температурных интервалов максимумов на ДТГ-кривой и линейных участков на аррениусовой зависимости позволяет зафиксировать последовательные температурные стадии, соответствующие стадийному удалению воды и термической деструкции самого вещества. Первая и вторая температурные стадии свидетельствуют об испарении воды из материала. Увеличение эффективной энергии активации процесса на второй стадии, по-видимому, обусловлено возрастанием сил межмолекулярного взаимодействия воды и молекул углеводов и соответствующим ростом энергии гидратации. Четвертая и пятая кинетические стадии термодеструкции характеризуются нулевым или близкими к нулю значениями эффективной энергии активации, что может быть обусловлено протеканием химических реакций с участием образовавшихся на третьей стадии свободных радикалов. Высокотемпературные кинетические стадии — шестая и седьмая характеризуются невысокими значениями эффективной энергии активации. Возможно, что основным процессом этих высокотемпературных стадий является карбонизация — образование высокоуглеродистого остатка.

Установлено, что в смеси 70/30 протекают более глубокие процессы перестройки надмолекулярной структуры. Это подтверждается максимальным количеством удаленной адсорбционной воды и высокими значениями эффективной энергии активации на температурных стадиях процесса деструкции компаундированного связующего. Следовательно, содержание ЛСТ в компаунде 70 % является оптимальным, что подтверждается лабораторными и промышленными испытаниями компаундированного связующего в производстве периклазовых материалов.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ПЛАВЛЕННОГО КОРУНДА И ШПИНЕЛИ

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

ОАО «Динур» уже более 15 лет производит плавные огнеупорные сырьевые материалы: кремнеземистое стекло (аналог природного минерала лешательерита, $\text{SiO}_2 \sim 99,5$ мас. %), белый и легированный корунд, магнезиальноглиноземистую шпинель и др. Одной из главных технических характеристик большинства плавных материалов с высоким ТКЛР является термостойкость. Приведены результаты изучения термостойкости плавных материалов систем $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--MgO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--TiO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2\text{--TiO}_2$ различного вещественного состава и гранулометрии до и после термообработки в окислительной среде по различным режимам. В качестве объектов исследования были использованы четыре плавных материала: три легированных электрокорунда (комплексно-легированный, титанистый и магниевый) и магнезиальноглиноземистая шпинель. Образцы обжигали в виде кусковых и зернистых проб в

лабораторной и промышленной печи при 1410 °С с выдержкой 5 и 15 ч.

Было установлено, что изученные материалы в различной степени реагируют на изменение термостойкости в зависимости от интенсивности их термообработки. На большинство материалов термообработка влияет положительно. Наибольшее повышение термостойкости после обжига достигается в зернистых пробах (фракции 6–3 мм), меньшее — в кусковых образцах (50–60 мм). С увеличением продолжительности изотермической термообработки термостойкость материалов заметно возрастает. Наибольшее положительное влияние на термостойкость оказывает предварительный обжиг легированных корундов двух видов: комплексно-легированного и титанистого. Для шпинели характерно аномальное отрицательное воздействие или очень небольшое положительное влияние на термостойкость. Положительный эффект увеличения тер-

мостойкости плавленного корунда заметно усиливается с повышением концентрации в нем легирующих компонентов в ряду: TiO_2 , Fe_2O_3 , SiO_2 , R_2O , MgO .

Как показало микроскопическое исследование, в процессе термообработки в плавленных материалах происходят различные физико-химические процессы (окисление металлических примесей, превращение низших оксидов переходных металлов в высшие, образование и распад твердых растворов, синтез новых соединений, релаксация внутренних напряжений в кристаллах, образование жидкой примесной фазы и капиллярная миграция ее по каналным порам на поверхность зерен, испарение компонентов с повышенным давлением пара и др.). Фазово-структурные превращения, как правило, в первую очередь приводят к изменению окраски плавленного материала и ряда других свойств (кроме термостойкости), в частности открытой пористости, кажущейся плотности и прочности. Почти у всех материалов открытая пористость

значительно возрастает, а кажущаяся плотность, соответственно, снижается. Особенно резко повышается относительная пористость (на 24–46 %) у комплексно-легированного корунда.

В целом в результате экспериментальных исследований впервые удалось получить плавленный корунд с такой же термостойкостью (или даже выше), как у табулярного глинозема фирмы «Almatis GmbH», Германия. Эффект увеличения термостойкости определяется интенсивностью фазово-структурных изменений при обжиге материалов, которая, в свою очередь, зависит от природы и концентрации легирующих добавок и собственных примесей, режима термообработки и других технологических факторов, в том числе зернового состава плавленного материала. Термообработка при 1400 °С плавленных материалов, например электротехнического периклаза высоких сортов, уже 30 лет является обязательной технологической операцией для улучшения качества материала.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ГЛИНОЗЕМА НА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ВОЛЛАСТОНИТОВЫХ ЛЕГКОВЕСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Д. т. н. В. В. Примаченко, к. т. н. Н. М. Казначеева, Ю. А. Крахмаль, к. т. н. П. П. Криворучко
ПАО «Украинский научно-исследовательский институт огнеупоров им. А. С. Бережного»,
г. Харьков, Украина

В ПАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного» разработана технология волластонитовых легковесных изделий, которые характеризуются низкими кажущейся плотностью (0,8–0,9 г/см³) и теплопроводностью (0,21–0,23 Вт/(м·К)) при средней температуре 650 °С, высоким пределом прочности при сжатии (4,5–5,6 МПа). Изделия не смачиваются расплавом алюминия и не вступают в химическое взаимодействие с ним. Основной фазой изделий является волластонит в виде его высокотемпературной модификации псевдоволластонита, получаемой путем твердофазного синтеза из кальций- и кремнеземсодержащих материалов непосредственно в изделиях. Присутствие в изделиях в качестве основной фазы псевдоволластонита позволяет обеспечить им неизменность фазового состава до 1300 °С и, следовательно, стабильность свойств в службе. Волластонитовые изделия в мировой практике получили широкое распространение в алюминиевом производстве. Изделия применяются в футеровке желобов в местах быстрого перелива алюминия из печи в миксер и при службе подвергаются термоударам, поэтому материал футеровки должен быть термостойким.

Одним из методов повышения термостойкости изделий является введение в их состав компонентов, характеризующихся низким значением ТКЛР.

Исследовано влияние добавки глинозема в количестве 2–10 % на повышение термостойкости волластонитовых легковесных изделий. В шихту на основе мела, гипса и кварца вводили добавку глинозема. Дисперсность всех компонентов шихты составляла менее 100 мкм. Термостойкость изделий с добавкой глинозема оценивали по изменению их предела прочности при сжатии (разупрочнению) после 5-кратного термоциклирования по режиму 900 °С – воздух в сравнении с изменением предела прочности при сжатии изделий без добавки. Установлено, что введение добавки глинозема в оптимальном количестве снижает разупрочнение изделий на 20 % и увеличивает их термостойкость при сохранении физико-механических свойств изделий. Волластонитовые изделия с повышенной термостойкостью рекомендуются к применению в алюминиевом производстве, в том числе в качестве футеровки желобов раздаточных печей.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

КОРУНДОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ С ДОБАВКОЙ ФЕРРОСИЛИЦИЯ НА СИАЛОНСОДЕРЖАЩЕЙ СВЯЗКЕ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

© Д. т. н. В. В. Примаченко, к. т. н. В. В. Мартыненко, к. т. н. Л. А. Бабкина, к. т. н. Л. К. Савина
ПАО «Украинский научно-исследовательский институт огнеупоров им. А. С. Бережного»,
г. Харьков, Украина

В ПАО «Украинский научно-исследовательский институт огнеупоров им. А. С. Бережного» разработана технология изготовления корундовых огнеупоров с добавкой ферросилиция на сиалонсодержащей связке. Добавка ферросилиция в составе шихты огнеупора

способствует более полному протеканию реакции образования сиалона и при примерно равной пористости огнеупора обеспечивает повышение его прочности (на ~27 %). Характеристика корундовых огнеупоров на сиалонсодержащей связке с добавкой ферросилиция

после обжига при 1560 °С в среде газообразного азота: химический состав, мас. %: Al_2O_3 75,0–80,0, N 7,0–7,3, $\text{Si}_{\text{ост}}$ ниже 0,1; открытая пористость 16,0–16,5 %; предел прочности при сжатии 140–145 МПа; температура деформации под нагрузкой 0,2 МПа 1700 °С.

В институте освоено производство корундовых огнеупоров с добавкой ферросилиция на сиалонсодержащей связке. Разработанные огнеупоры рекомендуются для службы до 1600 °С, в том числе для шиберных затворов сталеразливочных ковшей.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА АЛЮМОМАГНЕЗИАЛЬНОЙ ШПИНЕЛИ НА СВОЙСТВА СУХОЙ КОРУНДОШПИНЕЛЬНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

© Д. т. н. **В. В. Примаченко**, к. т. н. **В. В. Мартыненко**, к. т. н. **Л. А. Бабкина**,
к. т. н. **Л. Н. Солошенко**, **Л. М. Щербак**

ПАО «Украинский научно-исследовательский институт огнеупоров им. А. С. Бережного»,
г. Харьков, Украина

В ПАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного» исследовано влияние вида алюмомагнезиальной шпинели с содержанием Al_2O_3 78 % (спеченной марки AR-78 фирмы «Almatis GmbH», Германия) и 85 % (плавленной производства ПАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного») на свойства сухой корундошпинельной смеси марки СКШ для футеровки индукционных тигельных печей с температурой службы выше 1650 °С. Установлено, что введение в состав смеси СКШ плавленной алюмомагнезиальной шпинели с содержанием Al_2O_3 85 % обеспечивает повышение прочности и шлакоустойчивости образцов

из нее примерно на 10 %. Характеристика сухой смеси СКШ, содержащей плавленную алюмомагнезиальную шпинель: химический состав, мас. %: Al_2O_3 95,0–96,0, MgO 2,8–4,0, SiO_2 0,2–0,4, Fe_2O_3 0,2–0,3; зерновой состав — мельче 3 мм.

В институте освоено изготовление сухой корундошпинельной смеси с добавкой плавленной алюмомагнезиальной шпинели собственного производства. Смесь планируется испытать в футеровке индукционных печей ООО «Завод прецизионных сплавов и металлов».

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

МУЛЛИТОВЫЕ, МУЛЛИТОКОРУНДОВЫЕ И МУЛЛИТОКОРУНДОЦИРКОНОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ ПРОИЗВОДСТВА ПАО «УКРНИИО им. А. С. БЕРЕЖНОГО» ДЛЯ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

© Д. т. н. **В. В. Примаченко**, к. т. н. **В. В. Мартыненко**, к. т. н. **И. Г. Шулик**,
к. т. н. **С. В. Чаплянко**, **Л. В. Грицюк**, **Л. П. Ткаченко**

ПАО «Украинский научно-исследовательский институт огнеупоров им. А. С. Бережного»,
г. Харьков, Украина

В ПАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного» для различных зон футеровки стекловаренной печи разработаны и производятся муллитовые, муллитокорундовые и муллитокорундоцирконовые огнеупоры (см. таблицу). Муллитовые огнеупоры (марка МСП-72) характеризуются объемпостоянством, высокой устойчивостью к ползучести и применяются в своде одностадийной стекловаренной печи по производству стекловолокна. Муллитокорундовые вибролитые огнеупоры (марка МКСП-80) характеризуются высокой температурой начала размягчения под нагрузкой и применяются для перекрытия фидерных каналов стекловаренной печи по производству стекловолокна. Муллитокорундовые

термостойкие уплотненные огнеупоры (марка МКСП-91) характеризуются высокой плотностью, термостойкостью и применяются в своде и верхнем строении стекловаренной печи по производству стекловолокна и стеклошариков. Муллитокорундовые сложнофасонные вибролитые огнеупоры (марка МКТПС-89) характеризуются высокой термостойкостью и применяются для фидеров стеклоформирующих машин (плунжеры, бушинги, чаши, очко, горелочные камни, крышки и др.), линий прокатки листового стекла (линейки-лотки, ограничители и др.), линий по протяжке стеклянной трубки для мундштучной камеры (шиберы, плиты перекрытия, брусья поддержки и упора лотка, горелочные

Показатели	МСП-72	МКСП-80	МКСП-91	МКТПС-89	МКЦ
Массовая доля, %:					
Al_2O_3	72,8–75,6	80,7–82,8	91,8–92,7	89,9–91,7	69,0–69,4
ZrO_2	—	—	—	—	—
Fe_2O_3	0,1–0,3	0,1–0,2	0,1–0,3	0,1–0,3	5,1–15,3
Открытая пористость, %	16,2–17,9	12,1–14,6	15,0–18,5	13,6–16,1	15,7–15,9
Предел прочности, МПа:					
при сжатии	82–110	164–210	76–187	155–182	111–131
при изгибе при 1450 °С	9,0–9,3	10,5–10,9	3,5–3,8	7,0–7,8	Н. д.
Температура начала размягчения под нагрузкой 0,2 МПа, °С	>1750	>1750	1640	1660	Н. д.
Остаточные изменения размеров при 1600 °С, %	0,0	0,0–0,1	0,0–0,2	0,0–0,1	0,0–0,2
Термостойкость (1300 °С – вода), теплосмены	Н. д.	5–9	>20	>20	6–12

камни), для перекрытия фидера и форкамер (плиты), для перелива стекла (трубы, горелочные камни). Муллитокорундоцирконовые сложнотермостойкие вибролиты (марка МКЦ) характеризуются высокой устойчивостью к расплаву стекла и применяются как каплеобразующие для фидеров стеклоформирующих машин.

Разработанные огнеупоры по своим эксплуатационным характеристикам соответствуют мировому уров-

ню. Их применение позволяет сократить межремонтные простои, увеличить продуктивность работы установок, обеспечить длительный срок службы. В институте проводятся работы по дальнейшему усовершенствованию технологии производства и освоению новых типоразмеров муллитовых, муллитокорундовых и муллитокорундоцирконовых огнеупоров для стекловаренных печей.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ БОРТОВОЙ SiC 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 Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Увеличение производительности алюминиевых электролизеров и повышение их срока службы диктуют необходимость использования в качестве бортовой футеровки ванн блоков на основе карбида кремния с нитридной связкой. Практика работы алюминиевого завода показала, что определенные области бортовой карбидкремниевой футеровки подвергаются повышенному износу. Кроме того, разрушаются не только блоки, но и кожух ванн электролизеров. Исследованию механизмов этого разрушения и 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 галтели; видны трещины, проходящие поперек блока. Кроме того, в зоне контакта блоков с кожухом выявлено присутствие окалины толщиной до 30 мм. Наблюдается различие цвета окалины по высоте кожуха. В средней и нижней частях поврежденного кожуха под слоем окалины обнаружены следы газофазных реакций в виде каверн размерами до 50 мм. Представлена топография зон разрушения.

Для оценки вещественного состава пробы были подвергнуты рентгенофазовому анализу (РФА), который позволил установить, 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 помощью универсального светового микроскопа «Axio Observer MAT» исследовали структуру переходной зоны между SiC блоками и кожухом конструкции электролизера. Приведены характеристики этих зон. Показано, что зона, контактирующая с кожухом электролизера, имела рыхлую, пористую структуру, в которой обнаружены включения желтого цвета. В об-

ласти контакта этой зоны с металлом кожуха обнаружены многочисленные дефекты металла. Анализ распределения пор по размерам показал существенную их неоднородность по толщине окалины.

Исследование распределения элементов в образцах переходной зоны между окалиной и бортовым карбидкремниевым блоком проведено методом электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа. Использовали растровый электронный микроскоп «EVO 50 Carl Zeiss», Германия, и энергодисперсионный анализатор INCA 350, Великобритания. Установлено, что основной оксидной фазой следует рассматривать Fe_2O_3 . Очевидно, что основным коррозионным агентом является кислород, обеспечивающий образование окалины при взаимодействии его с железом. Однако наличие серы и ее соединений в пространстве между блоком и кожухом также влияет на характер протекающих процессов. Показано, что сера распределяется неоднородно в анализируемых зонах и концентрируется в небольших количествах в области несплошностей в переходной зоне. Результаты анализа позволяют предполагать, что железо кроме образования окалины частично связано с серой с образованием сульфида железа.

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 кожуха на катодных устройствах электролизеров производства первичного алюминия является проникновение карбонилсульфидов и других серосодержащих газов через трещины SiC блоков в пространство между блоками и кожухом электролизера с последующим образованием сульфидов и сульфатов железа.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ПОВЫШЕНИЕ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ КОРУНДОВОГО ПОКРЫТИЯ ЗА СЧЕТ СОЗДАНИЯ САМОАРМИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ β -SiC И ИГЛАМИ МУЛЛИТА БАРЬЕРНОГО ПОДСЛОЯ

© Д. Т. Н. Г. Д. Семченко, И. Ю. Шутеева, Я. Н. Питак

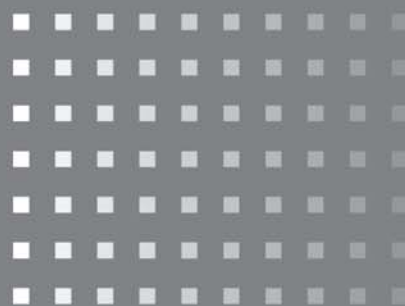
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

Проблема создания покрытий для защиты графита от окисления тесно связана с взаимодействием на границе раздела фаз. Важно, чтобы углерод графитовой подложки не вступал в реакцию взаимодействия с компо-

нентами покрытия. Корундовые материалы обладают улучшенными физико-механическими свойствами при введении в их состав добавок ZrO_2 и SiC. Как показали наши исследования, введение добавки ZrO_2 в состав ко-



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 экологически чистая
безасбестовая теплоизоляция
из муллитокремнеземистого
и керамического волокна
- Защитные огнеупорные,
высокотемпературные, антипригарные
покрытия, краски, клеящие мастики
- Флюсы и присадки



**Ремонт, восстановление,
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>

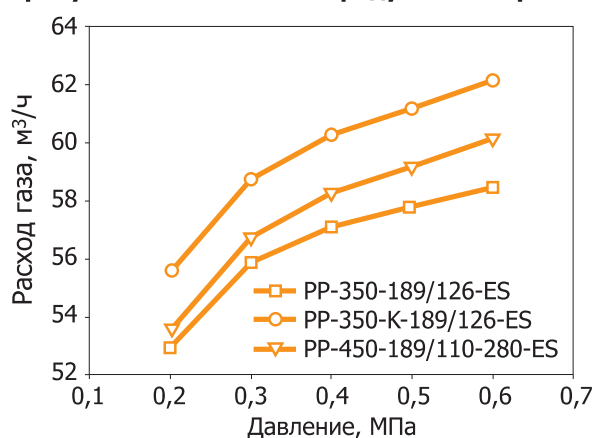
Изделия для донной продувки

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



Тип пробки	D_1 , мм	D_2 , мм	H , мм	Объем, дм³
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

рундовых покрытий нецелесообразно из-за нарушения сплошности покрытия и уменьшения адгезии его к графитовой подложке в результате объемных изменений при полиморфных превращениях ZrO_2 . Введение небольших количеств SiC в матрицу корундовых покрытий и равномерное распределение добавки в ней затруднительны. Поэтому возникла идея самоармирования корундовой матрицы наночастицами карбида кремния, образующегося в результате механохимического синтеза при модифицировании корундового порошка тетраэтоксисиланом (ТЭОС) при измельчении и в процессе термообработки гелей, образующихся в процессе поликонденсации золь-гель связующих композиций образцов.

Использование золь-гель процесса и механохимического синтеза позволяет синтезировать при более низких температурах тугоплавкие соединения, в том числе бескислородные, и создавать из них нанокпозиционные материалы, регулируя процессы наноструктурирования на молекулярном уровне. При модифицировании наполнителей разных тугоплавких соединений ТЭОС в процессе измельчения порошка с этой добавкой наблюдается механохимический синтез наноразмерного β -SiC. Дифракционные пики β -SiC не налагаются на дифракционные пики α - Al_2O_3 . Дифрактограмма модифицированного ТЭОС электрокорунда содержит 7 пиков механохимически синтезированного β -SiC. Использование золь-гель процесса для создания самотвердеющих связующих корундовых покрытий и механохимического синтеза наночастиц β -SiC в промежуточном (барьерном) подслое для его самоармирова-

ния дало возможность создать покрытие для защиты графита от окисления при температуре 1750 °С.

Для повышения плотности покрытий по графитовому материалу и адгезии к графитовой подложке, уменьшения усадки и окисляемости, приближения ТКЛР покрытия к ТКЛР графитового тела в качестве прекурсора компонентов для синтеза β -SiC и муллита использовали золь-гель композиции и корундовый наполнитель, модифицированный ТЭОС. При механохимических и термических превращениях ТЭОС и геля на его основе образуется органо-неорганический комплекс $(-CH_3)-(SiO_2)_n$. Именно эти комплексы являются прекурсорами атомарного углерода и паров монооксида кремния для синтеза β -SiC при низких температурах в системе Si- O_2 -C.

Комплексное использование различных элементов золь-гель процесса позволило разработать технологию износоустойчивого покрытия на основе самотвердеющих корундовых масс на золь-гель связующих композициях, обеспечивающего работу графитовых конструкционных материалов и изделий из них при температурах не ниже 1750 °С. При обжиге у покрытия формируется плотный промежуточный подслой, который прочно и надежно удерживает слой покрытия толщиной 600–800 мкм на поверхности графита, препятствует диффузии углерода из графитовой подложки в основную слой покрытия, тем самым тормозит развитие диффузионного окисления графита и обеспечивает кратковременную стойкость к окислению даже при 1760–1790 °С. До 1750 °С покрытие не имеет разрушений и точечных прогаров.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

О ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ВЛАГОПЕРЕНОСА В САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ МАССАХ

© Д. т. н. В. Н. Соков, к. т. н. В. В. Соков

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

Создание теплоизоляционных огнеупоров из минерально-полистирольных систем основано на гипотезе интенсивного удаления усадочной влаги не испарением, а принудительным отжатием, путем теплосилового воздействия на подвижные формовочные массы, заключенные в жестком перфорированном объеме. В этом случае определяющим становится не начальное, а оставшееся влагосодержание после удаления избыточной воды из масс. С выжиманием из массы влаги растет концентрация минерального компонента в мембранах теплоизоляционного материала и создается компактная пространственная упаковка всей твердой фазы, ведущая к увеличению прочности изделий.

Изучение картин распределения напряжений, их фотографирование и определение количественной величины при теплосиловом воздействии на минерально-полистирольную смесь проводили поляризационно-оптическим методом и моделированием самоуплот-

нения на специально сконструированном компрессионном приборе (одометре) путем нагружения изучаемой смеси по графику, соответствующему изменению давления от вспенивания полистирола в замкнутом объеме. Получены зависимости изменения порового давления и напряжения в скелете смеси во времени и по глубине, а также зависимость величины уплотняемости минерального компонента.

Разработана модель, выражающая в математической форме закономерности уплотнения и фильтрационного влагопереноса при теплосиловом воздействии, развиваемом в процессе прогрева самоуплотняющихся масс. Ведение диалога с разработанной математической моделью на ЭВМ дало возможность сделать заключение об общем характере влияния всех совокупных параметров на процесс фильтрации и уплотнения при теплосиловом воздействии на смесь и описать связь между всеми переменными.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ**ИННОВАЦИОННЫЙ ШПИНЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ
И ОГНЕУПОРЫ ИЗ НЕГО**

© Д. т. н. С. А. Суворов, Н. В. Арбузова

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

Огнеупоры, содержащие магнезиальноглиноземистую шпинель, в настоящее время все более востребованы для выполнения футеровки и узлов тепловых агрегатов черной и цветной металлургии, для футеровки цементных печей и др. С расширением областей применения этих огнеупоров актуальны изыскание и производство новых составов шпинельных материалов. В составе периклазошпинелидных огнеупоров используют преимущественно периклазошпинельные или корундошпинельные порошки, полученные измельчением закристаллизованного расплава, образованного при температурах выше 2200 °С из шихт, содержащих избыток глинозема или периклазового порошка. При этом равномерного распределения фаз в материале не достигается, что нарушает стабильность свойств огнеупоров, для изготовления которых эти порошки предназначены.

Разработан принцип получения плавящего легированного Cr^{3+} и ZrO_2 шпинельного материала на основе псевдоликвационного расплава системы $\text{MgO-MgAl}_2\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$, подтвержденный патентом РФ 243398. Новый шпинельный материал представлен твердым раствором $\text{Mg}_{1,08-0,97}(\text{Al}_{0,97-0,91}\text{Cr}_{0,03-0,061})_2\text{O}_4$ и ZrO_2 , однороден по химическому и фазовому составу (ликвация Cr_2O_3 и ZrO_2 слабо выражена), устойчив к воздействию цементного клинкера и расплава основного шлака. Доказана необходимость предварительной подготовки шихты разработанным способом. Плавка шихты идентичного состава, состоящей из смеси совместного помола, не подвергнутой грануляции,

не обеспечивает однородности слитка из-за затрудненности диффузионного распределения Cr^{3+} и Zr^{4+} в расплаве. Зональное окрашивание полученного слитка наблюдается даже визуально и объясняется неоднородностью распределения ионов хрома по всему объему слитка. Содержание хрома по сечению слитка изменяется от 6 до 12 %.

Для оценки свойств зернистых композиций изготовлены образцы с предельной крупностью зерна 2 мм и с фиксированным содержанием тонкодисперсной составляющей, равным 20 %. Легированную шпинель в количестве 5–20 мас. % и периклазовый порошок вводили в состав как зернистой, так и тонкодисперсной составляющей шихты. Образцы обжигали при 1750 °С. Шпинельнопериклазовые огнеупоры с легированным шпинельным материалом в средней фракции зернистой составляющей шихты обладают высокой прочностью — до 48 МПа, низкой склонностью к деградации предела прочности при сжатии при термических ударах. Так, после шести теплосмен по режиму 1300 °С — вода прочность огнеупоров составляет около 70 % от исходных значений.

Разработанный шпинельный материал является новым и предназначен для производства перспективных огнеупоров для условий, в которых используемая в настоящее время магнезиальноглиноземистая шпинель не удовлетворяет металлургов по ресурсным характеристикам.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ**ОПТИМИЗАЦИЯ БЕТОНА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИЙ КОРУНДА
И КАРБИДА КРЕМНИЯ**

© Д. т. н. С. А. Суворов, М. Н. Застрожнов

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

Оптимизация состава бетона симплекс-методом позволила повысить предел прочности при сжатии с 110 до 135 МПа, снизить открытую пористость до 9,7 %, улучшить растекаемость бетона при содержании воды затворителя до 3,8%. Деформации под нагрузкой в окислительной среде при 1600 °С не выявлено. Бетон обладает высокой термостойкостью — более 30 теплосмен по режиму 1000 °С — вода. Структура карбидкремнийсодержащего бетона так же, как и карбидкремниевый, устойчива к резким перепадам температур — после 30 теплосмен прочность образцов при сжатии и их открытая пористость не изменяются. Значения показателей физико-технических свойств практически совпадают с показателями до испытаний. Устойчивость к действию доменного шлака (основность 1,1) при 1500 °С у карбидкремнийсодержащего бетона практически не отличается от устойчивости карбидкремниевый.

Полная замена электроплавящего корунда на корундовый наполнитель ЗК-93 приводит к увеличению количества воды затворения до 6,0 %, повышению открытой пористости до 21 % и снижению предела прочности при сжатии до 81 МПа. Устойчивость к расплавам шлака и криолита ($\text{KO} = 2,55$) резко ухудшается: наблюдается сильная пропитка тигля, а при использовании в качестве вяжущего высокоглиноземистого цемента — разъедание тигля.

Полная замена электроплавящего корунда на шамотный наполнитель (40 % Al_2O_3) приводит к значительному увеличению количества воды затворения — до 9,2 %. Открытая пористость составляет 20 %, предел прочности при сжатии снижается до 50 МПа. Устойчивость к расплаву криолита ($\text{KO} = 2,55$) резко ухудшается: возрастает химическая коррозия тигля, однако пропитка тигля расплавом криолита минимальная.

При использовании готовой матрицы AI M93S (15–20 мас. %) фирмы «Almatis GmbH», Германия, совместно с корундовым наполнителем ЗК-93 достигается подвижность массы при количестве воды затворения 5,8 %. Открытая пористость образцов 21 %, предел прочности при сжатии 140 МПа. Устойчивость к доменному шлаку увеличивается: отсутствует разъедание тигля.

Частичная замена карбида кремния на электроплавленный корунд практически не повлияла на физико-механические свойства бетона. Для достижения высоких показателей химической устойчивости к расплавам доменного шлака и криолита необходимо снизить содержание карбида кремния и исключить содержание оксида кальция до минимума, используя гидратационное вяжущее типа Альфабонд 300.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ШЛАКОВАЯ КОРРОЗИЯ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТОГО ОГНЕУПОРА В ФУТЕРОВКЕ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА

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

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

Во время ведения конвертерного процесса на контакте окисленного шлака и периклазоуглеродистого огнеупора происходит окислительно-восстановительное взаимодействие $C + FeO = Fe + CO$, которое приводит к формированию на поверхности огнеупора пористого обезуглероженного слоя, подверженного растворению в шлаковом расплаве. Шлаковую коррозию периклазоуглеродистого огнеупора можно разделить на два процесса: образование обезуглероженного слоя и его растворение. Скорость шлаковой коррозии лимитируется наиболее медленным из них.

Химическое взаимодействие оксидов железа с углеродом характеризуется высокой кинетикой, но по мере роста толщины обезуглероженного слоя затрудняются доставка окислителя к фронту реакции и отвод ее продуктов. Взаимодействие переходит из кинетиче-

ской области в диффузионную, и его скорость существенно снижается. Процесс растворения обезуглероженного слоя огнеупора практически не зависит от его толщины, так как переход MgO в шлак идет по диффузионному механизму. Диффузионный массоперенос определяется температурой, удельной поверхностью контакта, интенсивностью движения шлакометаллической смеси и степенью насыщенности шлака по MgO .

На основе изложенных физико-химических представлений и производственно-статистических данных (лазерного сканирования футеровки конвертера в период эксплуатации) предложено математическое описание и разработано программное обеспечение для оценки шлаковой коррозии и изменения остаточной толщины периклазоуглеродистого огнеупора рабочего слоя футеровки конвертера.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

УСТОЙЧИВОСТЬ ОКСИДНЫХ И КАРБЕНИРОВАННЫХ ОГНЕУПОРОВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ РАСПЛАВОВ ШОС

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

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

Корунд, диоксид циркония, их сочетания с графитом в составе материала огнеупорных изделий используют в ответственных элементах системы непрерывной разливки стали. Длительность их эксплуатации ограничивается коррозией в шлаковом поясе, например, погружаемых стаканов. Увеличение стойкости огнеупоров в конкретных условиях применения является результатом многих усовершенствований, наиболее значительное из которых — повышение коррозионной устойчивости материала изделия в шлаковом поясе.

В контрасте разрушения оксидных и углеродсодержащих огнеупоров решающее значение имеет окисление углеродистой составляющей в процессе шлако-разъедания. Предложенные к настоящему времени обоснования разрушения огнеупоров под воздействием шлака и расплава строятся на схеме последовательности циклов, согласно которой оксидная фаза огнеупора подвергается химическому перерождению и растворению в расплаве шлака, а графит подвержен окислению оксидами железа шлака, газификации в атмосфере окислительной среды, в том числе кислородом, растворенным в расплаве стали.

Исследовано коррозионное воздействие расплавов шлакообразующих смесей (ШОС) на корундовые,

циркониевые, в том числе углеродсодержащие материалы. Экспериментально установлены предельная растворимость (C_x) корунда и диоксида циркония, смачивание расплавом ШОС оксидов и их композиций с графитом, изменение фазового состава на контакте огнеупора с расплавом ШОС. При увеличении основности в интервале 0,70–1,15 предельная растворимость ZrO_2 в ШОС в диапазоне 1450–1550 °C увеличивается от 5,6 до 14,4 мас. %, а предельная растворимость Al_2O_3 , например, в расплаве ШОС основностью 1,2 в интервале 1450–1550 °C составляет 14,5–24,0 мас. %.

Независимо от состава ШОС выше 1300 °C шлаковый расплав полностью смачивает циркониевый материал. Значения краевых углов смачивания шлаковыми расплавами ШОС при 1550 °C цирконийграфитового огнеупора составляют от 4,0 до 34,0 град в зависимости от состава ШОС. Увеличению краевого угла смачивания цирконийграфитового огнеупора при высокой температуре способствуют повышение основности ШОС, снижение в составе ШОС количества щелочных металлов. Краевые углы смачивания расплавами ШОС корундового материала при 1550 °C составили 5–11 град, корундографитового огнеупора составили 80–130 град.

После обжига в инертной атмосфере при 1550 °С шлакоразъедание цирконийграфитового и корундографитового огнеупоров отсутствует. После окислительного обжига стенки образцов-тиглей имеют воронкообразный вид шлакоразъедания, диаметр воронки увеличивается по мере перемещения из зоны восстановительной среды в окислительную, причем значительно большему разъеданию подвергается корундографитовый огнеупор. Процесс взаимодействия расплава ШОС с исследованными огнеупорами: углеродистая связующая огнеупора подвергается окислению, происходит разрыхление структуры; расплав шлака проникает в глубь материала через разуплотненный

слой огнеупора; в результате взаимодействия оксидного заполнителя с расплавом шлака происходит коррозия материала, сопровождающаяся вымыванием нерастворившихся зерен огнеупорного заполнителя в объем шлакового расплава. В качестве продуктов реакции шлакового расплава и ZrO_2 (стабилизированного CaO) образуются бадделит и циркон. При увеличении основности ШОС происходит уменьшение количества образующегося бадделита. В продуктах взаимодействия шлакового расплава и корунда наблюдается преимущественное образование тугоплавкого гексаалюмината кальция и купидина.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

УСТОЙЧИВАЯ К ТЕРМОНАГРУЖЕНИЯМ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Проблема создания термостойких материалов для решения задач высокотемпературной техники является востребованной и актуальной. Повышение термостойкости высокоглиноземистых огнеупоров можно осуществить разработкой композиционного фазового состава материалов с лабильной структурой, способной при эксплуатации длительно сохранять высокие показатели свойств.

Разработаны огнеупорные материалы на основе стабилизированного титаната алюминия и высокоглиноземистого компонента, устойчивые к воздействию термических и механических нагрузок. Для составления композиций использовали корунд, диоксид титана, титанат алюминия, андалузит и муллит. Фазовый состав и микроструктуру материалов формировали в процессе обжига образцов огнеупоров при 1640 °С в атмосфере воздуха. Значения показателей прочности, пористости, модуля упругости даже при практически одинаковом химическом составе исходных композиций зависят в большей степени от синтезируемых в обжиге микроструктур и фазового состава образцов. Исследовано поведение высокоглиноземистых композиционных материалов на основе титаната алюминия и муллита при действии циклических термических нагрузок.

Эволюцию структуры материалов наблюдали по изменению ТКЛР образцов в циклах при режиме нагрев-охлаждение 20 ± 800 °С со скоростью 5 °С/мин; после термоударов при режимах 800 °С – воздух и 1300 °С – вода. Кроме того, изменение структуры материала оценивали по измерению ширины и протяженности трещин, по изменению модуля упругости после каждого цикла термонагружения.

Анализ результатов экспериментов показал, что минимальное значение ТКЛР ($-3,3 \cdot 10^{-7}$ 1/К) характерно для материалов с фрагментарной структурой, формирующейся в процессе обжига материала. Модуль уп-

ругости таких материалов меньше, чем у других материалов. Термоударные воздействия в меньшей степени сказываются на таких структурах. Минимальными водопоглощением и пористостью и более высоким модулем упругости обладают составы с предварительно синтезированным муллитом, а также титанатом алюминия, имеющие мелкокристаллическую (<10 мкм) плотную структуру с трещинами, размерами, не превышающими 300 нм, и ТКЛР $20 \cdot 10^{-7}$ 1/К.

Многочисленные циклы нагрев-охлаждение в режиме 20 ± 800 °С не вызывают изменений в структуре композиционных материалов, способных повлиять на показатели свойств, что свидетельствует о стабильности структуры материалов. Изменение модуля упругости как после циклов нагрев-охлаждение, так и после термоударов в режиме 800 °С – воздух составляет не более 3 %. Термоудары в режиме 1300 °С – вода приводят к снижению модуля упругости до 40 % от исходных значений в образцах с плотной структурой и с крупным размером кристаллов фаз. В образцах с фрагментарной структурой после термоудара изменения упругих характеристик структуры незначительны, однако отмечено рассеяние спектра частот звуковых колебаний в мелкокристаллической плотной структуре.

Разработанные огнеупорные материалы на основе титаната алюминия и муллита содержат от 55 до 60 мас. % Al_2O_3 , имеют открытую пористость 5,5–13,5 %, предел прочности при сжатии 170–390 МПа, выдерживают не менее 5 теплосмен по режиму 1300 °С – вода, обладают стабильным, близким к нулю ТКЛР при 800 °С – от $-2 \cdot 10^{-7}$ до $20 \cdot 10^{-7}$ 1/К. Структура материалов обладает функциональной подвижностью самоорганизованного перехода к стабильному состоянию при воздействии внешних термических нагружений и термоударах с ΔT до 1300 °С.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ПЛЕНОЧНОГО ЛИТЬЯ

© О. В. Тиунова, О. Ю. Задорожная, д. т. н. Т. А. Хабас
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
г. Томск, Россия

Высокая прочность при высоких температурах, шлако- и металлоустойчивость, стабильность в вакууме, в

окислительной и восстановительной атмосфере керамики из ZrO_2 позволяют использовать ее в черной ме-

таллургии для улучшения качества выплавляемого металла и увеличения длительности эксплуатации оборудования. Обсуждению вопросов о взаимосвязи особенностей технологии получения с составом, структурой и механическими свойствами керамики посвящено множество работ, однако научные и технологические аспекты получения отдельных видов изделий, в том числе и тонких пластин, освещены недостаточно.

Цель данной работы — разработка составов и изготовление высокоплотной керамики из полностью стабилизированного диоксида циркония методом литья на движущуюся ленту. Для получения плотной керамики использовали порошки полностью стабилизированного диоксида циркония производства ОАО «Чепецкий механический завод» (8YSZ) и компании «Qingdao Terio Corporation», Китай (10Sc1CeSZ). Поскольку средний размер частиц керамического порошка 8YSZ составлял около 90 мкм, он подвергался помолу в шаровой мельнице до среднего размера частиц 0,8–1,0 мкм.

Для получения тонких керамических пластин был приготовлен шликер на органическом растворителе с

содержанием твердой фазы более 60 мас. %. Использование органических растворителей для приготовления шликера позволяет получить более устойчивую суспензию и делает керамическую ленту более пластичной. Керамическую ленту отливали на линии КЕКО, Словения, удаление связки и спекание проводили в печах фирмы «Nabertherm», Германия, при 1450–1500 °С. Образцы из порошка 8YSZ имели кажущуюся плотность 5,55 г/см³ и высокую открытую пористость, а керамика на основе диоксида циркония 10Sc1CeSZ кажущейся плотностью 5,75 г/см³ была практически бездефектной. Таким образом, использование порошка 10Sc1CeSZ перспективно для получения тонких плотных керамических пластин с заданными свойствами, а использование порошка 8YSZ для получения плотной керамики вызывает трудности, что связано с его формой частиц и гранулометрическим составом.

* * *

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГЗ 3.3055.2011).

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

ВЛИЯНИЕ ЩЕЛОЧЕСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ НА РАЗРУШЕНИЕ ФУТЕРОВКИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

© Д. т. н. Д. Н. Тогобицкая, к. т. н. А. Ф. Хамхотко, Н. А. Циватая, к. т. н. Д. А. Степаненко
Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова, г. Днепропетровск, Украина

Срок службы доменных печей зависит в основном от срока службы огнеупорной кладки, которая подвергается в печи воздействию ряда физических и химических факторов (давление столба шихтовых материалов, химическое воздействие чугуна, шлака, газовой фазы и др.), в том числе соединений щелочных металлов. Износ огнеупорного материала в нижней части доменной печи происходит вследствие химического взаимодействия его со шлаком из-за образования при этом легкоплавких соединений. Коррозионная активность шлаков по отношению к огнеупорам обусловлена их свойствами, которые, в свою очередь, зависят от химического состава шлаков. При этом немаловажное значение имеют также состав огнеупоров и их свойства (пористость, плотность, газопроницаемость, огнеупорность, смачиваемость шлаками и др.). Влияние содержания в шлаке Na₂O и K₂O на активность взаимодействия с шамотными огнеупорами значительно зависит от степени связанности их в силикаты.

Точность прогнозирования физико-химических свойств шлаковых расплавов в значительной степени определяется соответствием модельного представления их структуры. Подход к описанию структуры оксидных систем с позиций теории направленной химической связи Э. В. Приходько позволяет оценить взаимодействие шлаков с огнеупорами на качественно новой основе. Структура шлака рассматривается как химически единая система. Основными интегральными параметрами, характеризующими межатомное взаимодействие в оксидном расплаве, являются: ρ — показатель стехиометрии расплава; d — среднестатистическое междоузельное расстояние; Δe — количество электронов, локализуемых в направлении связи катион-анион; $\text{tg}\alpha$ — катионная характеристика; ΔZm — пара-

метр, учитывающий неравновесность катионной подсетки; Z^Y — химический эквивалент оксидной системы разупорядоченной структуры. Для оценки агрессивности доменных шлаков по отношению к различным огнеупорам с учетом их химического состава, пористости и температуры эксплуатации, а также состава шлака предложено уравнение $\lg K = f(\Delta d, \Delta Z^Y, \Delta \text{tg}\alpha, P, T)$, где K — коррозионная активность доменных шлаков; ΔZ^Y , Δd и $\Delta \text{tg}\alpha$ — разностные параметры огнеупора и шлака; P — пористость огнеупора; T — температура.

С точки зрения увеличения длительности кампании и безопасности эксплуатации доменных печей актуальной является проблема оценки коррозионной активности щелочесодержащих доменных шлаков. Коррозионная активность шлаков по отношению к огнеупорам определяется их свойствами, прежде всего вязкостью η и поверхностным натяжением σ . Исследованиями разных авторов показано существенное разжижающее действие щелочных оксидов на конечные и особенно первичные железосодержащие доменные шлаки. Это свидетельствует о важности прогноза свойств щелочесодержащих доменных шлаков не только для повышения стойкости футеровки, но и для оптимизации качества чугуна.

С использованием для описания структуры шлаков параметров межатомного взаимодействия и исходных данных о вязкости щелочесодержащих синтетических и натуральных доменных шлаков заводов Украины авторами предложены модели для прогнозирования вязкости и поверхностного натяжения конечных доменных шлаков, включающие физико-химические критерии, учитывающие влияние щелочей: $\log \eta = f(\rho, \%R_2O, d, \Delta Zm)$; $\sigma = f(\Delta e, \%R_2O)$, где $\%R_2O$ — суммарное содержание K₂O и Na₂O в шлаке.

ТЕКСТУРА И СВОЙСТВА АНИЗОТРОПНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ,
СИНТЕЗИРОВАННЫХ В СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ© Д. Ш. Турдиев¹, Д. Д. Гуламова¹, В. П. Шевченко²¹ Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце» АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан² СП ООО «Электроизолит», г. Ташкент, Республика Узбекистан

На свойства материалов, особенно характеризующихся анизотропией свойств, значительно влияют условия синтеза. Это воздействие может быть значительным в случае применения расплавных технологий, которые в большинстве случаев реализуются в градиентных условиях, что влияет на анизотропию кристаллической структуры и, соответственно, на изменение структурно-зависимых свойств. В качестве источников нагрева в расплавных технологиях используют индукционные токи и токи высокой частоты, лазерное излучение, электрическую дугу и др. Солнечное излучение привлекает внимание как экологически чистый возобновляемый источник энергии, и это определяет перспективу развития технологий, основанных на использовании солнечной энергии. Разработка таких технологий основана на выявлении особенностей изменения свойств материалов, обусловленных условиями синтеза с использованием солнечной энергии. Расплавный метод синтеза в солнечной печи характеризуется значительным градиентом температуры в ванне расплава, создаваемым при одностороннем нагреве от источника энергии — Солнца. Этот градиент усиливается при закалке расплава и зависит от скорости отвода тепла. Температура расплава и способ отвода тепла, т. е. скорость охлаждения, влияют на состав, формирование фазового состава, морфологию и, как следствие, на свойства целевого материала. Наиболее чувствительными к градиентным условиям синтеза могут быть материалы с сильно анизотропными свойствами. Поэтому в качестве объектов исследования были выбраны титанаты алюминия, магния, железа с анизотропной кристаллической структурой типа псевдобрукита.

Синтез титанатов алюминия, магния осуществляли расплавным методом в солнечной печи под воздействием лучистого потока плотностью 780–820 Вт/см². Расплав закачивали со скоростями отвода тепла 10³–10⁵ град/с.

Значения параметров элементарной ячейки соединений определяли анизотропию вдоль оси *c*. Увеличение скорости охлаждения расплава от 10² до 10⁵ град/с привело к усилению анизотропии расширения кристаллической решетки вдоль осей *c* и *b* при уменьшении вдоль оси *a*. Температурные коэффициен-

ты линейного расширения (ТКЛР) в интервале 20–1000 °С вдоль кристаллографических осей для полиморфных модификаций со структурой типа псевдобрукита приведены в таблице.

Соединение	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	ТКЛР, 10 ⁻⁶ град ⁻¹			
		α_a	α_b	α_c	α_v
Fe ₂ TiO ₅	20–580	0,65	10,30	15,41	24,35
MgTi ₂ O ₅	20–1000	6,50	12,32	15,81	26,18
Al ₂ TiO ₅	20–1000	-2,26	10,30	19,50	27,54

Титанат железа имел наименьшую деформацию кристаллической решетки, что могло быть обусловлено не только близостью размеров ионов Fe³⁺ (0,0645 нм) и Ti⁴⁺ (0,067 нм), но и электронным строением Fe³⁺, у которого наличие *d*-электронов определяет предпочтительное положение в «неправильном» кислородном окружении. Напротив, у титанатов магния и алюминия отсутствие *d*-электронов и, соответственно, трудность сохранения связей *Me*–O при их значительной деформации с повышением температуры приводили к дестабилизации орторомбической структуры.

Влияние на свойства керамики технологии получения анизотропных материалов в градиентных условиях было определено на примере титаната алюминия как с сильно текстурированной микроструктурой, так и с разупорядоченной. Керамика из ориентированного материала претерпевала распад после 10-мин выдержки при 1150 °С, а у керамики с хаотичным расположением зерен следы свободных оксидов алюминия и титана появились после 8-ч выдержки. Использование для синтеза технологии сверхбыстрой закалки расплава обеспечивало ультрадисперсный зерновой состав и разупорядоченное строение микроструктуры. Керамика на основе такого материала сочетала высокую термостойкость с повышенной механической прочностью. Возможно, симбатная зависимость термостойкости и механической прочности обеспечивалась не только макропараметрами целевого материала, но и особенностями изменения свойств из-за влияния солнечного излучения на кристаллическую структуру.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА И СПОСОБА ПОДГОТОВКИ
ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СВОЙСТВА МУЛЛИТОКОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ

© Д. Т. Н. Т. А. Хабас, Е. В. Гайдайчук, М. В. Рубцова, Т. В. Колесова

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
г. Томск, Россия

Определенные сферы производства требуют использования механически прочной, устойчивой к истиранию керамики с заданной плотностью. Преимуществами керамики с использованием в ее составе оксида алюминия являются возможность изготовления изделий практически любого размера, в том числе очень малой толщины, с гладкой и рельефной поверхностью, высо-

кими прочностью и устойчивостью к повышенным температурам и к коррозии. Введение в состав композиции муллитовой составляющей позволяет регулировать плотность и прочность керамики.

Цель проводимых исследований — изучение зависимости плотности получаемого керамического материала на основе оксида алюминия и муллита от компо-

нентного состава с сохранением высоких эксплуатационных свойств. Для получения керамики с заданной плотностью ($3100\text{--}3500\text{ кг/м}^3$) готовили смеси на основе $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с использованием различных добавок. Изучалось три варианта составления шихт: *а* — в состав наряду с корундом вводили диоксид кремния; *б* — смесь корунда с электроплавленным муллитом; *в* — смесь корунда с муллитом твердофазного синтеза. Образцы формовали методом полусухого прессования с добавлением временной связки и пластификатора и обжигали до $1580\text{--}1620\text{ }^\circ\text{C}$ в воздушной среде. Определение физико-механических характеристик показало, что совмещение процесса синтеза муллита и спекания муллитокорундовой керамики (вариант *а*) позволило получить достаточно прочный пористый материал с кажущейся плотностью в интервале $2410\text{--}1960\text{ кг/м}^3$; при этом наибольшую прочность имел состав, содержащий в исходной шихте 70 мас. % Al_2O_3 . В качестве модифицирующих добавок применя-

ли порошки нанодисперсного Al_2O_3 и субмикронного диоксида циркония. Данные рентгенофазового анализа подтвердили присутствие в обожженных образцах новой фазы.

Проведение эксперимента с применением электроплавленного муллита и муллита твердофазного синтеза проводили при соблюдении одинакового гранулометрического состава основных компонентов (Al_2O_3 и $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$). При этом расчетных значений плотности удалось достичь при применении муллита твердофазного синтеза, в то время как для достижения той же плотности при спекании смеси с электроплавленным компонентом необходимо было его активирование в планетарной мельнице. Для снижения температуры спекания были приготовлены и исследованы составы с добавлением стеклообразующей композиции. Микротвердость образцов после обжига при $1580\text{ }^\circ\text{C}$ с использованием электроплавленного муллита составила $15,8\text{ ГПа}$ при кажущейся плотности 3500 кг/м^3 .

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ

КЕРАМИЧЕСКАЯ ВОРОНКА ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ РАСПЛАВОВ В КРИСТАЛЛИЗАТОР

© В. Т. Шмурадко, д. т. н. О. В. Роман, д. т. н. Л. В. Судник, Н. В. Киршина

Обособленное хозяйственное структурное подразделение

«Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством»,
г. Минск, Республика Беларусь

Проблемы получения качественных легированных алюминиевых расплавов на стадиях плавления, дозирования и кристаллизации тесно связаны с металлургическими процессами получаемых сплавов, качеством огнеупорных масс и технологиями их получения. Если рецептура лигатуры и процессы получения сплава установлены и достигают при этом требуемого комплекса свойств в материале по эксплуатационным параметрам (прочности, коррозионной стойкости, пластичности, деформируемости при прокатке и др.), тогда на первый план выдвигается проблема сохранения качественных показателей алюминиевых сплавов на стадиях их технологического получения. Определяющим показателем становится применение качественных компонентов огнеупорных материалов, используемых в технологии получения футеровочных изделий с высокими значениями коррозионно-эрозионной устойчивости, термостойкости и физико-механических свойств.

Учитывая химическую активность алюминиевых расплавов, высокие требования, предъявляемые к свойствам алюмомагниевого сплава, и в первую очередь к их химической чистоте, наиболее эффективными композиционными компонентами при изготовлении футеровки для плавления-дозировочно-кристаллизационных узлов приняты порошки корундовые ($98\text{ \% Al}_2\text{O}_3$), корундошпинелевые ($>97\text{ \% Al}_2\text{O}_3$, $3\text{ \% MgAl}_2\text{O}_4$) и алюмомагнезиальной шпинели ($98\text{ \% MgAl}_2\text{O}_4$) с размерами зерен менее $5,0\text{ мм}$. Применение этих материалов в формировании керамоогнеупорных масс и изготовление по разработанной технологии фасонных футеровочных изделий позволили достичь стабильного структурного строения и фазового состояния в футеровке при эксплуатации, а также получить необходимые диапазоны теплофизических, структурно-химических, физико-механических и других свойств. В частности, использование корундовых и корундошпинелевых порошков с добавками MgAl_2O_4 позволило снизить

(при необходимости) в материале изделий теплопроводность и ТКЛР, повысить термостойкость и температуру начала деформации под нагрузкой. К тому же характерной особенностью шпинели является ее высокая устойчивость к воздействию растворов и расплавов кислотно-щелочных сред, углерода и оксидов щелочно-земельных металлов.

В материале футеровки (в качестве источника наночастиц) использовали коллоидные растворы глинозема и кремнезема, представляющие собой не что иное, как источник наноразмерных суперактивных $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ и SiO_2 . Такой подход позволяет получать бесцементные бетоны, исключаящие из своего состава оксид кальция. Последний в системе с оксидом алюминия отвечает за ухудшения деформационных свойств огнеупоров при высоких температурах. В шпинелеобразующих и шпинелесодержащих системах использовали наноразмерный MgO , а также были предприняты подходы активизации процесса шпинелеобразования в бетонах при размещении активного магнийсодержащего компонента по границам зерен. Эту роль выполняли ВКВС, обеспечивая наноразмерным компонентом тиксотропную систему в технологии виброформования фасонных заготовок из керамобетонов. Именно коллоидный компонент отвечает за свойства как ВКВС, так и материалов с их применением. В нашем случае источником коллоидного компонента были корундовые и корундошпинельные порошки, а также шпинели, обработанные в жидкой среде механическим методом в керамическом атриторе с керамическими (корундовыми) мелющими шарами. При этом были получены высокие реотехнологические показатели шликерных суспензий на базе разработанных огнеупорных смесей.

Технология получения штучных фасонных изделий (полых колец и конусных воронок) включает формирование гранулометрического состава порошковой шихты в диапазоне $0\text{--}5\text{ мм}$ для достижения максимально

плотной упаковки в заготовках; введение в состав гранулометрической композиции (при необходимости) узких размерных фракций корунда и алюмомагнезической шпинели в диапазоне 1–300 мкм; применение реотехнологических систем ВКВС, содержащих добавки наноразмерного суперактивного кремнезема, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, получаемые из коллоидных систем, а также добавки, улучшающие термостойкость и коррозионно-эрозионную устойчивость к расплавам алюминия и его сплавов; получение бесцементных бетонов, где важнейшей задачей является обеспечение требуемых реотехнологических свойств при минимальном содержании воды; использование разжижающих (дефлюлирующих, пластифицирующих или стабилизирующих) добавок на основе сульфонафталинформальдегида (смеси натриевых солей полиметиленафталинсульфонокислот различной молекулярной массы, например дефомикс, которые позволяют достичь не только необходимой текучести бетонных смесей при минимуме со-

держания дисперсионной среды (воды), но и регулировать срок их схватывания, твердения и упрочнения; проведение строгой регламентации зернового и фазового составов шихты; качественное приготовление (гомогенизацию) огнеупорной гетеросистемы при получении масс заданной консистенции (наливные, виброналивные, полусухие, сухие); изготовление штучных заготовок виброформованием по режиму частота 30–240 с⁻¹ и амплитуда 0,5–1,7 мм; твердение и самоупрочнение штучных изделий, в частности самой сложной по геометрии дозирующей корундовой воронки, выполняли в течение 3–12 ч при 25–80 °С в опалубке; тепловую обработку, спекание и формирование керамической структуры выполняли при 1450 и 1600 °С. Испытания и тестирование свойств футеровки, установленной в плавильно-дозировочных устройствах и кристаллизаторе, позволили создать качественные, химически чистые алюмомагнезические сплавы.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТАХ
ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ЛЕГКИЕ ЖАРОСТОЙКИЕ БЕТОНЫ НА ВЯЖУЩИХ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

© К. Т. н. В. А. Абызов¹, К. Т. н. А. Н. Абызов², Д. Э. н. В. М. Рывтин³, Д. Г.-м. н. В. А. Перепелицын⁴, А. В. Хватов²

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

² ООО «Ключевская обогатительная фабрика», пос. Двуреченск Свердловской обл., Россия

³ ОАО «УК «РосСпецСплав», г. Екатеринбург, Россия

⁴ ОАО «ВОСТИО», г. Екатеринбург, Россия

По данным отечественных и зарубежных исследователей, применение в жаростойких бетонах на пористых заполнителях в качестве вяжущего высокоглиноземистых цементов (ВГЦ) позволяет получать бетоны с максимальной температурой применения на 100–600 °С выше, чем у бетонов на глиноземистом цементе, портландцементе и жидком стекле.

Выполнен значительный объем исследований, касающихся разработки и применения легких жаростойких бетонов на пористых заполнителях и высокоглиноземистых цементах из клинкеров алюминотермического производства Ключевского завода ферросплавов (КЗФ). На заполнителях из перлита Арагачского и Мухомор-Талинского месторождений получены бетоны средней плотностью 620–870 кг/м³ с пределом прочности при сжатии 1,3–3,1 МПа. По результатам исследования жаростойких свойств бетонов установлена возможность их применения до 1100 °С. Бетоны были применены при строительстве Оскольского электрометаллургического комбината взамен импортных огнеупоров, а также при строительстве тепловых агрегатов Воскресенского ПО «Минудобрения».

На ВГЦ алюминотермического производства и керамзите средней плотностью 350–650 кг/м³ разработаны бетоны средней плотностью 850–1300 кг/м³ с пределом прочности при сжатии 5–15 МПа и температурой службы 1000–1100 °С. На ВГЦ и заполнителях из вспученного вермикулита Ковдорского и Потанинского месторождений (<5 мм) средней плотностью 150 кг/м³ разработаны бетоны средней плотностью

500–700 кг/м³ с температурой службы 1000–1100 °С. Вермикулитобетоны имеют высокую термостойкость, но отличаются повышенной огневой усадкой. Введение в состав вермикулитобетона керамзита фракции 5–20 мм позволяет без изменения температуры службы снизить огневую усадку; средняя плотность при этом увеличивается и составляет 700–850 кг/м³, термостойкость бетона сохраняется на достаточно высоком уровне. Керамзитобетон и вермикулитокерамзитобетон широко применяют в ограждающих конструкциях печей нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, в обжиговых печах и футеровке вагонеток заводов по производству керамических изделий.

Разработана технология изготовления огнеупорного заполнителя на фосфатном связующем и дисперсных высокоглиноземистых заполнителях: корундовых отходах, отработанном алюмохромовом катализаторе, шлаке алюминотермического производства металлического хрома, высокоглиноземистом шамоте. В зависимости от вида заполнителя, его дисперсности и соотношения исходных компонентов средняя плотность заполнителя составляла: фракция 20–10 мм 280–650 кг/м³, 10–5 мм 540–815 кг/м³, мельче 5 мм 850–970 кг/м³. Огнеупорность заполнителя 1680–1770 °С. На ВГЦ и фосфатном заполнителе были получены жаростойкие бетоны средней плотностью 990–1360 кг/м³ с температурой службы 1200–1400 °С. Для снижения средней плотности бетона и повышения его термостойкости в бетоны на ВГЦ и фосфатном заполнителе вводили до-

бавку вспученного вермикулита. Это позволило понизить среднюю плотность бетона до 800–910 кг/м³ и повысить его термостойкость. По результатам стандартных испытаний установлено, что этот бетон может применяться до 1200 °С.

Бетон на ВГЦ и фосфатном и вермикулитовом заполнителях был применен при изготовлении свода экспериментальной туннельной печи Новочеркасского завода строительных материалов из панелей размерами 1680×1060×400 мм, которые изготавливали из жаростойкого бетона на ВГЦ и шамотных заполнителях. Для вкладышей применяли бетон на ВГЦ, фосфатном и керамзитовом заполнителях с добавками вермикулита. В процессе эксплуатации печи панели были обследованы и отмечено их нормальное техническое состояние.

Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона (ГУП НИИЖБ) совместно с Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (ФГУП НИКИЭТ) и с Дагестанским государственным техническим университетом была установлена целесообразность применения жаростойких бетонов на ВГЦ с заполнителями из керамзита и шлаковой пемзы в конструкции шахт атомных реакторов нового по-

коления с теплоносителем из жидкого свинца. Наряду с применением в бетонах ВГЦ Талюм было принято решение об использовании в жаростойком керамзитобетоне ВГЦ алюминотермического производства, так как он значительно дешевле цемента Талюм и может производиться в больших объемах.

УралНИИСтромпроектом по техническому заданию ГУП НИИЖБ и по договору с Институтом реакторных материалов (ФГУП ИРМ, г. Заречный Свердловской обл.) подобран состав жаростойкого керамзитобетона и изготовлены образцы для радиационно-термических испытаний. В качестве исходных компонентов применяли цемент марки ВЦ-75 по ТУ 21-20-60-84, керамзит Богдановичского ОАО «Огнеупоры» средней плотностью 658 кг/м³. Разработан бетон средней плотностью 1450 кг/м³ с пределом прочности при сжатии 20 МПа. Опытные образцы этого бетона прошли радиационно-термические испытания в ИРМ. Полученные результаты позволили использовать бетон в рабочем проекте шахты реакторной установки «Р. У. БРЕСТ-ОД-300», выполненном ФГУП НИКИЭТ, и в эскизном проекте шахты разработки ГУП НИИЖБ.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОГНЕУПОРНЫЕ ФОСФАТНЫЕ КЛЕИ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

© К. т. н. В. А. Абызов¹, Е. Н. Ряховский²

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

² ООО «Уралбоксит», г. Челябинск, Россия

Огнеупорные клеи, растворы и обмазки на основе фосфатных связующих отличаются от традиционных мертелей низкой температурой отверждения, более высокими адгезией, огнеупорными и прочностными характеристиками, а также термостойкостью. ООО «Уралбоксит» совместно с Южно-Уральским государственным университетом разработаны огнеупорные клеи на основе фосфатных связующих, дисперсных высокоглиноземистых огнеупорных наполнителей и легирующих добавок. В качестве наполнителей были применены дисперсные высокоглиноземистые отходы нефтехимической промышленности — отработанные катализаторы и отходы их производства с удельной поверхностью 3400–6500 см²/г, содержанием Al₂O₃ 70–95 %, что позволило снизить себестоимость материала и расширить сырьевую базу производства.

Клей представляет собой суспензию дисперсного огнеупорного порошка в жидкой фосфатной связке сложного состава с преобладанием кислых фосфатов алюминия и хрома; растекаемость по вискозиметру Суттарда не менее 250 мм. Материал сохраняет текучесть в течение 6–8 недель без заметной седиментации, что позволяет поставлять его потребителю в жидком виде, в пластиковой кислотоупорной таре. Установлено, что предел прочности клея при сдвиге после сушки составляет 1–2 МПа, после нагрева до температуры применения 4–6 МПа. Состав продуктов твердения после обжига представлен корундом и фосфатами алюминия в кристобалитовой и тридимитовой формах. Изучение огнеупорных свойств показало, что фосфат-

ный огнеупорный клей может использоваться в футеровке из различных штучных огнеупоров, эксплуатируемых до 1700 °С, а также в качестве обмазки с наполнителями из шамота и корунда. На фосфатный клей ОК-175 разработаны технические условия ТУ 1526-002-53829862-2001 «Клей огнеупорный», налажено промышленное производство.

Накоплен многолетний опыт использования фосфатного огнеупорного клея в арматурном слое футеровки промежуточных ковшей в ЭСПЦ-6 ОАО «Мечел» (г. Челябинск). После первого нагрева футеровка приобретает монолитность, повышается стойкость арматурного ряда; получен значительный экономический эффект. Применение клея ОК-175 для кладки вертикальных каналов, сводов и торцевых стен мартеновских печей ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» позволило исключить промежуточный локальный ремонт торцевых стен. Огнеупорный клей используется также при ремонте наиболее ответственных элементов нагревательных и термических печей (арок, сводов, заслонок) ОАО «Уралмашзавод». В ЗАО «Металлургический завод «Камасталь» замена шамотного мертеля на клей ОК-175 при ремонте нагревательных печей продлила межремонтные сроки более чем в 2 раза. Улучшаются теплотехнические показатели работы печей за счет повышения плотности швов. Проводятся испытания разработанных клеев в желобных массах; ведутся работы по совершенствованию состава клея и расширению областей его применения.

**ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ УГОЛЬНОЙ ПОДИНЫ
ВЫСОКОАМПЕРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА**

© Д. т. н. В. Ю. Бажин, Р. К. Патрин, Р. Ю. Фещенко

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

После запуска Богучанской ГЭС в Красноярском крае перед российским производителем алюминия (ОК РУСАЛ) стоит задача ввода первой очереди Богучанского алюминиевого завода с современными высокоамперными алюминиевыми электролизерами на 300 кА, который входит в состав энерго-металлургического объединения. Техничко-экономические показатели сверхмощного электролизера и его срок службы (1500–2000 сут) зависят от многих факторов, в том числе от качества угольных и огнеупорных материалов катода. Поэтому актуальной задачей является снижение динамики разрушения катодной футеровки при взаимодействии с электролитом и алюминием в течение всего срока эксплуатации.

Результаты анализа футеровки отключенных электролизеров большой мощности выявили, что главными причинами разрушения углеграфитовых материалов являются внедрение натрия (натриевое расширение) и неоднородная кавитационная выработка в зонах интенсивного движения расплава, что в основном обусловлено свойствами и качеством используемой угольной и огнеупорной футеровки. Одним из путей снижения кинетики интеркаляции натрия в угольной футеровке является упорядочение внутренней струк-

туры углерода, а также повышение плотности и электропроводности катодных блоков при увеличении степени их графитизации. В результате исследования подовых блоков доказано, что их износ в течение всего срока эксплуатации вызван в первую очередь электрохимическими процессами карбидообразования, кинетика которых изменяется за счет высоких скоростей расплава (механического износа подины).

Поэтому одним из факторов, определяющих повышение срока службы электролизера, является разработка технических и технологических мероприятий по снижению электрохимического воздействия на угольную подину. При разработке новой конструкции катодного устройства с эффективными защитными покрытиями необходимо решать вопросы, связанные с изменениями структуры и свойств угольных материалов (открытой пористости, кажущейся плотности, твердости, стойкости к пропитке). Кроме того, следует учитывать технологический режим электролизера (модифицирование электролита, изменение криолитового отношения, регулирование формы рабочего пространства, поддержание заданной плотности тока за счет стабилизации магнито- и газодинамических процессов).

**РАЗРУШЕНИЕ БОРТОВОЙ ФУТЕРОВКИ ВЫСОКОАМПЕРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА
В ПУСКОВОЙ ПЕРИОД**

© Д. т. н. В. Ю. Бажин, Р. Ю. Фещенко, Р. К. Патрин, А. В. Саитов

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

Задача увеличения срока службы алюминиевых электролизеров всегда важна как для производителей, так и для исследователей. Практика электролиза алюминия давно определила значения различных факторов, влияющих на срок службы катодной угольной и огнеупорной футеровки. С операциями обжига и пуска электролизера связано 25–30 % всех разрушений катода; не меньший вклад вносят конструкционные особенности и используемые материалы. По этой причине необходимо уделять большое внимание способам обжига и пуска для модернизированных подин современных электролизеров. При всем многообразии конструкций и типов электролизеров в настоящее время отсутствует единый научно обоснованный регламент обжига и пуска. Актуальным является решение этой проблемы в преддверии пуска строящихся Богучанского и Тайшетского заводов.

В течение 5–7 сут пускового периода футеровочные материалы находятся в непосредственном контакте с агрессивными компонентами расплава. На этом этапе происходит интенсивная пропитка футеровки натрием, активизируются побочные поверхностные электрохимические реакции, что приводит к деформации

и ухудшению свойств материалов футеровки. Активное использование карбидкремниевых блоков в качестве боковой футеровки частично решило вопрос поверхностного окисления для открытых участков, но вопрос химического взаимодействия блоков SiC в зоне контакта с расплавом изучен не до конца.

Исследование боковой футеровки SiC при аутопсии электролизера ОА300М1 методом электронной микроскопии поверхности показало определенный уровень пропитки по периметру катода на 55–60 %. В лабораторных условиях проведен эксперимент с вырезанными образцами карбидкремниевой футеровки, имитирующий температуру и длительность пускового периода. Картирование полученных образцов показало равномерное распространение натрия по объему пропитанной части, что подтверждает преобладание интеркаляционного воздействия над диффузионным обменом. Полученные результаты позволяют утверждать, что основная часть пропитки блоков SiC (на 70–80 %) происходит именно в пусковой период, при отсутствии защитной настыли. Это создает предпосылки для корректировки пускового режима с внесением поправок в заводские технологические инструкции.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВАКУУМАТОРОВ ОАО ММК
И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ**

© Е. В. Бурмистрова, Р. И. Абдрахманов, А. Ю. Игонин

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

Обобщен анализ результатов эксплуатации футеровки днищ циркуляционных вакууматоров кислородно-конвертерного цеха ОАО ММК. Результаты позволили выявить основные причины разрушения огнеупоров, такие как процессы пропитки изделий шлаком и металлом, химическое разъедание при взаимодействии со шлаком, термическое скалывание рабочего слоя футеровки огнеупора из-за изменения ее температуры в

процессе эксплуатации. Для улучшения эксплуатационных характеристик огнеупоров должны быть решены проблемы термической и коррозионной стойкости используемых материалов. Основные мероприятия были направлены на повышение цикличности работы вакууматоров, а также на подбор оптимального состава шлака, способствующего образованию поверхностного гарнисажа при эксплуатации футеровки.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**РАЗВИТИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА АРГОННЫХ ПРОДУВОЧНЫХ ПРОБОК
ТИПА BlueLine ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ RA-HA-GE**

© Э. Вебстер

Компания «RA-HA-GE Feuerfeste Erzeugnisse GmbH & Co. KG», г. Фирзен, Германия

Компания RA-HA-GE является широко известным в Европе производителем высококачественных вибролитых изделий, таких как продувочные пробки, шибберы и продувочные блоки, струегасители и т. д. На российском рынке инновационные решения и продукцию фирмы RA-HA-GE представляет ее многолетний партнер — компания «Энерготехсинтез». Из-за постоянно растущего спроса на чистые, высококачественные марки стали в настоящее время исследовательские разработки в Германии направлены на использование новых огнеупорных решений, к которым относятся продувочные системы RA-HA-GE, представленные высокотехнологичными алюмошпинельными пробками и блоками. Это важный шаг вперед по сравнению с традиционно используемыми системами в сталеразливочных ковшах. Использование продувочных пробок BlueLine во

многих случаях показало улучшение параметров продувки, включая снижение удельных затрат.

В докладе подробно представлена информация о конструкции продувочных пробок (расположение щелей, размеры щелей, расположение индикаторов и т. д.). Затем представлена информация об эксплуатационных свойствах продувочной пробки BlueLine — расход газа, время открытия пробки, проникновение металла в щели, повышение стойкости по сравнению с обычными пробками. Представляя передовые технологии и материалы фирмы RA-HA-GE в России, инженеринговая компания «Энерготехсинтез» осуществляет разработку проектов, поставку и техническое сопровождение продукции на всех этапах использования, обеспечивает расширенные гарантии по эксплуатации.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**ПРИМЕНЕНИЕ ГЛИНОЗЕМИСТЫХ ЦЕМЕНТОВ SECAR
В ПЛОТНЫХ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНАХ**

© П. Гудовских, К. Парр, К. Вохмаер

ООО «Кернеос», Москва, Россия

Плотные и теплоизоляционные огнеупорные бетоны для службы при температурах до 1500 °C часто изготавливают с применением глиноземистых цементов с содержанием Al_2O_3 около 40 %, таких как Ciment Fondu или Secar 38R, или с содержанием Al_2O_3 около 50 %, таких как Secar 51.

Ciment Fondu и Secar 38R часто используют в теплоизоляционных бетонах совместно с вермикулитом, керамзитом, перлитом или шамотным заполнителем. Предельная температура службы определяется главным образом свойствами заполнителя. Цемент Ciment Fondu или Secar 38R обладает высокой гидравлической активностью и обеспечивает быстрый набор прочности бетонного изделия или футеровки. Качество цемента играет особую роль при изготовлении именно легко-весных теплоизоляционных бетонов. Содержание цемента в таких бетонах может меняться в очень широких пределах — типичный диапазон от 40 до 70 %. Повышение количества цемента в легковесном бетоне приводит к росту его прочности и плотности. Очевидно, что качество бетона тем выше, чем он более прочен при сохранении своих теплоизоляционных свойств, т. е. при

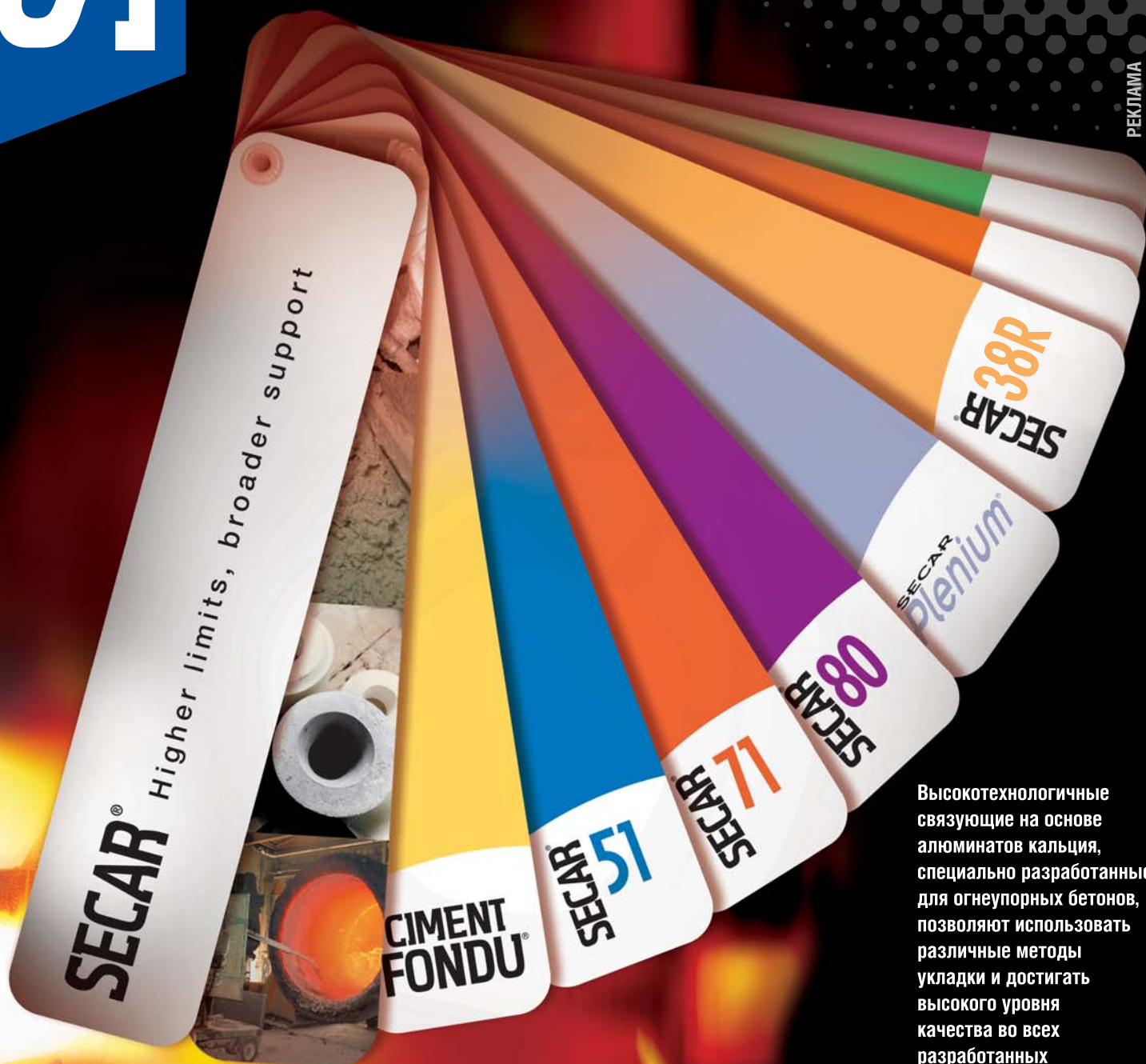
заданной плотности. Поэтому при разработке таких бетонов стремятся получить максимальную прочность при минимальной плотности. Наиболее высокий уровень свойств бетона удается получить при применении цемента Ciment Fondu. Вместе с тем достаточно хорошие свойства достижимы и при использовании цемента Secar 38R.

Цемент Secar 38R является экономичной альтернативой цементу Ciment Fondu и успешно применяется в менее ответственных агрегатах. Следует отметить, что глиноземистые цементы с низкой гидравлической активностью ни при каких условиях не могут обеспечить хорошего сочетания плотности и пористости бетона. Низкая гидравлическая активность таких цементов не позволяет достигнуть приемлемого уровня механических свойств. Как следствие, потребитель вынужден увеличивать содержание цемента в бетоне. Но при этом обязательно возрастает плотность бетона и его теплоизоляционные свойства могут оказаться ниже приемлемого уровня. Именно поэтому компания «Кернеос» уделяет особое внимание контролю фазового со-

SECAR®

ПОЛНЫЙ СПЕКТР ГЛИНОЗЕМИСТЫХ И ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ ЦЕМЕНТОВ

РЕКЛАМА



Высокотехнологичные связующие на основе алюминатов кальция, специально разработанные для огнеупорных бетонов, позволяют использовать различные методы укладки и достигать высокого уровня качества во всех разработанных системах

Посетите наш сайт: www.secar.net

Свяжитесь с нами по тел. (812) 448-94-58, факсу (812) 448-94-56,
e-mail: officekru@kerneos.com

 **kerneos™**
ALUMINATE TECHNOLOGIES

става своей продукции, что гарантирует качество цементов Secar 38R и Ciment Fondu.

Ситуация меняется кардинальным образом в тех случаях, когда легковесный бетон находится в непосредственном контакте с восстановительной газовой средой; содержание оксидов железа при этом является очень важной характеристикой бетона. Естественно, что нужно учитывать химический состав как заполнителей, так и глиноземистого цемента. Хорошим выбором оказывается цемент Secar 51 с содержанием Al_2O_3 около 50 % и оксидов железа около 2 %. При этом температура применения бетонов на основе Secar 51 может достигать 1500 °С и лимитируется, как правило, огнеупорностью легковесных заполнителей, а не цемента. Чрезвычайно высокая гидравлическая активность цемента Secar 51 обеспечивает быстрый набор прочности и очень высокий уровень механических свойств бетона на всех стадиях изготовления и эксплуатации. Соответственно, сочетание прочности и плотности теплоизоляционных бетонов на основе Secar 51 находится на исключительной высоте.

Кроме того, цемент Secar 51 часто выбирают для изготовления плотных огнеупорных бетонов с хорошей текучестью и высокой износоустойчивостью с температурой применения до 1500 °С или в условиях восстановительной газовой среды. Цемент Secar 51 демонстрирует отличные свойства при сухом торкретировании, обладает пониженной водопотребностью и обеспечивает высокую прочность бетонов даже без водоредуцирующих добавок. Кроме того, Secar 51 хорошо сочетается практически со всеми типами добавок, приме-

няемых для регулирования реологических свойств бетонов и срока схватывания. Это позволяет успешно применять Secar 51 в очень широком спектре плотных огнеупорных бетонов — как в самых простых, традиционных, так и в бетонах сложного состава со специальными свойствами.

Цементы Secar 38R и Ciment Fondu также широко применяют в плотных огнеупорных бетонах при 1200–1300 °С в окислительной или нейтральной газовой среде. Цемент Secar 38R хорошо зарекомендовал себя в традиционных бетонах с шамотными заполнителями. Как правило, такие бетоны не требуют введения каких-либо добавок, и их реологические свойства и характер твердения определяются качеством цемента. Важным следствием высокой гидравлической активности цемента Secar 38R является возможность проведения бетонных работ при пониженной температуре окружающей среды. Очевидно, что применение в таких условиях цементов с недостаточной активностью может привести к катастрофическим последствиям.

Как и в случае легковесных бетонов, для наиболее ответственных плотных огнеупорных бетонов с невысокой температурой применения можно рекомендовать глиноземистый цемент Ciment Fondu. Он успешно применяется как в простых традиционных бетонах без добавок, так и в более сложных системах за счет хорошего сочетания Ciment Fondu с большинством наиболее распространенных пластификаторов и регуляторов реологических характеристик и скорости твердения бетонов.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ООО «КОНСОЛИТ»

© Р. Х. Гумаров¹, к. т. н. Г. И. Астанина¹, д. т. н. Т. В. Кузнецова², д. т. н. Ю. Р. Кривобородов²

¹ ООО «Консолит», Москва, Россия

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

Компания ООО «Консолит», (в прошлом Опытный завод НИИцемента) делится опытом применения ряда сухих бетонных смесей, позволяющих покрывать температурный интервал от –30 до 2000 °С. Долговечность и качество смесей достигаются благодаря использованию собственных специальных цементов, позволяющих замещать дорогостоящие аналоги иностранных производителей без ущерба для потребительских свойств производимой компанией продукции. Приво-

дятся основные характеристики огнеупорных, ремонтно-строительных смесей, диапазон возможностей которых позволяет вести футеровочные, ремонтно-строительные, а также спасательные неотложные аварийно-восстановительные работы (СНАВР) в самых различных условиях, включая особо ответственные (объекты питьевого, промышленного водоснабжения, дороги, аэродромные покрытия дымовые трубы и т. п.).

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ПОВЫШЕНИЕ СЕРИЙНОСТИ РАЗЛИВКИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КОВШЕЙ СОРТОВОЙ МНЛЗ ККЦ ДО 100 ПЛАВОВ

© Д. В. Зотов, к. т. н. Р. Р. Гареев, А. М. Белоусов, А. Г. Зырянов, Д. В. Касьяненко

ОАО «Челябинский металлургический комбинат», г. Челябинск, Россия

В кислородно-конвертерном цехе ОАО ЧМК в эксплуатации находятся три сортовых МНЛЗ № 3, 4, 5. Разливка металла осуществляется открытой струей с применением системы SNC на МНЛЗ-3, с применением системы FNC на МНЛЗ-4 и разливка металла закрытой струей (стопорная разливка) осуществляется на МНЛЗ-5. Основные причины ограничения серийности при стопорной разливке металла — стойкость огнеупоров металлопровода и регламентированная серийность разливки

на определенные марки стали. Средняя стойкость футеровки промежуточных ковшей при этом виде разливки составляет 6,8 плавки, максимальная 14 плавов.

Стойкость промежуточных ковшей при разливке металла открытой струей ограничивается стойкостью торкрет-масс (основной износ по шлаковому поясу в зоне приема струи металла), а также стойкостью самого металлоприемника (износ его дна до арматурного слоя промежуточного ковша). Средняя стойкость футеровки

промежуточных ковшей в 2010 г. составляла 42 плавки, максимальная 62 плавки с полным износом торкрет-массы в районе шлакового пояса и 100 % -ным износом дна металлоприемника.

Для повышения стойкости промежуточных ковшей при разливке металла открытой струей в 2011–2012 гг. был внедрен ряд технологических мероприятий, направленных на увеличение ресурсной стойкости металлоприемников промежуточного ковша, снижение

агрессивного влияния шлаков промежуточных ковшей на торкрет-массу и, как следствие, на повышение стойкости торкрет-слоя. В результате этого средняя стойкость промежуточных ковшей при разливке металла открытой струей в 2012 г. составила 58 плавков, максимальная стойкость 100 плавков без критического износа арматурного слоя футеровки промежуточного ковша и с наличием ресурса футеровки металлоприемника.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ КОМПАНИИ «PROMAT» В МЕТАЛЛУРГИИ

© К. А. Калугин, М. П. Мишутин

Представительство компании «Promat GmbH», Москва, Россия

Компания «Promat» расширяет ассортимент выпускаемых микропористых теплоизоляционных материалов нового поколения для металлургии и печестроения. При применении теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью (например, 0,031 Вт/(м·К) при 600 °С) можно уменьшить толщину теплоизоляционного слоя в 2–3 раза, снизить энергозатраты и температуру на холодной стенке теплового агрегата. Применение микропористой теплоизоляции PROMALIGHT-1000 (новый бренд STEELFLEX-1000) в совокупности с керамоволокнистым картоном PROMAPACK-700 и теплоизоляционным изделием PROMATON на сталеразливочных ковшах ОАО НЛМК позволило снизить температуру обечайки сталеразливочного ковша на

80 °С, температуру поступающего расплава на 13 °С, уменьшить тепловые потери до 50 % и скорость остывания стали, повысить налив на 5 %. Теплоизоляция компании «Promat» применяется в зонах, в которых температура может достигать 1600 °С. Агрегаты, в которых применение теплоизоляции компании «Promat» особенно эффективно: сталеразливочные и промежуточные ковши, чугуновозные ковши типа «торпедо», нагревательные, кузнечные, методические/плавильные и индукционные печи, печи для термообработки. Компания «Promat» может бесплатно разработать теплотехнические проекты футеровки для различных тепловых агрегатов.

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО PROMAT GMBH
ДЕПАРТАМЕНТ «ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ»
РОССИЯ, 115477, МОСКВА, УЛ. КАНТЕМИРОВАЯ, 58
ТЕЛЕФОН: + 7 495 231 2798, ФАКС: + 7 495 231 7977
ИНТЕРНЕТ: WWW.PROMAT.RU, E-MAIL: HPI@PROMAT.RU

Promat
High Performance Insulation

PROMALIGHT® НАНОПОРИСТЫЕ ПЛИТЫ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ



- Снижение температуры оболочки на 45 °С
- Снижение температуры поступающего расплава на 13 °С
- Снижение скорости остывания с 0,71 до 0,63 °С/мин
- Увеличение стойкости арматурного слоя
- Уменьшение времени на ремонты
- Увеличение объема сталковша на 5 %

РЕКЛАМА

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ФУТЕРОВКИ
СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ**© А. Кондрукевич
ООО «ВПО Сталь», Москва, Россия

В настоящее время снижение удельных затрат на футеровку тепловых агрегатов при производстве стали — одна из важнейших задач металлургических предприятий, производящих сталь в странах СНГ. С другой стороны, металлургические предприятия осваивают производство новых марок сталей и, соответственно, огнеупоры должны быть адаптированы к новым условиям производства. Одним из важнейших агрегатов, влияющих на качество получаемой стали, является агрегат печь-ковш.

Современная разработка дизайна футеровки сталеразливочного ковша агрегата печь-ковш требует не только глубоких знаний технологии металлургических процессов, протекающих в сталеразливочном ковше, но и умения комплексно оценивать всю совокупность факторов, влияющих на систему разливки и обработки стали. Это под силу квалифицированным специалистам с богатым производственным опытом, каковыми являются сотрудники компаний «Corwintec Europe», Ltd и «ВПО Сталь».

Важнейшим показателем правильно разработанной футеровки является ее стойкость, которая в данном случае характеризует число смен агрессивных сред за кампанию сталеразливочного ковша. При эксплуатации футеровки сталеразливочных ковшей наиболее заметно выделяется ее неравномерный износ в различных зонах; наибольшему износу подвержены шлаковая зона и «бойная» зона дна. Следует отметить, что скорость износа футеровки в шлаковой зоне в 1,3–2,5 раза выше, чем футеровки в зоне стали, в зависимости от марки выплавляемой стали и технологии

внепечной обработки стали. Поэтому используются, как правило, два основных типа футеровок стен:

равностойкие — стойкость футеровки стен зоны стали и шлакового пояса одинаковая, характерный дизайн — ширина стен значительно меньше ширины шлакового пояса, коэффициент скорости износа (отношение скорости износа футеровки шлакового пояса к скорости износа футеровки зоны стали) менее 1,45;

с использованием ремонтных комплектов — опережающий износ футеровки шлакового пояса по отношению к футеровке зоны стали, характерный дизайн — использование ремонтного комплекта шлакового пояса (возможен также ремонт дна ковша), коэффициент скорости износа более 1,45.

Компания «ВПО «Сталь» совместно с компанией «Corwintec Europe», Ltd ведет постоянную работу по оптимизации обоих видов футеровок; достигнуты положительные результаты на сталеразливочных ковшах различной вместимости. Стойкость периклазоуглеродистой футеровки сталеразливочных ковшей составила 85–90 плавов стали рядового сортамента со средним количеством присадок FeCa до 7,0 кг/т и CaC₂ до 4,3 кг/т. Проведены также работы по изменению схемы футеровки ковшей с меньшей стойкостью, но с увеличенной вместимостью и исключением промежуточных ремонтов. Это позволило значительно уменьшить удельные затраты при увеличении вместимости сталеразливочного ковша, что особенно актуально для предприятий, в которых сталь обрабатывается в камерных вакууматорах.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**ИСПЫТАНИЕ МАГНЕЗИАЛЬНОШПИНЕЛИДНЫХ ОГНЕУПОРОВ
В МЕДЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ**© Д. Г.-м. н. В. А. Перепелицын, А. М. Гороховский, П. А. Карпец, Л. В. Остряков
ОАО «Динур», г. Первоуральск Свердловской обл., Россия

В 2011–2012 гг. в ОАО «Святогор» проведены сравнительные промышленные испытания ряда магнезиальношпинелидных изделий в футеровке отражательной печи для плавки медных концентратов на штейн. Испытуемые огнеупоры были следующие: ПШПЦ-80 производства ОАО «Динур», плавлено-литые С-104 производства фирмы RHI, спеченные периклазохромитовые ПХСУ производства ОАО «Комбинат «Магнетит». Изделия эксплуатировались в зоне загрузки печи в условиях температурных колебаний в пределах 1600–1200 °С. Оценку относительной износоустойчивости изделий осуществляли путем измерения остаточной толщины, визуального осмотра, комплексного материаловедения сформированной в процессе службы зональности и износа футеровки. Комплексное материаловедение традиционно включало проведение химического, минералого-петрографического, рентгенофазового анализов всех зон отработанных изделий.

В результате детального исследования установлено, что все разновидности испытанных огнеупоров в

целом имеют принципиально аналогичный механизм износа, включающий сочетание химической коррозии реагентами плавки и термического скалывания вследствие нестационарного теплового режима эксплуатации. Однако фактическое соотношение (доля участия) этих процессов в разрушении футеровки для каждого состава изделий неодинаково. В изделиях С-104 и ПХСУ явно преобладал износ термическим скалыванием вследствие недостаточно высокой термостойкости, а также в результате объемных изменений при поглощении оксидов железа и меди (сложное оксидное «разбухание»); последнее в наибольшей степени наблюдается в изделиях ПХСУ, содержащих до 45 мас. % хромшпинелида. Изделия ПШПЦ-80 подвергались химическому воздействию шлакового, сульфидного расплавов и циклическим термоударами, но интенсивность их перерождения и скорость износа значительно меньше, чем у изделий ПХСУ, особенно у изделий С-104.

В результате сопоставимых испытаний установлено, что относительная износоустойчивость магнезиальношпинелидных изделий в футеровке отражатель-

ной печи снижается в ряду: ПШПЦ-80 > ПХСУ > С-104. Химическая стойкость минералов этих огнеупоров уменьшается в ряду: плавная шпинель $MgAl_2O_4$ > > плавный хромшпинелид > хромшпинелид (природный) > периклаз > силикаты (форстерит). Пониженная коррозионная стойкость периклаза обусловле-

на его взаимодействием с фаялитовым шлаком и с оксидом меди (CuO) с образованием легкоплавкого соединения гюгенита $mCuO \cdot nMgO$. На основании результатов исследований сформулированы главные требования к огнеупорам повышенной стойкости для футеровки отражательных медеплавильных печей.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА НЕФОРМОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАТОДНЫХ УСТРОЙСТВАХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ КОМПАНИИ РУСАЛ

© Д. т. н. А. В. Прошкин¹, С. Я. Левенсон², В. В. Пингин¹, А. В. Морозов², И. А. Ярош¹

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

² Учреждение Российской академии наук «Институт горного дела» Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия

Современный уровень технологии производства первичного алюминия обуславливает необходимость снижения издержек и повышения конкурентоспособности предприятий алюминиевой отрасли за счет обеспечения более высоких экономических и экологических показателей. Одним из перспективных направлений решения этих задач является использование неформованных материалов при монтаже катодных устройств электролизеров для производства первичного алюминия. Эта технология выгодно отличается от технологии с применением кладки из формованных изделий сокращением времени монтажа футеровочных материалов, меньшими трудозатратами и возможностью рециклинга отработанных футеровочных материалов. Однако существующие в мировой практике результаты применения неформованных материалов неоднозначны и противоречивы, что обуславливает необходимость исследований в данном направлении.

Проведена работа по созданию и экспериментальной проверке работоспособности техники и технологии применения неформованных материалов при монтаже катодных устройств электролизеров производства первичного алюминия компании РУСАЛ и исследованию закономерностей изменения показателей работы опытных электролизеров в процессе их службы. Определены величины теплопроводности неформованных материалов в исходном состоянии и после различного срока службы, а также солевых линз в рабочем диапазоне температур. Представлены результаты лабораторных исследований на криолитоустойчивость различных неформованных материалов, в том числе алюмосиликатных. Полученные данные использованы при проведении математического моделирования теплообмена в катодном устройстве электролизера.

Показано, что профиль изотермы застывания проникающих через катодной блок фторсолей является одним из основных факторов обеспечения длительного срока службы электролизера. Установлено, что на ранних стадиях службы электролизеров положение изотермы температуры ликвидус зависит от состояния поровой структуры неформованных материалов и ее пропитки компонентами электролита, а на заключительной стадии — от величины образующейся солевой линзы и деформации теплоизоляции. Чем менее плотен материал исходного барьерного слоя, тем ниже его теплопроводность и хуже его химическая стойкость, тем сильнее (по мере пропитки пор фторосолями) изотерма смещается вниз и тем большее количество барьерного и теплоизоляционного материала оказывается в зоне высоких температур. При этом увеличивается риск деформации теплоизоляционных слоев и повышения их теплопроводности, что приводит к снижению

теплового сопротивления всей футеровки и перемещение изотермы в обратном направлении. Последнее сопровождается ростом кристаллов и объемными изменениями, вызывающими повреждение подовых блоков.

Химическая стойкость в гораздо большей степени зависит от пористости и распределения пор по размерам, чем от содержания кремнезема в исследованном интервале его изменения. Показано, что для достижения максимально возможной плотности неформованного материала наряду с обеспечением оптимального гранулометрического состава необходим соответствующий метод уплотнения.

Представлены результаты промышленных сопоставительных испытаний традиционно применяемых для инсталляции неформованных материалов виброплощадок BOMAG BP 25/48 и ТСС-ВП-20-4. Выявлено, что виброплита ТСС-ВП-20-4 обеспечивала более высокое и более однородное по длине уплотнение барьерного слоя. Однако достигаемая при этом пористость была все-таки недостаточна для обеспечения высокой химической стойкости. Поэтому в компании РУСАЛ совместно с ИГД СО РАН были разработаны оригинальная техника и технология монтажа современных электролизеров с использованием неформованных материалов, обеспечивающие высокое качество бесшовных барьерных слоев, пористость которых близка к пористости качественных изделий. Новый вибрационный уплотнитель неформованных материалов сочетал статический и динамический способы уплотнения. Он состоял из уплотняющих приспособлений для статической обработки, выполненных в виде катка с приводом и подсоединенного к катку блока динамической обработки — электрического или пневматического вибратора. Приведены технические характеристики разработанной установки, а также оптимальные режимы ее работы.

В ходе последующей эксплуатации были выявлены и подтверждены основные преимущества разработанной техники и технологии получения бесшовных слоев из неформованных материалов. Общая пористость уплотненного слоя алюмосиликатного состава составляла 17–18 %, что на 5–8 % оказалась ниже, чем у слоев неформованных материалов, уплотненных традиционными устройствами. При этом достигалось более однородное, чем при применении ТСС-ВП-20-4, уплотнение по длине барьерного слоя. Выявлено, что установка в отличие от виброплит может работать в сильных электромагнитных полях практически в беспылевом режиме, а качество получаемых слоев не зависит от квалификации оператора.

Для оценки эффективности технологии виброуплотнения неформованных материалов были подобра-

ны две группы ванн электролизеров С-175, С-255 и С-190, опытные и соответствующие им свидетели, уплотненные с применением виброплит и имеющие близкие даты пуска. Периодически 1 раз в квартал измеряли температуру кожухов в 17 точках по поверхности днища кожухов опытных электролизеров и электролизеров-свидетелей. Как показали результаты исследования динамики изменения температур кожухов, значения температур у опытных ванн были в начальный период службы выше, чем у ванн-свидетелей, примерно на 18 °С за счет более высокой теплопроводности и меньшей высоты слоя (количество материала было одинаковым). Однако в течение первого года службы эта разница сократилась до 5 °С, поскольку температура кожухов-свидетелей росла со скоростью примерно

10 °С/год, а температура опытных катодных устройств оставалась стабильной и даже имела тенденцию к снижению.

Таким образом, из-за более низкой пористости уплотненного материала и сохранения футеровочными материалами своих первоначальных теплофизических свойств опытные электролизеры имели более стабильные показатели. Технология получения высокоплотных барьерных слоев в ваннах электролизеров защищена патентами РФ. К настоящему времени с использованием разработанной техники и технологии выполнена футеровка более 200 электролизеров; накоплен фактический материал, подтверждающий эффективность разработанной техники и технологии.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ОПЫТ УВЕЛИЧЕНИЯ СТОЙКОСТИ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРОВ ККЦ-1 ОАО ЕВРАЗ ЗСМК

© К. Т. Н. В. В. Соколов¹, К. Т. Н. Л. М. Аксельрод³, Ю. Н. Сигута¹, М. С. Рогачёв², А. М. Коверзин¹, В. В. Дудин¹, С. С. Щипанов¹, А. В. Календа¹, К. Т. Н. М. Б. Оржеж⁴, В. В. Чекалов⁴, И. В. Рехтин⁴, А. В. Ильянкин⁵

¹ ОАО ЕВРАЗ ЗСМК, г. Новокузнецк, Россия

² ООО «ЕвразХолдинг», Москва, Россия

³ ООО «Группа «Мagneзит», Москва, Россия

⁴ ООО «Группа «Мagneзит», г. Новокузнецк, Россия

⁵ ООО «Мagneзит-торкрет-массы», г. Сатка Челябинской обл., Россия

Рассматривается технология эксплуатации периклазоуглеродистой футеровки кислородных конвертеров ОАО ЕВРАЗ ЗСМК, позволяющая достичь стойкости футеровки более 5500 плавов. Рассмотрены методы ухода за футеровкой, технология наведения шлакового гарнисажа, технологические параметры работы конвертеров. Произведен анализ затрат на эксплуатацию

футеровки, на основании которого сделаны выводы об экономической целесообразности достижения того или иного уровня стойкости конвертерных огнеупоров.

Анализ произведен на основе последней законченной кампании конвертера № 1 ККЦ-1, который прошел реконструкцию в 2011 г.

ОГНЕУПОРЫ В ТЕПЛОВЫХ
АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЙ
И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

КОНЦЕПЦИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧИСТОГО МЕТАЛЛА

© Р. Фехнер

Компания «Weerulin GmbH», г. Мюльгейм-на-Руре, Германия

Компания «Weerulin GmbH», Германия, разрабатывает и производит продукцию для футеровки металлургических агрегатов и предлагает различные неформованные и формованные огнеупоры, а также патрубки в сборе для RH-вакууматора. Техническое сопровождение проектов на территории РФ осуществляет инженеринговая компания ООО «Энерготехсинтез» — многолетний официальный представитель и партнер компании «Weerulin». Компания «Weerulin» производит различные бетоны для арматурного слоя футеровки промежуточных ковшей. Суперизолирующая торкрет-масса FOR ISO V наносится прямо на стальной ковш ковша. Для заливки арматурного слоя футеровки можно использовать саморастекающийся бетон на основе андалузита, боксита и циркония.

Для мокрого торкретирования компания «Weerulin» производит различные массы со специальными связующими, которые придают торкрет-массам особые эксплуатационные свойства. Благодаря новой суперизолирующей волокнистой системе торкрет-массы могут укладываться в слои толщиной до 150 мм. Благодаря использованию этих торкрет-масс можно обеспечить длительность разливки сортовой заготовки более 70 ч. Расширенные гарантии по стойкости поставляе-

мых огнеупорных материалов предоставляет компания «Энерготехсинтез». Вторым шагом для производства чистой стали в промежуточном ковше является регулирование потока. Компания «Weerulin» сконцентрировала свое внимание на контроле потока и уменьшении количества брызг в МНЛЗ. Результат этой работы — техническая инновация компании — запатентованный принцип струегасителя PowerDrum. Струегаситель PowerDrum технически уникален, так как совмещает решение обеих задач промежуточного ковша — уменьшение количества брызг, минимальный контакт с воздухом, выравнивание поверхности стали в условиях постоянного потока в процессе разливки. Компания предлагает полную инновационную концепцию для промежуточного ковша.

Компания ООО «Энерготехсинтез», продвигая на территории России передовые технологии и материалы компании «Weerulin», осуществляет разработку проектов, техническое сопровождение продукции на всех этапах ее использования, обеспечивает расширенные гарантии по эксплуатации и имеет возможность оказывать услуги от шеф-надзора до сервисного обслуживания любых металлургических агрегатов.