

Академик МАИН д. т. н. **С. Ш. Кажикенова** (✉)

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

УДК 666.762.091

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Использование дешевых местных сырьевых ресурсов (баритового и витезитового концентратов Карагайлинского месторождения, аркалыкской глины, боя хромитомангнетитовых изделий, отвального шлака медного производства, хромитовой руды и др.) позволяет создавать новые импортозамещающие огнеупорные материалы. 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, изделия из которых характеризуются высокими технико-экономическими показателями.

Ключевые слова: местное минеральное сырье, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), СВС-технологии, самоспекающаяся огнеупорная масса.

На протяжении всей истории человечества создание новых материалов и на их основе разнообразных изделий и конструкций всегда определяло прорыв в различных областях науки и техники и, как правило, составляло целую эру в мире технологий. Научная база, созданная трудами советских ученых Академии наук в период 1970–1980 гг., позволила открыть новое явление в области физики горения конденсированных систем.

Эра самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) началась с момента открытия профессором А. Г. Мержановым нового класса процессов гетерогенного горения в конденсированной фазе, происходящих на границе фаз и, что особенно важно, без участия газообразного кислорода [1, 2].

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез является одним из перспективных ресурсосберегающих и высокопроизводительных методов получения тугоплавких неорганических соединений, твердых сплавов и огнеупорных материалов. Он используется для получения тугоплавких неорганических слитков, изделий, покрытий с применением в качестве исходного сырья смеси оксидов металлов с металлическими восстановителями и неметаллами. Этим методом получены широкий круг литых карбидов и других твердых сплавов на их основе, ряд боридов, а также

некоторые силициды и интерметаллиды. Материалы были получены в основном из химически чистых реагентов, использование которых повышает себестоимость синтезируемых материалов. В связи с этим возникает необходимость проведения исследовательских работ, направленных на использование доступного сырья.

Интенсификация технологических процессов и инновационные пути развития различных отраслей промышленности предъявляют все более жесткие требования к огнеупорным изделиям, используемым для футеровки высокотемпературных агрегатов. На основании результатов предыдущих исследований, касающихся разработки научно-теоретических основ управляемого синтеза огнеупорных материалов и установления физико-химических фазовых равновесий, предложен ряд новых составов самоспекающихся огнеупорных масс, изделия из которых характеризуются высокими технико-экономическими показателями. Создана нетрадиционная технология получения формованных огнеупоров, основанная на протекании процесса в режиме СВС [3–6].

В целом создание технологии получения огнеупорных материалов из местного минерального сырья по СВС-технологии явится вкладом науки в решение задачи пополнения валютных ресурсов страны за счет организации импортозамещающих наукоемких производств. Использование дешевых местных сырьевых ресурсов (баритового и витезитового концентратов Карагайлинского месторождения, аркалыкской глины, боя хромитомангнетитовых изделий, отваль-



С. Ш. Кажикенова
E-mail: sauleshka555@mail.ru

Таблица 1. Характеристика самоспекающейся огнеупорной массы № 1

Номер состава	Содержание, мас. %					Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С	
	баритовый концентрат	алюминий	отвальный шлак медного производства	шамот	вода	500	1100
1	17,5	7,5	25	40	10	75	70
2	20	10	20	42	8	70	67
3	15	8	30	40	7	67	62
4	25	5	22	38	10	60	54
5	23	7	20	37	13	45	40

Таблица 2. Характеристика самоспекающейся массы № 2

Номер состава	Содержание, мас. %					
	баритовый концентрат	алюминий	хромомagneзит фракции	вода	хромитовая руда	открытая пористость изделий, %
1	14	7	50	7	22	8
2	12	6	50	6	26	8
3	8	5	49	5	33	9
4	5	3	49	7	36	10
5	3	2	48	4	43	10

ного шлака медного производства, хромитовой руды и др.) позволяет создать новые импортозамещающие огнеупорные материалы, испытание которых в лабораторных и полупромышленных условиях свидетельствует об увеличении продолжительности службы футеровки вельц-печей в среднем на 60 %. Преимуществом разработанных составов является использование производственных отходов, например не представляющего экологической ценности отвального шлака медного производства и дешевого местного природного сырья, что существенно удешевляет процесс получения огнеупорных изделий с высокими эксплуатационными характеристиками.

Состав № 1. Самоспекающаяся огнеупорная масса № 1 для изготовления огнеупорных изделий включает шамот, баритовый концентрат, алюминий, отвальный шлак медного производства и воду в качестве связки (табл. 1). Реакция самоспекаания происходит при взаимодействии окислителя баритового концентрата с восстановителем — алюминием:



Процесс самоспекаания экзотермической смеси протекает с большим выделением тепла, продукты реакции получают в расплавленном состоянии, поэтому в массу вводят наполнитель в виде отвального шлака медного производства и шамота. Температура самоспекаания экзотермической смеси колеблется в пределах 850–1850 °С.

Как показали результаты рентгеноструктурного и фазового анализов, содержание ок-

сида алюминия в огнеупорных изделиях из этой массы увеличивается более чем в 2 раза по сравнению с исходным его содержанием в массе. Следовательно, огнеупорность таких изделий будет возрастать. В частности, их предел прочности при сжатии при температуре 500 °С составил 45–75 МПа, при 1100 °С 40–70 МПа. Важно 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 следующего состава, мас. %: BaSO₄ 80, SiO₂ 7,5, Pb 0,15, Zn 0,1, дисперсность концентрата менее 20 мкм.

Состав № 2. Самоспекающаяся масса состава № 2 включает алюминий, бой хромомagneзитовых изделий фракции мельче 15 мм, хромитовую руду, баритовый концентрат, а в качестве связки — воду (табл. 2). Введение баритового концентрата в сочетании с боем хромомagneзитовых изделий фракции мельче 15 мм в состав самоспекающейся массы и присутствие в ней хромитовой руды и воды в виде связки снижает открытую пористость огнеупорных изделий.

Содержание воды в огнеупорной массе менее 4 мас. % делает ее рассыпчатой; следовательно, отсутствуют условия для проявления вяжущих свойств компонентов, входящих в огнеупорную массу. При содержании воды более

Таблица 3. Характеристика самоспекающейся огнеупорной массы № 3

Номер состава	Содержание, мас. %					Огнеупорность изделий, °С	
	баритовый концентрат	кремнезем	алюминий	шамот фракции, мм			вода
				<10	10–20		
1	17	27	7	17	17	15	1870
2	24*	27	8	13	13	15	1870
3	8	42	5	13	13	19	1870
4	24	25	2	17	17	15	1840
5	14	29	5	17	17	18	1850
6	21	29	8	13	14	15	1870
7	8	39	12	13	13	15	1870
8	30	25	3	13	14	15	1840
9	17*	25	7	18	18	15	1870

* Указана массовая доля витеритового концентрата, %.

* Указана массовая доля витеритового концентрата, %.

7 мас. % экзотермическая смесь при нагреве растрескивается; повышается открытая пористость огнеупорных изделий. Содержание наполнителя в огнеупорной массе диктовалось необходимостью устойчивого самоспекания экзотермической смеси, что способствовало получению огнеупорного изделия без пор и раковин. Состав рекомендуется применять для изготовления огнеупорных изделий в виде кирпича и плиток.

Состав № 3. Для придания массе № 3 связующих свойств смешивали баритосодержащий компонент (баритовый или витеритовый концентрат) с кремнеземом и водой (65–70 мас. % от общего ее количества), смесь перемешивали в течение 80–90 с (табл. 3). В полученную массу вводили алюминий, придавая ей пластичность и однородность, создавая тем самым технологические условия для загрузки зерен шамота мельче 10 мм. Масса впитывается и обволакивает зерна шамота при перемешивании 80–90 с, исключая тем самым в последующем образование трещин при термообработке и способствуя повышению огнеупорности и, следовательно, износоустойчивости огнеупоров. Последующую фракцию шамота 10–20 мм с оставшейся частью воды вводили при перемешивании в течение 80–90 с для повышения прочности массы до термообработки, обеспечивая более легкое формование, а также для придания товарной (лицевой) поверхности при закладке в форму и последующей термообработке при 850–900 °С в течение 15–20 мин.

Такая последовательность операций при изготовлении огнеупоров и использование дополнительно баритосодержащего компонента, кремнезема, алюминия, а также шамота фракций мельче 10 и 10–20 мм позволяет при термообработке при 850–900 °С в течение 15–20 мин и определенном массовом соотношении

реагентов в самоспекающейся огнеупорной массе получить изделия повышенной огнеупорности (1840–1870 °С), упростить и удешевить процесс, исключив трудоемкую операцию прессования, снизив расход электроэнергии и длительность термообработки, а также продолжительность технологического процесса в целом. Самоспекающаяся огнеупорная масса для изготовления изделий самовоспламеняется при 850–900 °С. Самоспекание массы происходит за счет экзотермических реакций между окислителями, баритосодержащим компонентом, кремнеземом и восстановителем — алюминием в течение 15–20 мин. Наполнителями являются шамот и кремнезем. Продукты горения получают в расплавленном состоянии, поэтому в состав огнеупорной массы вводят наполнитель — шамот, который помимо придания ей прочности при формовании и товарной поверхности играет роль разбавителя реагентов, снижая температуру спекания смеси до температуры твердых продуктов спекания. При этом получается прочной огнеупорный кирпич.

Опытно-промышленные испытания новых высокоэффективных огнеупорных материалов были проведены в ТОО «Корпорация Казахмыс», ТОО «Казцинк», АО «Миттал Стил Темиртау», АО «ЦентралАзияЦемент», филиале АО «Транснациональная компания Казхром» — Аксуский завод ферросплавов, ТОО «Ferrum-Vtor», ОАО «Старооскольский металлургический комбинат» и на других предприятиях Республики Казахстан и Российской Федерации. Результаты испытаний показали, что новые материалы по качеству не уступают, а по некоторым показателям превосходят огнеупорные материалы, производимые фирмами «DiDier» (Австрия) и «Betkerov» (Финляндия), снабжающими в настоящее время огнеупорами казахстанские металлургические

предприятия. Применение новых огнеупоров обеспечивает улучшение герметичности слоя между высокоогнеупорными изделиями и защитным слоем футеровки тепловых агрегатов за счет увеличения механической прочности (кирпичи свариваются в монолит), шлако- и металло-

устойчивости, термостойкости и огнеупорности. Использование их на предприятиях Республики Казахстан существенно увеличивает срок службы футеровки высокотемпературных металлургических агрегатов с получением значительного экономического эффекта.

Библиографический список

1. **Мержанов, А. Г.** Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Новые проблемы / А. Г. Мержанов ; под ред. Ю. М. Колотуркина. — М. : Химия, 1983. — С. 5–45.
2. **Мержанов, А. Г.** Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: 20 лет поисков и находок / А. Г. Мержанов. — Черноголовка, 1989. — 91 с.
3. **Кажикенова, С. Ш.** Теоретические аспекты создания высокоэффективных огнеупорных материалов на основе СВС-технологии / С. Ш. Кажикенова, О. А. Нуркенов, Б. Н. Сатбаев // Новые огнеупоры. — 2011. — № 2. — С. 30–37.
- Kazhikenova, S. Sh.** Theoretical aspects of the creation of highly efficient refractories on the basis of SHS technology / S. Sh. Kazhikenova, O. A. Nurkenov, B. N. Satbaev / Refractories and Industrial Ceramics. — 2011. — Vol. 52, № 1. — P. 55–60.
4. **Кажикенова, С. Ш.** Закономерности распространения фронта горения в самых простых безгазовых элементных СВС-системах / С. Ш. Кажикенова, Б. Н. Сатбаев, О. А. Нуркенов // Горный вестник Узбекистана. — 2011. — № 1 (44). — С. 93–97.

5. **Жарменов, А. А.** Разработка огнеупорных материалов по технологии СВС / А. А. Жарменов, Б. Н. Сатбаев, С. Ш. Кажикенова, О. А. Нуркенов // Новые огнеупоры. — 2011. — № 8. — С. 40–48.
- Zharmenov, A. A.** Development of refractory materials prepared by SHS technology / A. A. Zharmenov, B. N. Satbaev, S. Sh. Kazhikenova, O. A. Nurkenov // Refractories and Industrial Ceramics. — 2011. — Vol. 52, № 4. — P. 294–302.
6. **Жарменов, А. А.** Разработка новых огнеупорных материалов по СВС-технологии на базе сырьевых ресурсов Республики Казахстан / А. А. Жарменов, Б. Н. Сатбаев, С. Ш. Кажикенова, О. А. Нуркенов // Новые огнеупоры. — 2012. — № 6. — С. 47–55.
- Zharmenov, A. A.** Development of new refractory materials by SHS-technology based on Kazakhstan Republic raw material resources / A. A. Zharmenov, B. N. Satbaev, S. Sh. Kazhikenova O. A. Nurkenov // Refractories and Industrial Ceramics. — 2012. — Vol. 53, № 3. — P. 199–205. ■

Получено 12.02.13
© С. Ш. Кажикенова, 2013 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



ТЕРМООБРАБОТКА

Восьмая международная специализированная выставка

Единственная в России
выставка термического
оборудования и технологий

9 - 11 сентября 2014

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 5

9-10 сентября

Международная конференция
«ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ТЕРМООБРАБОТКИ»

Разделы выставки:

- ▶ новый раздел Внепечная местная и объёмная термообработка
- ▶ Промышленные печи: муфельные, вакуумные, плавильные, шахтные, камерные, электропечи
- ▶ Индукционный нагрев: генераторы индукционных токов, индукционные плавильные печи
- ▶ Оборудование для химико-термической обработки: азотирования, цементации и т.д.
- ▶ Размерная и поверхностная обработка: формообразование, напыление
- ▶ Лабораторные печи, сушильные шкафы
- ▶ Оснастка для термического оборудования
- ▶ Системы нагрева и газоснабжения, горелки, электронагревательные элементы

- ▶ Неразрушающий контроль, испытательное оборудование, измерительные системы
- ▶ Автоматизация термообработки, системы управления и регулирования
- ▶ Энергосберегающие технологии термических производств
- ▶ Диагностика, реконструкция и модернизация оборудования
- ▶ Закалочное оборудование, масла и среды

Информационная поддержка:




















Организатор:
Мир-Экспо

ООО «Выставочная компания «Мир-Экспо» | Россия, 115533, Москва, проспект Андропова, 22

Тел./факс: 8 499 618 05 65, 8 499 618 36 83

E-mail: info@htexporus.ru | Сайт: www.htexporus.ru | Твиттер: @htexpo_ru

