

УДК 541.053:546.669

**СВ-СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БОРАТОВОЙ РУДЫ ИНДЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РК****Р.Г. Абдулкаримова, Б. Милихат, К. Камунур, Д.А. Байсейтов, Н.Б. Кудьярова,
А.Д. Исагалиев, З.А. Мансуров**Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Институт проблем горения
г. Алматы, Казахстан, e-mail: Roza.Abdulkarimova@kaznu.kz**Аннотация**

Целью данного исследования является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) композиционных материалов с широким спектром фазового состава с использованием боратовой руды Индерского месторождения РК. Руды Индерского месторождения представлены в основном ашаритом, гидроборацитом и улукситом. Среднее содержание B_2O_3 в Индеровских рудах составляет 15-27,5% %, В связи с тем, что боратровая руда Индерского месторождения отличается значительным содержанием гипса, проведено обогащение исходного сырья, максимальное содержание оксида бора после обогащения руды составило 40 масс.%. СВ – синтез проводили в системах $TiO_2+B_2O_3+Al$, $TiO_2+B_2O_3+Mg$, $Cr_2O_3 + Al + B_2O_3$, $ZrSiO_4 + Mg + B_2O_3$, $TiO_2 + B_2O_3 + C + Mg$ (где B_2O_3 в составе боратовой руды). Для получения огнеупорных композиционных материалов количество диоксида титана, боратовой руды, алюминия и магния меняли в ходе экспериментов и рассчитывали с учетом стехиометрии и возможности оптимизации содержания магния и алюминия в исходной смеси компонентов для увеличения реакционной способности в реакциях алюмотермического и магнийтермического горения. Установлено влияние среды проведения СВС (воздух, аргон), предварительной механической активации до проведения СВ-синтеза на фазовый состав синтезированных композиционных материалов и макрокинетические характеристики процесса горения. Методом РФА в продуктах СВС определено присутствие высокотемпературных фаз – боридов титана, хрома, ванадия, циркония, оксидов алюминия и магния и их шпинелей. Методом электронной спектроскопии (SEM, EDAX) исследована микроструктура полученных материалов. Показана возможность использования боратов Индерского месторождения РК в качестве борсодержащего компонента при получении композиционных материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Ключевые слова: синтез, композиты, руды, фазовый состав, системы, горение

Введение

Среди многообразия огнеупорных и жаростойких композиционных систем благодаря своим уникальным свойствам особое место занимают материалы из нитридов, карбидов бора, диборидов металлов и смешанной керамики [1-2]. Они могут быть как основным продуктом, так и фазой в композиционных материалах. Такие материалы представляют интерес, поскольку способны выдерживать высокие температуры и работать в условиях агрессивных сред, быть хорошими теплоизоляторами с высокой прочностью и износостойкостью. Бориды переходных металлов обладают уникальным комплексом физико-химических свойств (высокой твердостью, жаростойкостью, жаропрочностью, высокой электро- и теплопроводностью, стойкостью к действию расплавленных металлов в соче-

тании с низким удельным весом, коррозионной, радиационной устойчивостью, износостойкостью) и находят широкое применение в качестве наиболее перспективных материалов во многих областях техники, машиностроения, электроники, энергетики. Однако сильные ковалентные связи, присущие фазам диборидов переходных металлов, приводят к низкой пластичности и невысокой прочности на изгиб и разрыв, что в значительной степени ограничивает область применения их в чистом виде. В связи с этим в настоящее время большое внимание уделяется технологии получения композиционных материалов на основе боридов переходных металлов в сочетании с более пластичными материалами, выполняющими роль связки. Так, например, оксид алюминия может играть роль высокотемпературного связующего и наполнителя, понижающего содержание дорогостоящего диборида в композиционных материалах.

Создание новых материалов с различным комплексом свойств нового уровня качества на базе широко распространенного сырья, в том числе и техногенного, в настоящее время определяется задачами научно-технического прогресса. Одним из основных источников борных руд Казахстана являются месторождения боратов Индерского месторождения. Руды Индерского месторождения представлены в основном ашаритом, гидроборацитом и улукситом. Среднее содержание B_2O_3 в Индеровских рудах составляет 15-17 %, сосредоточено в гипсовых шляпах, реже встречаются и более богатые руды (22-27,5%). Запасы месторождения «Индер» пригодны для открытой добычи, хотя частично обводнены. С целью получения концентрата с более высоким содержанием оксида бора проведено обогащение боратовой руды [3-6].

Известные методы получения подобных материалов характеризуются большими энергозатратами и высокой трудоемкостью. Использование самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) является одним из эффективных подходов при создании новых материалов [7-9].

Немаловажную роль при получении материалов в СВС - режиме играет предварительная механохимическая активация (МА), которая позволяет достичь высокой степени дисперсности частиц, изменить структуру, энергоемкость и, следовательно, обеспечить высокую реакционную способность материала [10,11].

Целью данного исследования является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) композиционных материалов с широким спектром фазового состава с использованием боратовой руды Индерского месторождения РК.

Экспериментальная часть

Поскольку боратова руда Индерского месторождения отличается значительным содержанием гипса, проведено обогащение исходного сырья. Схема по обогащению боратových руд Индерского месторождения включает следующие стадии [2-4]:

- ручная рудоразборка класса минус 100 +10 мм (удаляется гипс);
- измельчение рудной массы после рудоразборки до крупности 100 % -200 микрон;

- 4 стадии гидроциклонирования измельченной массы: - на гидроциклонах диаметром насадки $d = 350-200$ мм; $d = 100$ мм; $d = 50$ мм; $d = 25$ мм. Объединенные сливы гидроциклонов являются боратовым концентратом.

При определении степени обогатимости боратовой руды Индерского месторождения, в условиях максимально приближенных к техническому регламенту обогатительной установки поставлена задача получить боратовый концентрат с наиболее высоким содержанием B_2O_3 .

СВ – синтез проводили в системах $TiO_2+B_2O_3+Al$, $TiO_2+B_2O_3+Mg$, $Cr_2O_3 + Al+B_2O_3$, $ZrSiO_4 + Mg + B_2O_3$, $TiO_2 + B_2O_3 + C+Mg$.

Образцы готовили из шихты, содержащей алюминий марки ПА-4, магний, порошковый диоксид титана, оксид хрома(III), силикат циркония, оксид ванадия, боратова руда Индерского месторождения (содержание оксида бора до 30%)%. Восстановителем в процессах СВС являлся алюминиевый порошок марки ПА-4и магний. Образцы формировались на лабораторном прессе марки "Carver" при усилии 5 т размерами: диаметр (d) =15 мм, высота (h) =15 мм; $d =20$ мм, $h =20$ мм; $d =50$ мм, $h =25$ мм; $d =50$ мм, $h =50$ мм.

Образцы помещали в электрическую лабораторную печь СНОЛ и синтез проводили в режиме самовозгорания в интервале температур от 700 до 1000⁰С. Температура горения измерялась пирометрическим термо-метром Ircan Ultrimax Plus UX10P, который используется для измерения температуры от 600 до 3000 °С. Погрешность измерения температуры до 1500 °С составляет $\pm 0,5$ % от измеряемой величины, а в интервале 1500 ÷ 2000 °С – $\pm 1\%$. При измерении свыше 2000 °С погрешность возрастает до ± 2 % от измеряемой величины температуры.

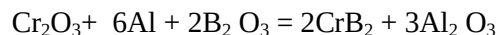
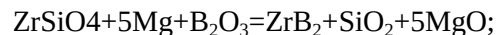
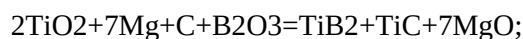
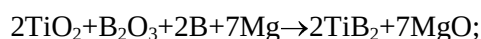
СВС проводили также в камере постоянного давления в атмосфере аргона при давлении 1 атм. Температура образца после инициирования процесса горения фиксировалась с помощью компьютера и специального программного обеспечения, которое в реальном времени считывает данные с вольфрам-рениевых термопар ВР5/20 с толщиной спая 200 мкм, для установки которых в образце просверливалось отверстие глубиной 6 мм и диаметром 2 мм. Предварительную механическую активацию проводили в высокоэнергети-

ческой планетарно-центробежной мельнице «Пульверизетте 5»

Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов проводили на дифрактометре «ДРОН-4М» с использованием кобальтового K_α -излучения в интервале $2\theta = 10^\circ-70^\circ$. Морфологию полученных образцов (SEM) изучали методом сканирующей электронной микроскопии (QUANTA 3D 200i, FEI, USA) electron.

Результаты и обсуждение

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез проводили в системах $TiO_2+B_2O_3+Al$, $TiO_2+B_2O_3+Mg$, $TiO_2 + Mg + C + B_2O_3$, $ZrSiO_4 + Mg + B_2O_3$, $Cr_2O_3+ B_2O_3+ Al$ по реакциям:



Для получения огнеупорных композиционных материалов количество диоксида титана, силиката циркония (циркон), бортовой руды, алюминия и магния меняли в ходе экспериментов и рассчитывали с учетом стехиометрии и возможности оптимизации содержания магния и алюминия в исходной смеси компонентов для увеличения реакционной способности в реакциях алюмотермического и магнийтермического горения. Исследованы закономерности горения в зависимости от содержания в составе шихты алюминия и магния (рисунок 1,2).

Как видно из рисунка 1, максимальная температура СВС зависит от содержания алюминия, но с увеличением количества алюминия более 30 масс % конечный продукт оплавляется и не сохраняет свою форму.

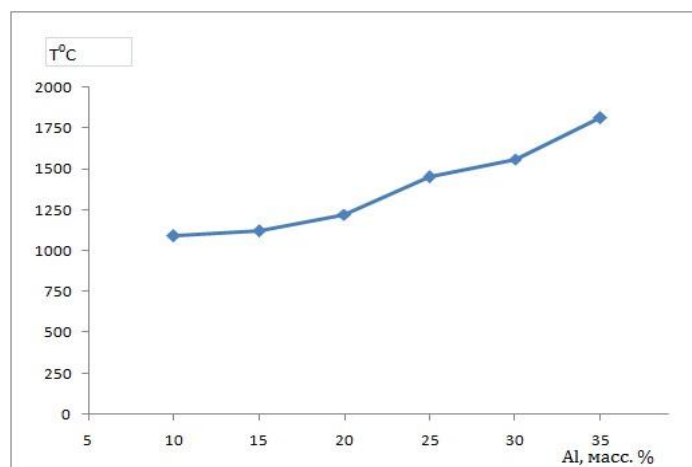


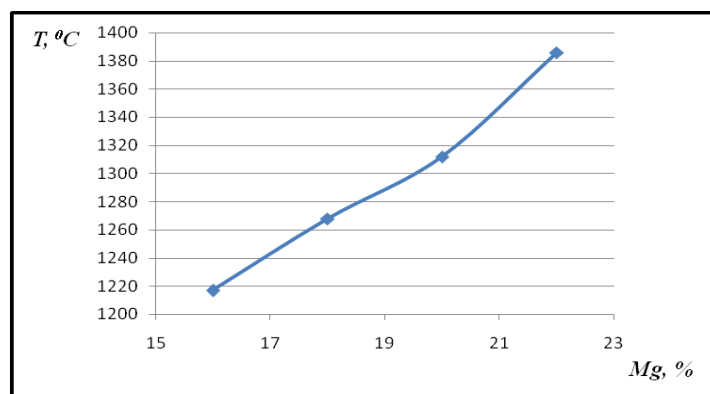
Рис. 1 – Зависимость температуры горения в системах $TiO_2+B_2O_3+Al$ от содержания алюминия

Из рисунка 2 видно, что температура горения повышается с увеличением содержания магния. Увеличение содержания магния более 25 масс.% для системы $TiO_2+B_2O_3+Mg$ приводит к изменению формы образца.

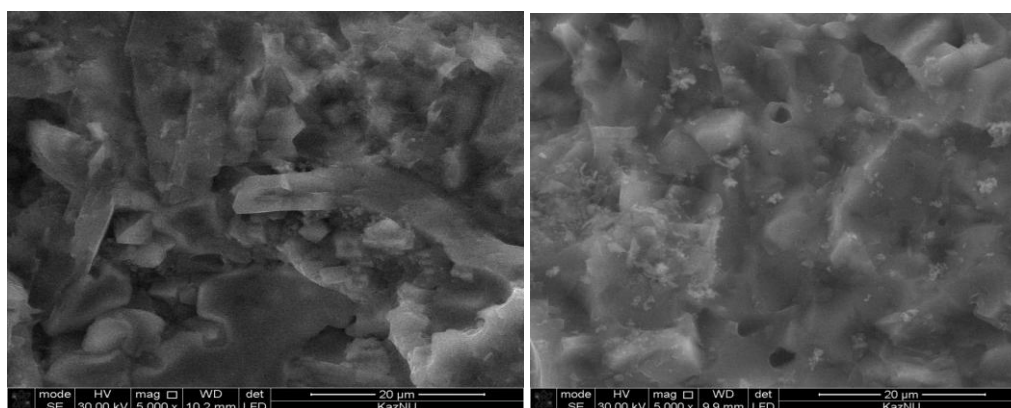
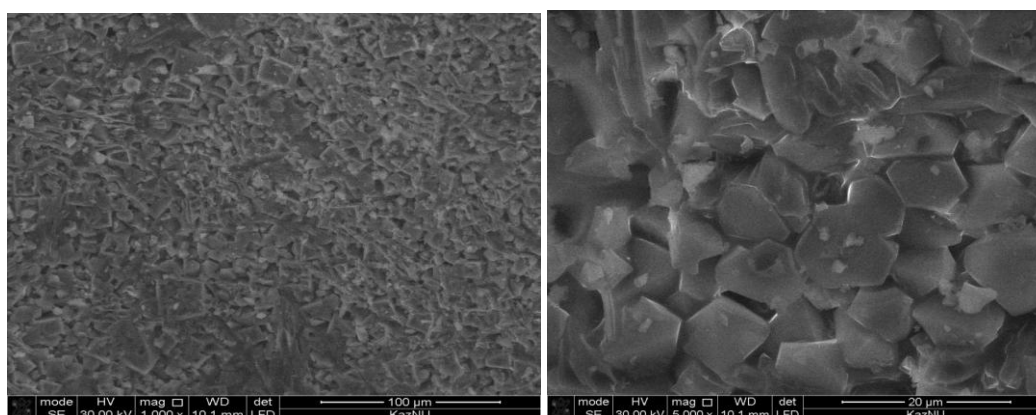
Проведен качественный и полуколичественный РФА состава продуктов СВС системы $TiO_2+B_2O_3+Al$ в зависимости от содержания алюминия (Таблица 1). Из таблицы 1 видно, что основными конечными фазами являются корунд и титанат алюминия, борид титана образуется в небольших количествах, имеются

также примеси сульфида кальция. В целом можно сделать вывод, что реакция в режиме горения прошла полностью, т.к в продуктах СВС не наблюдается исходных компонентов, представленные конечные фазы являются достаточно высокотемпературными, создают прочный каркас полученных образцов.

Представляло интерес электронно-микроскопическое исследование морфологии и структуры полученных композитов (Рисунок 3-4).

Рис. 2 – Зависимость температуры горения в системах $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Mg}$ от содержания магнияТаблица 1 - Продукты горения системы $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Al}$

Продукты	$\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Al}$ (Al % масс.)			
	30-50-20	30-45-25	30-40-30	19-17-64(стех)
$\text{Al}_2(\text{TiO}_4)_3$	39,4	38,1	40,2	43,1
Al_2O_3	21,2	26,0	29,7	30,3
$(\text{Ti})_2(\text{BO}_3)\text{O}$	24,0	22,5	17,1	15,8
CaTiO_3	5,6	4,3	5,1	4,9
TiB_2	4,9	4,2	3,4	1,2
CaS	4,8	4,9	4,5	4,7

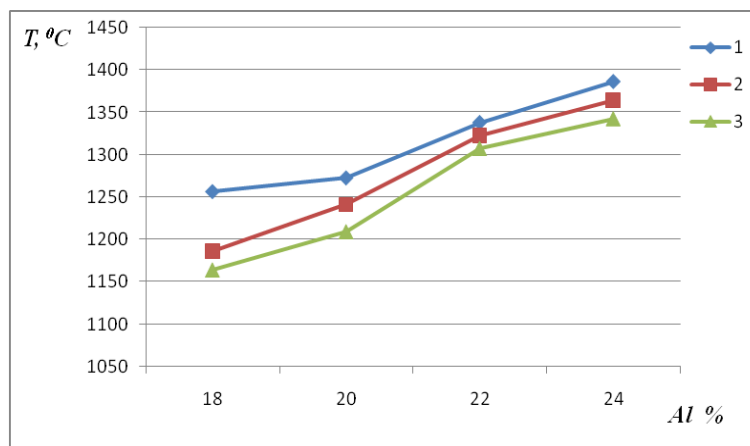
Рис.3 – Микроструктура продуктов СВС в системе $\text{TiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}$ Рис. 4 – Микроструктура продуктов СВС в системе $\text{TiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Mg}$

Как видно из рисунков 3,4, морфология их различная для разных систем, во всех случаях наблюдается кристаллическая структура. Продукты СВС системы $\text{TiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}$ представляют собой оплавленные кристаллиты корунда с включениями диборида титана. Структура композита, полученного с использованием магния, представляет собой упорядоченно расположенные кристаллы, в основном, оксида магния с вкраплениями, диборида титана и магнийалюминиевой шпинели.

В последнее время при получении композиционных материалов применяют предварительную механическую активацию шихты до СВ-синтеза, что приводит к более полному протеканию химических реакций в волне горения [10,11]. Исследовано влияние МА на фазовый состав и максимальную температуру СВС (рисунок 5,6.), рентгенофазовый анализ (РФА) состава продуктов СВС для системы $\text{Mg-TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3(\text{руда})\text{-C}$, где С-карбонизованная рисовая шелуха (КРШ) представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Продукты горения системы $\text{Mg-TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3(\text{руда})\text{-C(КРШ)}$

Состав шихты	Время МА, мин	Продукты СВС, %					
		Mg_2TiO_4	MgTiO_3	CaS	MgO	TiB_2	TiC
$\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{C (КРШ)} + \text{Mg (28\%)}$	-	32,4	2,8	9,4	34,9	10,5	10,0
$\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{C (КРШ)} + \text{Mg (28\%)}$	5	54,0	3,3	6,5	24,3	11,1	0,8
$\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{C (КРШ)} + \text{Mg (30\%)}$	-	39,9	9,8	5,6	32,2	5,5	6,9
$\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{C (КРШ)} + \text{Mg (30\%)}$	5	53,9	1,1	6,6	24,7	12,6	1,0
$\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{C (КРШ)} + \text{Mg (32\%)}$	-	48,0	3,6	6,0	30,3	2,3	-
$\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{C (КРШ)} + \text{Mg (32\%)}$	5	50,5	2,5	7,2	31,1	6,6	2,1



1 - 5 мин; 2.- 3 мин; 3- неактивированная система

Рис. 5 – Зависимость температуры горения в системах $\text{TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Al}$ от содержания алюминия и времени активации

Состав продукта СВС для системы $\text{Mg-TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3(\text{руда})\text{-C}$, в частности присутствие фаз TiC (температура плавления 3160 °C), TiB_2 (3230 °C), MgO (2825 °C), позволяет говорить о том, что полученные продукты обладают такими свойствами как: высокая твердость, жаростойкость. Как видно из таблицы 2, оптимальная массовая доля магния в шихте для данной системы 28-30 %, т.к. наблюдается образование боридов и карбидов титана.

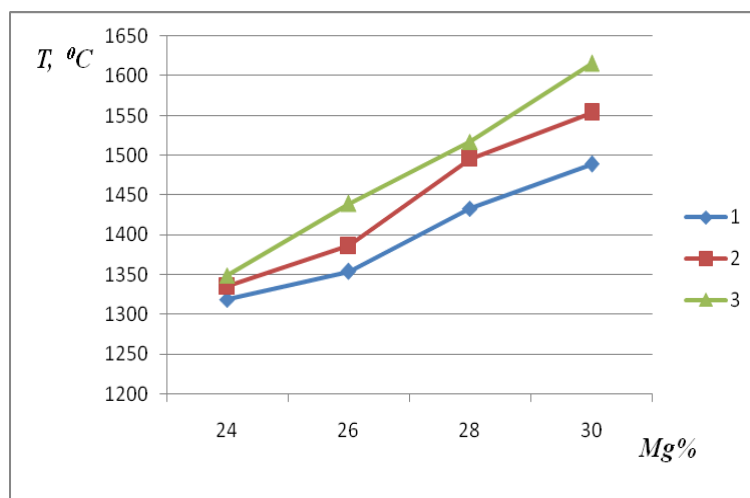
На рисунке 5 приведены зависимости температуры горения в атмосфере воздуха активированных и неактивированных систем от времени активации и содержания алюминия в смеси $\text{TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Al}$.

Как видно из рисунка 6, температура горения возрастает при увеличении содержания алюминия. Время предварительной активации шихты также влияет на температуру горения, чем больше время активации, тем выше тем-

пература горения, следовательно, более полно проходят реакции в волне горения.

Ускорение химической реакции при механической активации обусловлено «накач-

кой» в реагирующие вещества дополнительной (избыточной) энергии, которая накапливается в образующихся структурных дефектах.



1 - неактивированная система; 2 - 5 мин МА; 3 - 10 мин МА

Рис. 6 – Зависимость температуры на воздухе от содержания магния и времени активации системы $\text{ZrSiO}_4 - \text{Mg} - \text{B}_2\text{O}_3$

Избыточная энергия уменьшает активационный барьер химической реакции. Влияние избыточной энергии на скорость реакции - кинетический фактор ускорения химической реакции [10].

Проведен качественный и полуколичественный рентгенофазовый анализ состава продуктов СВС для всех исследованных систем. Продукты горения на примере системы $\text{ZrSiO}_4 + \text{Mg} + \text{B}_2\text{O}_3$ в зависимости от состава шихты и времени ме-

ханической активации представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что при МА, равном 3 минуты образуется наибольшее количество диборида циркония и высокотемпературного оксида магния, а в результате СВС образуются высокотемпературные фазы форстерита, оксида магния, диборида циркония, аналогичные результаты получены и для других исследованных систем.

Таблица 3 – Продукты горения системы $\text{ZrSiO}_4 + \text{Mg} + \text{B}_2\text{O}_3$

Состав шихты	Время МА, мин	Продукты СВС, %				
		$\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$ - Forsterite	$\text{Zr}_{0.875}\text{Mg}_{0.125}\text{O}_{1.87}$ 5MgO	MgO	CaS	ZrB ₂
$\text{ZrSiO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3 + 24\%\text{Mg}$	-	44,3	30,7	14,7	6,6	3,7
$\text{ZrSiO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3 + 26\%\text{Mg}$	-	38,1	27,6	21,2	8,1	5,0
$\text{ZrSiO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3 + 26\%\text{Mg}$	3	39,4	24,7	21,8	8,9	5,1
$\text{ZrSiO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3 + 26\%\text{Mg}$	5	38,9	26,2	23,3	8,6	3,0
$\text{ZrSiO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3 + 28\%\text{Mg}$	-	24,3	27,6	27,9	8,3	4,9
$\text{ZrSiO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3 + 28\%\text{Mg}$	3	34,3	22,6	27,7	8,4	7,1
$\text{ZrSiO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3 + 28\%\text{Mg}$	5	36,5	27,7	25,4	7,5	2,8
$\text{ZrSiO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3 + 30\%\text{Mg}$	5	36,4	22,4	28,4	7,7	5,2

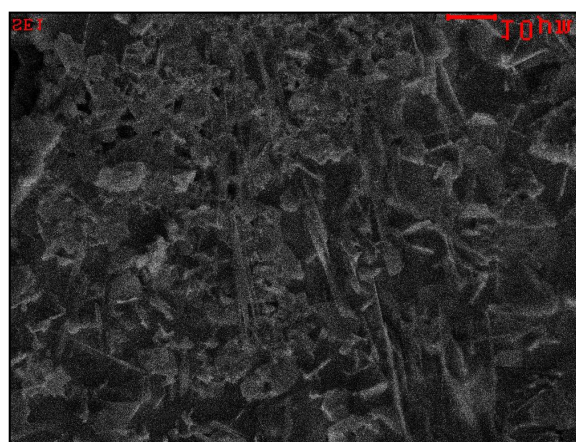
В ходе МА удельная поверхность шихты возрастает за счет измельчения частиц порошков, образования трещин, накопления микроструктурных и поверхностных дефектов.

Для МА СВС характерны более высокие значения тепловыделения и скорости тепловыделения, высокая химическая и структурная однородность продуктов синтеза. Поэтому применение МА на стадии предварительной обработки слабо экзотермических и трудно зажигаемых смесей для осуществления синтеза в режиме

горения, в частности в технологии силового СВС-компактирования, значительно расширяет класс получаемых керамик и композитов [11].

Методом электронной микроскопии исследованы морфология, структура и состав всех конечных продуктов СВС исследованных систем (рисунок 5,7,8).

На рисунке 7, в качестве примера приведены результаты исследования состава и морфологии продуктов СВС для системы $\text{ZrSiO}_4 + \text{Mg} + \text{B}_2\text{O}_3$ (боратовая руда).



Element	Wt%	At%
BK	58.91	72.91
CK	10.67	11.88
OK	9.33	7.80
MgK	6.87	3.78
SiK	1.14	0.54
ZrL	7.43	1.09
SK	1.78	0.74
CaK	3.47	1.16
FeK	0.42	0.10
Matrix	Correction	ZAF

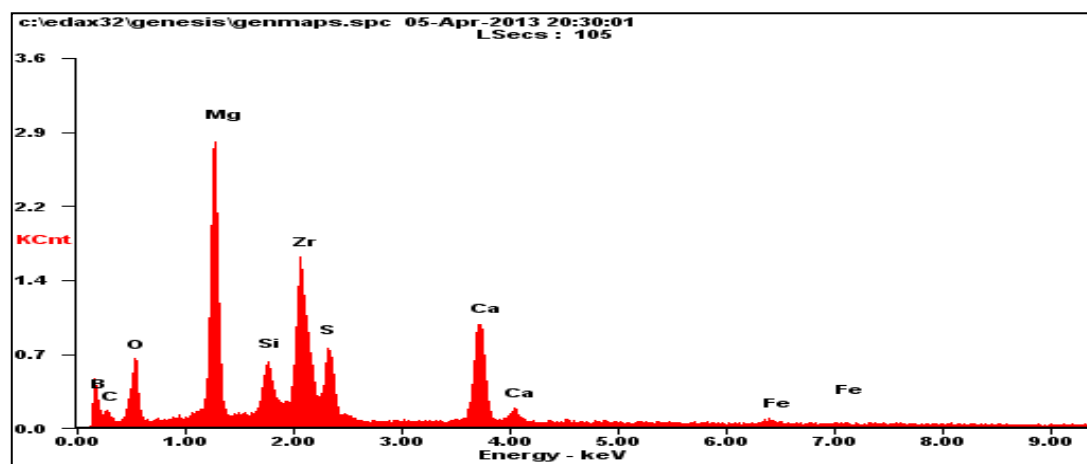


Рис. 7 – Микроструктура и элементный анализ (SEM) продуктов СВС системы $\text{ZrSiO}_4 + \text{Mg} + \text{B}_2\text{O}_3$ (боратовая руда)

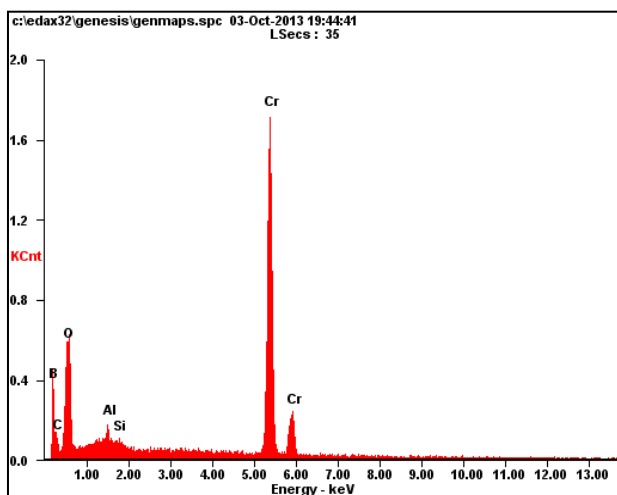
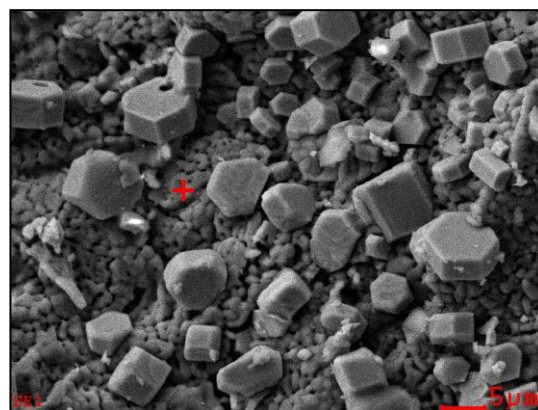
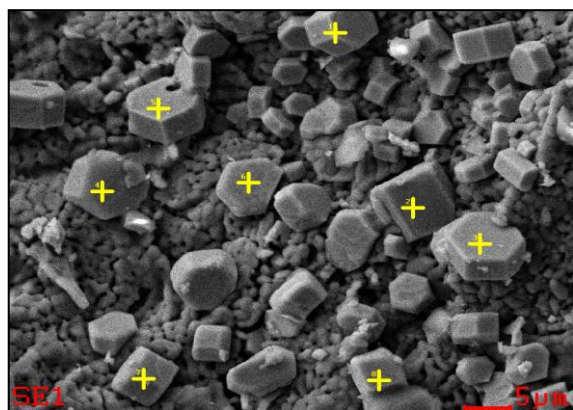
Из рисунка 7 видно образование кристаллических различных фаз продуктов горения. Элементный состав подтверждает результаты рентгенофазового анализа продуктов СВС, который показал образование диборида циркония, оксида магния, форстерита, наличие соединений

кальция можно объяснить содержанием небольшим содержанием гипса в исходной боратовой руде.

Интересные электронномикроскопические снимки получены для системы $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ (боратовая руда) + Al (рисунок 8). На рисунке 8 представлен анализ фрагментов про-

дуктов СВС данной системы. Наблюдаются кристаллы правильной кубической и гексагональной структуры, элементный анализ, которых соответствует в большей степени бору и хрому, т.е бориды хрома -CrB, CrB₂ (рисунок 8а). Между правильными геометрическими

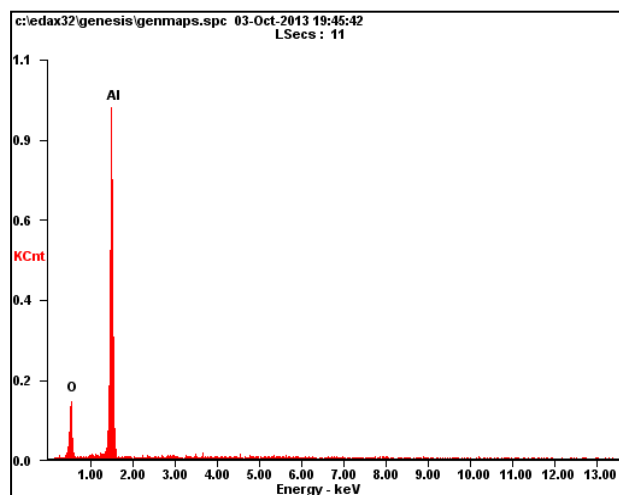
формами находится фаза корунда (оксид алюминия), что подтверждается элементным анализом (рисунок 8б). По-видимому, матрицей полученного композиционного материала является корунд, тесно связанный с фазами боридов хрома.



Element	Wt%	At%
BK	51.86	76.12
CK	5.28	6.98
OK	5.41	5.36
AlK	0.34	0.20
SiK	0.08	0.04
CrK	37.04	11.30
Matrix	Correction	ZAF

а

а – бориды хрома



Element	Wt%	At%
OK	26.52	37.84
AlK	73.48	62.16
Matrix	Correction	ZAF

б

б – оксид алюминия

Рис. 8 – Микроструктура продуктов СВС и элементный анализ (SEM) системы Cr₂O₃+B₂O₃ + Al (боратовая руда)

Следует отметить, что результаты электронномикроскопические исследования подтверждают результаты РФА для изученных систем.

Заключение

Таким образом, в результате исследований получены многокомпонентные СВС-композиционные материалы в системах $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Al}$, $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Mg}$, $\text{TiO}_2 + \text{Mg} + \text{C} + \text{B}_2\text{O}_3$, $\text{ZrSiO}_4 + \text{Mg} + \text{B}_2\text{O}_3$:

Показана возможность использования боратов Индерского месторождения РК в качестве борсодержащего компонента при получении композиционных материалов методом СВС.

Исследованы закономерности горения в зависимости от состава шихты и условий проведения СВ-синтеза.

Установлено влияние предварительной механической активации до проведения СВ-синтеза на фазовый состав синтезированных композиционных материалов.

Исследованы макрокинетические характеристики процесса СВ-синтеза изученных систем.

Литература

1. Самсонов Г.В., Серебрякова Г.Н., Неронов В.А. Бориды. - М.: Атомиздат, 1975. - 376 с.
2. Нечепуренко А.С., Кнышев Э.А. Свойства композиционных материалов на основе боридов металлов, полученных методом СВС. /Сб. Проблемы технологического горения. - Черноголовка, 1981.
3. Дияров М.Д., Каличева Д.А., Мещеряков С.В. Природные богатства Индера и их использование. - Алма-Ата: Наука, 1981.-102 с.
4. С. Э. Фридман, О. К. Щербаков, Н. Я. Еремин Основы обогащения руд и углей и окускования концентратов.- М.: Недра, 1991. - С. 139-166.
5. Справочник. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования. Под редакцией Остапенко П.Е. - М.: Недра, 1990.- 240 с.
6. Позин М.Е. Технология минеральных солей.-М.: Недра, 1973.-396с.
7. Е.Левашов, А.С.Погачев, В.В.Курбаткина, Ю.М.Максимов, В.Ю.Юхвид Перспективные материалы и технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.- М.: - 2011.- 378 с.
8. Mansurov Z.A., Abdulkarimova R.G., Mofa N.N., Umarova N.K. and Shabanova T.A. SHS of Composite Ceramics from Mechanochemically Treated and thermally Carbonized SiO_2 Powders // International journal of Self – Propagating high-Temperature Synthesis- 2007.- Vol.16, №4.- P. 213-217.
9. Umut Demircan, Bora Derin, Onuralp Yucel, Effect of HCl concentration on TiB_2 separation from a self-propagating high-temperature synthesis (SHS) product. // Materials Research Bulletin.-, 2007, vol.42. - P.312-318.
10. Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий / под ред. Е.Г. Авакумова. - Новосибирск: Наука, 2009. – 342 с.
11. Корчагин М.А., Григорьева Т.Ф., Бохонов Б.Б., Шарафутдинов А.П., Баринова, Ляхов Н.З. Твердофазный режим горения в механически активированных СВС-системах. 1. Влияние продолжительности механической активации на характеристики процесса и состав продуктов горения.// Ж. Физика горения и взрыва, 2003, т. 39, № 1. - С. 51-68.

SH-SYNTHESIS OF COMPOSITION MATERIALS USING BORATE ORE OF INDER DEPOSIT OF RK

Abdulkarimova R.G., Mylyhat B, Kamunur K, Baiseitov D.A.,
Kudyarova N.B., Isagaliev A.D., Mansurov Z.A.

Abstract

The aim of this investigation is self propagating high temperature synthesis (SHS) of composition materials with a wide range of phase composition using borate ore of Inder deposit of RK. The ores of Inder deposit are represented mainly by asharite, hydroboracite and ulexite. The average content of B_2O_3 in Inder

ores makes up 15-27,5%. In relation to the fact that borate ore of Inder deposit is distinguished by a considerable content of gypsum, the initial raw materials was concentrated, maximum content of boron oxide after concentration of ore made up 40 mass.%. SH-synthesis was carried out in the systems $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Al}$, $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Mg}$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{B}_2\text{O}_3$, $\text{ZrSiO}_4 + \text{Mg} + \text{B}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{C} + \text{Mg}$ (where B_2O_3 in the composition of borate ore). To produce refractory composition materials, the amount of titanium dioxide, borate ore, aluminium and magnesium was varied in the course of experiments and calculated taking into account stoichiometry and possibilities of optimization of magnesium and aluminium content in the initial mixture of components in order to increase reactivity in the reactions of aluminothermal and magnesiumthermal combustion. The effect of SHS medium (air, argon), the preliminary mechanical activation before SHS-synthesis on the phase composition of the synthesized materials and macrokinetic characteristics of the combustion process was stated. The presence of high temperature phases- borides of titanium, chromium, vanadium, zirconium, oxides of aluminum and magnesium and their spinels were determined in SHS products by X-ray phase analysis. The microstructure of obtained materials was studied by the method of electron spectroscopy (SEM, EDAX). The possibility using of borates of Inder deposit of RK as a boron containing component for production of composition materials by the method of self propagating high temperature synthesis was shown.

КОМПОЗИЦИОНДЫ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚР ИНДЕР ҚАЙНАР КӨЗІНІҢ БОРАТТЫ КЕНДЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЖҮРГІЗІЛГЕН ӨЗДІГІНЕН ТАРАЛАТЫН ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАДЫҒЫ СИНТЕЗ

Р.Г. Абдулкаримова, Б. Милихат, К. Камунур, Д.А. Байсейтов, Н.Б. Кудьярова,
А.Д. Исағалиев, З.А. Мансуров

аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Жану мәселелері институты
Алматы қ., Қазақстан, e-mail: Roza.Abdulkarimova@kaznu.kz

Аннотация

Жұмыстың негізгі мақсаты, фазалық құрамды кең көлемді спектрмен, ҚР Индер қайнар көзінің боратты кенерін қолдану арқылы композициялық материалдарды өздігінен таралатын жоғары температурада синтездеу болып табылады. Индер қайнар көзінің негізгі кендері – ашарит, гидроборатит, улесит болып табылады. Индер кенінде B_2O_3 – тің орташа мөлшері 15 -27,5% - ды құрайды. Осыған байланысты Индер қайнар көзінің боратты кені құрамында гипстің бар болуымен ерекшеленеді, бастапқы шикізатқа байыту жүргізілгеннен кейін оның ең жоғарғы мөлшері 40 % - ды құрады. Өздігінен таралатын жоғары температурадағы синтез мына жүйеде жүргізілді: $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Al}$, $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Mg}$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{B}_2\text{O}_3$, $\text{ZrSiO}_4 + \text{Mg} + \text{B}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{C} + \text{Mg}$ (мұндағы B_2O_3 борат кенінің құрамында). Жану үрдісінің макрокинетикалық сипаттамасына және синтезделген композициялық материалдардың фазалық құрамына арналған өздігінен таралатын жоғары температурадағы синтезді (ауа, аргон) жүргізуге әсер ететін орта таңдап алынды. Жоғары температурадағы фазада – титан боридінің, хромның, ванадидің, цирконидің, алюминий оксидінің және магний мен шпинельдің қатысуында өтетін, өздігінен таралатын жоғары температурада синтезделген өнімдер Рентген құрылымдық талдау әдісімен анықталды. Алынған заттардың микроқұрылымы электронды спектроскопия (SEM, EDAX) әдісімен зерттелді. ҚР Индер қайнар көзіндегі бораттарды, композициялық материалдарды өздігінен таралатын жоғары температурадағы синтез әдісімен алу кезіндегі бор құрамды компоненттердің сапасы ретінде қолдануда мүмкіндік көрсетті.