

oxide/chitosan beads as an efficient adsorbent for dyes and heavy metal ions removal. *Molecules*, 2021, vol. 26, no, 20, pp. 6127.

УДК 666.7

З.А. Бабаханова¹, Х.Н. Акбарходжаева², Ш. Содикова¹

¹Ташкентский химико-технологический институт

²Ташкентский медицинский педиатрический институт
Ташкент, Узбекистан

СИНТЕЗ КОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация. Изучена возможность получения технической керамики корундового состава с использованием кремний-органических связок. Введение силикона способствует образованию шпинели и силлиманита при более низких температурах и спеканию керамических образцов при 1500 °С.

Z.A. Babakhanova¹, Kh.N. Akbarkhodjaeva², Sh. Sodiqova¹

¹Tashkent Institute of Chemical Technology

²Tashkent Medical Pediatric Institute
Tashkent, Uzbekistan

SYNTHESIS OF CORUNDUM CERAMICS USING THERMOSETTING POLYMER COMPOUNDS

Abstract. The possibility of producing technical ceramics of corundum composition using silicon-organic binders has been studied. The introduction of silicone promotes the formation of spinel and sillimanite at lower temperatures and sintering of ceramic samples at 1500 °C.

Керамические материалы технического назначения демонстрируют широкий спектр свойств, которые обеспечивают их использование во многих отраслях промышленности. Использование технической керамики в быту включает в себя изготовление огнеупорной и термостойкой посуды, керамических поверхностей плит, линз, бытовой электроники, микроволновых преобразователей; в автомобилестроении они используются при изготовлении каталитических нейтрализаторов, керамических фильтров, датчиков подушек безопасности, керамических роторов, клапанов, свечей

зажигания, датчиков давления, термисторов, датчиков вибрации, кислорода, защитных стекол, поршневых колец.

В аэрокосмической промышленности техническая керамика используется в защитных элементах космических челноков, тепловых барьерах, высокотемпературных стеклопакетах, топливных элементах; в медицине широко используется биокерамика - при ортопедической замене суставов, протезировании и восстановлении зубов, в виде костных имплантатов; при изготовлении компьютеров керамика используется в виде изоляторов, резисторов, сверхпроводников, конденсаторов, сегнетоэлектрических компонентов, микроэлектронной упаковки.

Наибольшее распространение получили изделия из корунда, отличающиеся широкой распространенностью основного сырья, устойчивостью и стабильностью физико-химических свойств. В частности, технический глинозем традиционно является одним из основных видов сырья для производства корундовой керамики. Порошок технического глинозема представляет собой шарообразные (сферолитные) агломераты кристаллов γ - Al_2O_3 размером менее 0,1 мкм. Средний размер сферолитов составляет 40–70 мкм.

В технологии керамики на основе Al_2O_3 широко применяют также белый электроплавленный корунд, который получают путем плавки в электрических дуговых печах технического глинозема. Содержание α - Al_2O_3 в белом электрокорунде составляет 98% и более.

Все порошки Al_2O_3 , независимо от технологии их получения, перед формованием подвергают прокаливанию при температуре 1500°C с целью обезвоживания и перевода в устойчивую, более плотную α -модификацию.

Для оксида алюминия при отсутствии модифицирующих добавок характерны следующие фазовые превращения: $(\eta, \gamma)\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \delta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \theta\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ [1]. Метастабильные фазы оксида алюминия при высоких температурах превращаются в стабильную фазу α - Al_2O_3 (корунд). Формирование α - Al_2O_3 в зависимости от совокупности факторов лежит в интервале температур 900–1350°C, после чего следует быстрый рост пористых зерен α - Al_2O_3 до микронного размера и более за счет процесса рекристаллизации [2]. Чем выше температура и продолжительность спекания, тем больше размер кристаллитов α - Al_2O_3 . Кроме того, присутствие некоторых соединений, например Y_2O_3 [3], также способствует укрупнению зерен корунда. Для получения материалов с высокой прочностью требуется ограничивать рост зерен, снижать пористость и улучшать спекание. Это достигается введением

специальных добавок, правильным выбором и строгим контролем режима термообработки.

Следует отметить, что свойства технических керамик, в особенности механические, в решающей степени зависят от технологии получения исходного сырья, компактирования и спекания изделий. Поэтому материалы одного и того же химического состава, но полученные различными способами, могут иметь качественно разные уровни физико-химических и механических характеристик и самые разнообразные области применения.

Для получения корундовой керамики с требуемой плотностью и прочностью возможно использование различных методов: введение спекающих добавок, кристаллизация аморфного образца при термообработке; конденсация из газовой фазы на холодную подложку или быстрая закалка расплава; метод твердофазной аморфизации. Особый интерес представляют исследования по влиянию кремний-органических соединений на процессы спекания корундовой керамики.

С целью получения изделий технической керамики были рассчитаны составы, в соответствии с требованиями к марке КС-95 (корундовые средне-плотные с содержанием Al_2O_3 - более 95) согласно ГОСТ 24704-94; корундовые и корундовые с добавками (с содержанием Al_2O_3 - более 90 и 80 % соответственно) - по ГОСТ 28874-2005 с использованием электрокорунда производства Казогнеупор. В качестве модификаторов процесса кристаллизации корундовой керамики были выбраны оксид магния, диоксид циркония, оксид кремния. Введение указанных оксидов в корундовую шихту способствует снижению температуры спекания и изменению характера кристаллизации корундовой керамики при спекании.

В качестве терморепактивной связки при получении керамических материалов были использованы кремний - органические соединения, в частности фенилметил полисилоксан Н44 SILRES® (SILRES®, Wacker Chemie GmbH, Munchen, Germany). Химический состав обожженных керамических образцов приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав обожженных керамических образцов на основе электрокорунда

№ сост.	Содержание оксидов, мас. %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	По ГОСТ 24704-94
1-1	1,92	95,66	0,44	0,18	1,80	Al ₂ O ₃ > 95; Fe ₂ O ₃ < 0,6 (КС-95)

1-2	3,83	90,71	0,69	0,21	4,56	$Al_2O_3 > 90; Fe_2O_3 < 0,8$ (КС-90)
1-3	8,21	79,59	0,95	0,30	10,95	$Al_2O_3 > 72; Fe_2O_3 < 1,5$ (КС-72)

При обжиге керамических образцов, полученных на основе электрокорунда при 1500°C основными кристаллическими фазами являются α -корунд (гексагональная сингония, ромбоэдрическая форма) и шпинель (кубическая сингония), с небольшим содержанием силлиманита Al_2SiO_5 (орторомбический). Минералогический состав синтезированных материалов приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Минералогический состав синтезированных керамических образцов на основе электрокорунда, обжиг при 1500 °С

№ состава корундовой керамики	Содержание компонентов в материале, мас.%		
	Корунд Al_2O_3 (# 00-071-1123)	Шпинель $MgAl_2O_4$ (#00-077-0435)	Силлиманит Al_2SiO_5 (#00-083-1566)
1-1	91	7	2
1-2	87	10	3
1-3	62	33	5

Результаты рентгенографического анализа для образца 1-3 (корунд Al_2O_3 – 61,5 %, $MgAl_2O_4$ -33,2 %, Al_2SiO_5 – 5,4 %) приведены на рис. 1.

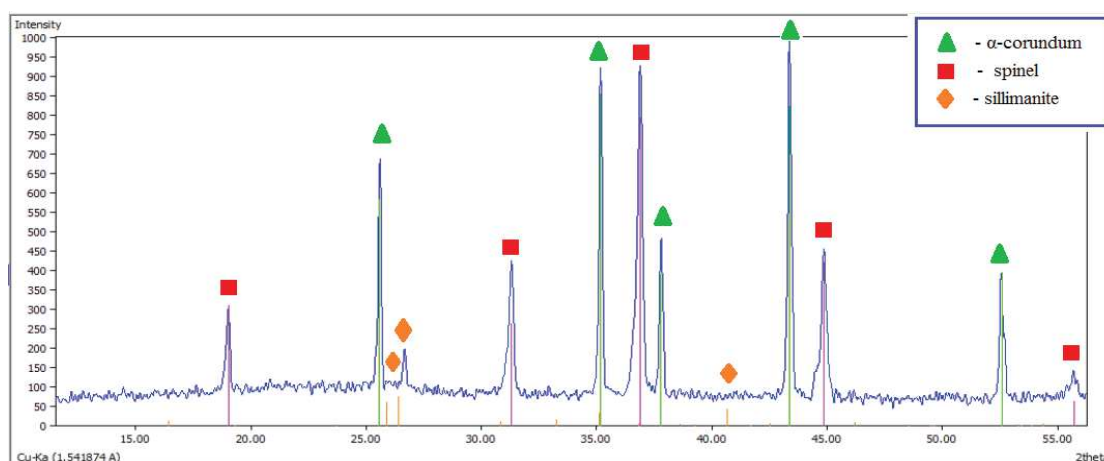


Рис. 1- Дифрактограмма образца керамики состава 1-3

Результаты рентгенофазового анализа показывают, что при синтезе корундовой керамики на основе электрокорунда основная

кристаллическая фаза представлена α -корундом. Небольшие количества оксида магния образуют шпинельную связку, обеспечивающую уплотнение керамических материалов и связывание отдельных кристаллов корунда. Кремний - органическое соединение (силикон) при нагревании от 400 до 1000 °С на воздухе разлагается с выделением углекислого газа и оксида кремния с переходной пористой структурой. Образовавшийся при этом в небольшом количестве оксид кремния взаимодействует с оксидом алюминия и магния с образованием шпинели и силлиманита соответственно и способствует спеканию керамических образцов.

Образование в качестве связки магнезиальной шпинели $MgAl_2O_3$, которая используется как огнеупорный, конструкционный и электроизоляционный материал с температурой плавления 2135°С и высокой химической стойкостью, способствует повышению свойств корундовой керамики.

При этом синтез материала на основе электрокорунда в присутствии силиконов происходит при гораздо более низких температурах (на 250-300 °С ниже), чем традиционная температура спекания шпинели и корунда. Это способствует значительной экономии энергетических расходов при синтезе высокопрочных и огнеупорных материалов.

Определение физико-механических свойств образцов показало, что более высокой плотностью 3000-2890 кг/м³ при температуре синтеза 1500°С обладают составы 1-3 и 1-2 соответственно. Состав №1-1 из-за высокого содержания Al_2O_3 является трудноспекаемым и требует более высокой температуры термообработки. Полученные данные свидетельствуют о возможности получения качественных керамических изделий корундового состава № 1-2 и 1-3 при 1450-1500 °С, которые были выбраны в качестве оптимальных для дальнейших исследований.

Список использованных источников

1. Матренин С.В., Овечкин Б.Б., Мячин Ю.В., Индюков Д.С. Исследование влияния условий механической активации порошка белого электрокорунда и влияния добавок наноразмерных порошков Al, Al_2O_3 , TiO_2 на физико-механические свойства спеченной керамики // Известия вузов. Физика. – 2013. - Т. 56 - №. 7/2. - С. 265-269.
2. Kim M.J., Kim S.M., Yoon D.Y. Singular Grain Boundaries in Alumina Doped with Silica // J. Am. Ceram. Soc. 2004. V. 87. P. 507– 509.
3. MacLaren R.M., Cannon M.A., Gülgün R., Voytovych N., Popescu-

Porion C., Scheu U., Täffner M. Rühle. Abnormal grain growth in alumina: Synergetic effects of Yttria and Silica //Journal of American Ceramic Society. 2007. V. 86(4). P. 650–659.

УДК 66.067

**Д.А. Бадин, Т.С. Кузнецова, А.Е. Бураков, И.В. Буракова,
О.А. Ананьева, А.Х. Кадум, А.Н. Тимиргалиев**
Тамбовский государственный технический университет
Тамбов, Россия

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ АКТИВИРОВАННЫХ БИОУГЛЕЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ С/Х СЫРЬЯ

Аннотация. В данной работе предложена методика переработки сельскохозяйственных культур (подсолнечник, рапс, соя, травяная мука) в высокоэффективные активные угли, обладающие физико-химическими свойствами, ориентированными на применение в жидкофазных сорбционных процессах удаления вредных примесей различной химической природы.

**D.A. Badin, T.S. Kuznetsova, A.E. Burakov, I.V. Burakova,
O.A. Ananyeva, A.Kh. Kadum, A.N. Timirgaliev**
Tambov State Technical University
Tambov, Russia

HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF ACTIVATED BIOCHAR BASED ON RENEWABLE SOURCES OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS

Abstract. This work proposes the processing of agricultural waste (sunflower, rapeseed, soybean, grass meal) into highly efficient activated carbons with physical and chemical properties aimed at use in liquid-phase sorption processes for removing harmful impurities of various chemical natures.

Синтез углеродных веществ путем гидротермальной карбонизации (ГТК) растительного сырья различного происхождения – косточки плодовых фруктовых деревьев, рисовая шелуха, отходы кофе, скорлупа орехов, иные отходы сельскохозяйственного производства на основе целлюлозы и различных ее модификаций (карбоксиметилцеллюлоза, микрокристаллическая целлюлоза и др.)