

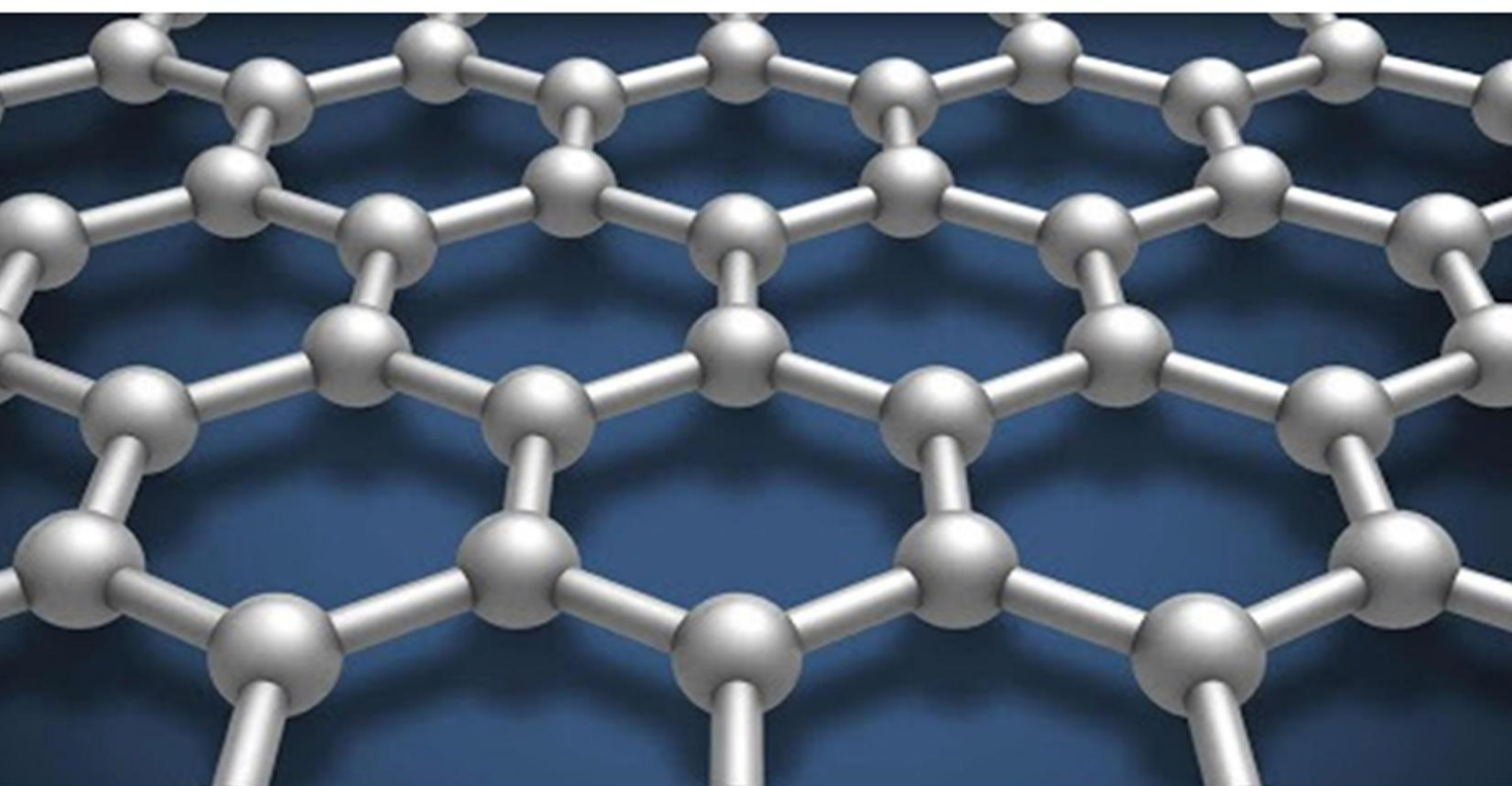
ISSN 2091-5527

№ 3/2026

O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

Conclusion. A CS/Fe³⁺ composite containing 51.73 wt.% Fe was synthesized, and its structure, composition, and morphology were characterized. XRD results revealed that the sample possesses an amorphous structure. The presence of absorption bands associated with Fe-O in the FTIR spectrum indicates the conversion of the FeCl₃ salt into an

oxygen-containing iron(III) compound. Preliminary laboratory studies on the application of this composite for the adsorption of industrial gases such as H₂S and CO₂ demonstrate the future potential of the CS/Fe³⁺ composite. Research is ongoing.

Funding. The study was conducted with financial support from the Institute of Polymer Chemistry and Physics.

REFERENCES

1. Salehi E., Daraei P., Arabi Shamsabadi A. A review on chitosan-based adsorptive membranes // Carbohydrate Polymers. – 2016. – Vol. 152. – P. 419–432. – DOI:10.1016/j.carbpol.2016.07.033
2. Wu Z. C., Wang Z. Z., Liu J., Yin J. H., Kuang S. P. Removal of Cu(II) ions from aqueous water by L-arginine modifying magnetic chitosan // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2016. – Vol. 499. – P. 141–149. – DOI: 10.1016/j.colsurfa.2016.04.012
3. Patiño-Ruiz D. A., De Ávila G., Alarcón-Suesca C., González-Delgado Á. D., Herrera A. Ionic cross-linking fabrication of chitosan-based beads modified with FeO and TiO₂ nanoparticles: Adsorption mechanism toward naphthalene removal in seawater from Cartagena Bay Area // ACS Omega. – 2020. – Vol. 5, No. 41. – P. 26463–26475. – DOI: 10.1021/acsomega.0c02984.
4. Liu Z., Chen Z., Chen Q., Liu L., Wang Y., Shu P., Zhong Y., Sun Z., Qiu K. Heterogeneous catalytic oxidation regeneration of desulfurization-rich liquor with Fe³⁺ modified chitosan // Frontiers in Environmental Engineering. – 2023. – Vol. 2. – Article 1167552. – DOI: 10.3389/fenv.2023.1167552.
5. Monier M., Ayad D. M., Wei Y., Sarhan A. A. Adsorption of Cu(II), Co(II), and Ni(II) ions by modified magnetic chitosan chelating resin // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – Vol. 177, No. 1–3. – P. 962–970. – DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.01.012.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОРДИЕРИТОВЫХ ЭЛЕКТРОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Туляганова Василя Сунатиллаевна

д.т.н., проф. зав.лаб. ГУ «Фан ва тараккиёт» при ТГТУ им. И.Каримова

Аннотация. В статье представлены результаты разработки композиционных электрокерамических материалов на основе местного и вторичного сырья, а также исследования их керамико-технологических, физико-механических и диэлектрических свойств. Установлено, что опытные образцы композиции КМ-1, КМ-2 обладают высокими показателями электрической прочности, удельного объемного сопротивления и механической прочности.

Ключевые слова: тальк, каолин, бентонит, кордиеритовая керамика, электрокерамика, диэлектрические свойства, температура, обжиг, композиционные массы, опытные образцы.

Введение. За последние годы разнообразные керамические материалы получили широкое применение во многих отраслях промышленности. Существуют различные керамические материалы, обладающие специфическими свойствами, благодаря которым нашли широкое применение в таких отраслях промышленности, как ракетостроение, ядерной техники, самолетостроение, в металлургической, нефтехимической, электротехнической, химической и другие. Керамические материалы обладают высокой механической, термической, электрической прочностью, огнеупорностью, диэлектрическими свойствами, пьезоэлектрическими, сегнетоэлектрическими и другими свойствами.

В связи с этим предстоит решить большие задачи по дальнейшему развитию новых керамических материалов со специфическими свойствами,

изыскания новых сырьевых ресурсов для керамической промышленности, усовершенствованию технологии производства, разработку безотходной технологии получения высококачественных керамических материалов.

Ускоренные темпы развития электротехники, энергетики и машиностроения в республике связаны с применением в больших масштабах самых разнообразных электроизоляционных материалов. В связи с этим создается острая необходимость проведения глубоких научно-технических изысканий по определению возможности организации производства электротехнических изделий с использованием местного сырья и отходов промышленности. Необходимо создавать новые электрокерамические материалы, характеризующиеся специфическими свойствами, разработать новые технологические процессы,

обеспечивающие пониженную стоимость изделий за счет высокой организации производства [1]. Для производства кордиеритовой электрокерамики применяют высококачественные природные сырьевые материалы промышленных месторождений или обогащенные природные сырьевые материалы, отличающейся стабильными химическими и минералогическими составами. К числу таких сырьевых материалов относятся тальк, глинистые материалы, мел, магнезит и др. добавки применяются в виде технических продуктов. Минеральные сырьевые материалы – каолины, глины, кварц-полевошпатовые материалы, андалузит, кианит, которые не изучены в качестве сырья для электротехнической промышленности, расположены в Узбекистане и имеют огромные запасы [2].

Объект и методика исследования.

Учитывая незначительную усадку, стабильный химический состав, хорошую механическую прочность при сушке, достаточную пластичность, удобства при добыче, более низкий себестоимость, нами, для разработки электрокерамических композиционных материалов, в качестве объекта исследования были выбраны тальк, доломит, каолин, лейкократовый гранит, каттакурганский бентонит и отхода производства.

Образцы, отформованные для испытаний керамико-технологических, физико-механических и диэлектрических свойств, изготавливались согласно ГОСТ 24409-80,

высушивали в сушильном шкафу при 110-120⁰С. Обжиг высушенных образцов проводили при температурах 1200, 1250, 1350⁰С, с выдержкой при конечной температуре обжига 30 мин. [1-2].

Керамико-технологических, физико-механических и диэлектрических свойств композиционных электрокерамических образцов проводили по ГОСТ 19609.22-89 и ГОСТ 24409-80.

Результаты и их обсуждение. Для производства кордиеритовой керамики применяют высококачественные природные сырьевые материалы промышленных месторождений или обогащенные природные сырьевые материалы, отличающейся стабильными химическими и минералогическими составами. К числу таких сырьевых материалов относятся тальк, глинистые материалы, мел, магнезит и др. добавки применяются в виде технических продуктов.

Для получения плотной спекшейся кордиеритовой керамики, состоящей только из талька, необходимо высокая температура обжига, узкого интервала спекшегося состояния, усложняется процесс обжига.

С целью пластификации массы и снижения температуры спекания кордиеритовой керамики в шихту решили, вводит высокопластичный материал бентонит. Для получения плотной керамики в состав массы добавляли лейкократовый гранит. В таблице 1 приведен шихтовый состав наиболее приемлемых композиционных опытных масс.

Таблица 1

Состав кордиеритовых опытных масс

Наименование	Индексы масс									
	КМ- 1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15
Тальк	49	46	44	42	41	49	46	44	42	41
Каолин	26	28	30	32	34	26	28	30	32	34
Лейкократовый гранит	14	12	10	8	5	12	10	8	6	3
Кремнеземсодержащий отход	5	8	10	12	14	5	8	10	12	14
Бентонит	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Доломит	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4

Опытные массы, приготовленные на основе талька, каолина, бентонита, кремнеземсодержащего отхода, лейкократового гранита, доломита месторождений «Сыпки» подвергались к определению керамико-технологических свойств, результаты которых приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что при использовании талька, каолина, бентонита, кремнеземсодержащего отхода для производства кордиеритовой электрокерамики, повышается пластичность опытных масс, увеличивается воздушная усадка, и

увеличивается прочность при статическом изгибе. Например, предел прочности при статическом изгибе опытных образцов после сушки увеличивается до 55-56 МПа за счет применения бентонита в количестве 4%.

Установлено, что введение в состав опытных масс бентонита и каолина увеличивается пластичность опытных масс, а высокая пластичность опытных масс позволяет оформлять из них крупногабаритные изделия, обладающие в необожженном состоянии достаточной механической прочностью для их транспортировки и механической обработки [3].

Таблица 2

Керамико-технологические свойства опытных кордиеритовых композиций

Индекс массы	Пластичность	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Прочность при статич. изгибе, МПа
КМ-1	12,95	22,08	5,16	54,12
КМ-2	12,48	21,22	4,82	51,39
КМ-3	12,04	21,42	4,54	48,78
КМ-4	11,39	21,86	4,43	56,66
КМ-5	11,84	22,47	4,59	55,15
КМ-11	11,71	21,64	4,77	56,64
КМ-12	10,64	21,88	4,37	54,18
КМ-13	11,30	22,46	4,77	54,78
КМ-1	12,23	22,68	4,53	56,14
КМ-2	12,36	22,84	4,63	59,98

Проведены физико-механические свойства опытных образцов, обожженных при температуре 1200-1350⁰С, результаты которых приведены в таблице 3.

Из таблицы видно 3, что применение бентонита в количестве 4% взамен огнеупорной глины, в количестве 18% достигается достаточное значение пластичности масс, и механическая прочность воздушно-сухих

образцов. При введении 4% бентонита механическая прочность на изгиб воздушно-сухих образцов увеличивается до 88-89 МПа.

Установлено, что высокая пластичность опытных масс позволяет оформлять из них даже крупногабаритные изделия, обладающие в необожженном состоянии достаточной механической прочностью для их транспортировки и механической обработки [1].

Таблица 3

Физико-механические свойства опытных образцов кордиеритовой керамики

Свойства	Индекс массы	Температура обжига, ⁰ С			
		1200	1250	1300	1350
Механическая прочность при статическом изгибе, МПа	КМ-1	60,7	69,65	80,16	85,82
	КМ-2	60,35	68,65	79,05	83,82
	КМ-3	58,85	62,35	71,25	80,80
	КМ-4	56,75	60,35	72,15	79,90
	КМ-5	55,65	64,25	69,15	72,90
	КМ-11	64,25	68,45	82,61	89,71
	КМ-12	62,35	67,15	80,11	88,61
	КМ-13	61,25	63,35	79,16	81,18
Кажущаяся плотность, г/см ³	КМ-1	1,80	1,90	2,25	2,30
	КМ-2	1,87	1,92	2,10	2,31
	КМ-3	1,83	1,91	2,12	2,32
	КМ-4	1,85	1,88	2,16	2,33
	КМ-5	1,80	1,86	2,11	2,35
	КМ-11	1,85	1,95	2,19	2,32
	КМ-12	1,85	1,97	2,17	2,34
	КМ-13	1,66	1,86	2,16	2,31
Водопоглощение, %	КМ-1	10,20	8,25	6,20	5,81
	КМ-2	9,99	7,39	6,83	6,21
	КМ-3	9,87	8,85	7,20	6,16
	КМ-4	11,20	8,75	6,88	6,09
	КМ-5	10,99	8,45	7,65	6,03
	КМ-11	13,20	9,38	8,35	7,95
	КМ-12	13,66	9,27	8,26	7,98
	КМ-13	13,12	9,77	8,39	7,01

Общая усадка, %	КМ-1	14,66	14,10	14,76	15,46
	КМ-2	13,76	15,03	15,16	15,30
	КМ-3	13,13	13,60	14,06	-
	КМ-4	15,15	15,76	16,20	15,30
	КМ-5	15,72	15,24	15,56	14,50
	КМ-11	15,80	16,32	16,23	16,10
	КМ-12	15,33	15,00	16,00	14,86
	КМ-13	14,53	14,70	14,80	12,80

Определение диэлектрических свойств опытных образцов осуществлялось согласно ГОСТ 24409-80, результаты которых приведены в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что в опытных образцах наблюдается увеличение механической прочности, плотности и усадки, уменьшения водопоглощения с повышением температуры обжига.

Таблица 4

Диэлектрические свойства образцов кордиеритовой композиции, обожженных при 1350⁰С

Наименование показателей	Индексы масс									
	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15
Электрическая прочность, кВ/мм	14	15	16	15	16	17	18	16	15	16
Удельное объемное элек. сопротивление, $\cdot 10^{13}$ Ом·см	1,2	1,3	1,2	1,4	1,2	1,5	1,5	1,6	1,4	1,5
Относительная диэлектрическая проницаемость	6	7	6	7	7	7	6	5	8	7
КТЛР, $\cdot 10^{-6}$ С ⁻¹ , при t=20-100 °С t=20-700 °С	1,2	0,5	1,2	0,4	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,6
	3,4	7,2	6,5	7,8	7,6	6,3	7,2	6,2	6,2	6,7

Во всех образцах выше 1350⁰С наблюдается повышения водопоглощения, снижения плотности, нарастания количества полевошпатового расплава, остекловывание и появление пор.

Заключение. Анализ полученных результатов позволяет отметить, что полное спекание опытных образцов характеризуемое наименьшим водопоглощением, достаточно стабильными значениями кажущейся плотности и механической прочности для всех опытных масс происходит в интервале температур 1250-1350 °С. из таблицы также видно, что диэлектрические свойства образцов во всех опытных образцах имеет высокие при 1350 °С.

По своим свойствам наиболее высокие показатели имеет образцы из масс КМ-1, КМ-2. Они отличаются, высокой электрической прочностью, высокими показателями удельного объемного сопротивления и механической прочностью. Образцы из этих масс обладают наилучшими показателями параметров в интервале температур 1300-1350 °С. В результате изучения характера изменения свойств водопоглощения, плотности, прочности, усадки, характеризующих процесс спекания кордиеритовой электрокерамики установлено, что разработанные составы опытных масс имеют пониженную температуру спекания на 40-50⁰С чем обычным.

Список литературы

1. Абдуллаева Р.И., Туляганова В.С., Негматов С.С., Абед Н.С. Электрокерамические композиционные материалы и технология их получения. - Т.: «Fan va texnologiya», 2021г. 118 с.
2. Абдуллаева Р.И., Туляганова В.С., Негматов С.С. Физико-химические основы получения электрокерамики из сырья Узбекистана. - Т.: «Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи», 2024г. 128 с.
3. Туляганова В.С, Абдуллаева Р.И, Тўйчиева М.О, Умирова Н.О, Аззамова Ш.А. Разработка и исследование керамико-технологических и диэлектрических свойств композиционных электрокерамических материалов // Universum: технические науки. Выпуск: 8(89) Москва 2021. Часть 2. –С. 293-298.

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

Негматова К.С. Технология флотационного обогащения медно-молибденовых руд с применением химических флотореагентов для извлечения медного концентрата	68
Xusenov A.Sh., Orazova Sh.Sh., Zokirov B.U., Kiyamova M.I., Raxmanberdiev G. Seritsin va inulin asosida kompozitsion plyonka olish va uning fizik-kimyoviy xossalari o'rganish	72
Саидова Ш.З., Каттаев Н.Т., Колядин В.Г., Акбаров Х.И. Синтез и характеристика гранулированного тройного сополимера 1-винилимидазола, акрилонитрила и дивинилбензола	75
Maxkamov B.G'. Vermikulit asosida olingan kompozitsion materialda benzol va suv bug'i adsorbsiyasi	79
Эшанкулова Г.Р., Ахмадов У.А. Тургунов Ф.Ф., Хасанов А.С. Ер остида танлаб эритиш усули билан уран қазиб олишда ҳосил бўладиган маҳсулдор эритмалардаги водород сульфидни фаолсизлантиришнинг самарали усулини ишлаб чиқиш	82
Bakhromova I.A., Vokhidova N.R. Synthesis of iron-modified chitosan for the purification of hydrogen sulfide waste from the oil and gas industry	85
Туляганова В.С. Разработка и исследование свойств композиционных кордиеритовых электрокерамических материалов на основе местного и вторичного сырья	87
Tursunkulov O.M., Gulyamov B.B., Sobitov M.A., Abduqahhorov F.I., Toxtabayev E.R., Uzakbergenov N.J., Bozorov S.S., Khojiev Sh.G. Effect of methane flow rate on the Raman characteristics and spatial uniformity of CVD graphene grown on high-purity copper at 1020 °C	91
Davlatova Z.Z., Safarov A.R., Abdiyeva F.I., Ixtiyarova G.A. <i>Apis mellifera</i> xitozani asosida suyuq neft tarkibidagi molibden va reniyni ajratib olish texnologiyasi	94
Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Хамдамов Д.Х., Камолов Т.О. Способы переработки золы от сжигания энергетических углей	97

4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Азимова Ш.А., Азимов Д.М. Перспективы вторичной переработки органических компонентов отходов щелочной очистки пирогаза	100
Sultanova N.S., Ismailova R.M., Ulliboboev A.M., Ismailov R.I. Tsellyuloza materiallarini olovga chidamli materiallarga aylantirish uchun vermikulit asosidagi olovga chidamli kompozitsiyaning tarkibini optimallashtirish	104
Шомуротов Ш.А., Содикова М.А., Абдурахмонов Ж.А., Ахмедов О.Р., Тураев А.С., Юлдашев Ж.М., Олимжонов Ж.У. Периодатное окисление декстрана и синтез оксимных производных путём нуклеофильного присоединения гидроксилamina	106
Razzoqov H.Q., Amonov M.R. Modifikatsiyalangan shofirkon bentoniti asosidagi kompozitsion sorbentlar va koagulyatsion tizimlar yordamida sanoat oqova suvlarini kompleks tozalash	110
Бозоров А.Н. Техногенные отходы предприятий металлургической отрасли и разработка технологии их переработки	112
Xokimov A.E., Eminov A.M., Kadirova Z.R., Xamdamova Sh.Sh. Sho'rsuv gilining mineralogik tarkibi va texnologik xususiyatlarini kompleks tadqiq etish	116
Nuriddinova G.A., Jalilov Sh.N. KMS va PAA ishtirokida melamin va gossipol bilan modifikatsiyalangan mochevina-formaldegid asosidagi yelimlovchi-bog'lovchining strukturaviy va termik xususiyatlari	120
Тулаганова М.А., Маткаримов С.Т. Сравнительная оценка технологических схем извлечения технического теллура из медьэлектролитных шламов	124
Шомуротов Ш.А., Ахмедов О.Р., Тураев А.С., Юлдашев Ж.М., Олимжонов Ж.У., Туляшева М.А., Тураева Х.К. Восстановление оксимных производных декстрана и получение аминированного полисахарида	127
Амонова Н.М., Темиров Ў.Ш., Жўраев И.И. Оқова сув чўкиндиларини компостлашда органик моддалар, азот ва гумус моддаларининг ўзгариши	131
Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Хамдамов Д.Х., Камолов Т.О. Исследование процесса извлечения скандия из зольных техногенных отходов с применением ионообменного сорбента	133