

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль: 04.06.01 «Химические науки» / 02.00.02 «Аналитическая химия»

Инженерная школа новых производственных технологий

Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера

Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы

Тема научного доклада
Разработка составов и технологии получения керамики на основе нитридов алюминия и кремния

УДК 666.3:661.5:661.86

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A7-16	Орехов Александр Сергеевич		24.05.21

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дорожка Елена Владимировна	к.х.н		25.05.21

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Краснокутская Елена Александровна	д.т.н., профессор		25.05.21

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Верещагин Владимир Иванович	д.т.н., профессор		24.05.21

Томск – 2021 г.

## АННОТАЦИЯ

Из всей производимой керамической продукции в России, огнеупорные материалы занимают наибольшую часть. Это объясняется их широким применением в отечественной металлургической промышленности в качестве различных футеровок и элементов для перемещения расплавов металла. В связи с этим российская огнеупорная промышленность направлена на удовлетворение потребностей именно металлургического производства.

Развитие высокотехнологичных областей промышленности в нашей стране повышает спрос на специальную огнеупорную оснастку, применяемую для синтеза материалов и обжига изделий из технической керамики.

Большая часть сырьевых материалов, применяемых в производстве огнеупоров, – это минеральное сырье природного происхождения. При производстве специальной огнеупорной оснастки, сырьевым материалам предъявляются высокие требования по чистоте и свойствам, поэтому чаще всего применяется синтетическое сырье, среди которого высокую температуру плавления имеют бескислородные соединения в виде карбидов и нитридов. Так большое промышленное значение приобрели следующие соединения: SiC, TaC, TiC, WC, B<sub>4</sub>C, ZrC, UC, UC<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, AlN, BN.

Получение материалов и изделий на основе карбидов и нитрида бора связано с большими энергетическими затратами, в то время как изделия на основе нитридов алюминия и кремния, как показывает практика, можно получать традиционными способами.

Материалы на основе нитрида алюминия и нитрида кремния уже нашли своё применение в области высоких температур. Нитрид алюминия используют в производстве электроизоляционной соломки для термопар и электроизоляционных конструктивных деталей, работающих в агрессивных средах. Плотноспеченный нитрид кремния применяется как материал для защитных чехлов для термопар и плавильных тиглей.

Химическое сродство нитрида алюминия и нитрида кремния в сочетании с высокой температурой плавления, близкими друг к другу значениями ТКЛР и

высокими физико-механическими характеристиками данных соединений, позволяют предполагать о возможности получение на их основе композиционных огнеупорных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кащеев, И.Д. Свойства и применение огнеупоров: Справочное издание / И.Д. Кащеев. – М: Теплотехник, 2004. – 352с.
2. Бааске, А. Огнеупорные материалы: разработки, тенденции, доступность / А. Бааске, Д. Дюберс, Р. Фандрих и др. // Черные металлы. – 2011. – № 9. – С. 32–39.
3. Аксельрод, Л. М. Развитие огнеупорной отрасли – отклик на запросы металлургии / Л. М. Аксельрод // Черная металлургия. – 2013. – № 3. – С. 125–142.
4. Стрелов, К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов /К.К. Стрелов, И.Д. Кащеев. – М: Металлургия, 1996. – 608с.
5. Огнеупорные материалы. Структура, свойства, испытания: справочник / под ред. Г. Роучка., Х. Вутнау. – М.: Интермет Инжиниринг, 2010. – 392 с.
6. Карклит, А. К. Огнеупорные изделия, материалы и сырье: справочник. – 4-е изд. / А. К. Карклит, Н. М. Пориньш, Г. М. Каторгин и др. – М.: Металлургия, 1991. – 416 с.
7. Кащеев, И. Д. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение: каталог-справочник. Кн. 1. / И. Д. Кащеев, М. Г. Ладыгичев, В. Л. Гусовский – М.: Теплоэнергетик, 2003. – 336 с.
8. Кащеев, И. Д. Химическая технология огнеупоров / И. Д. Кащеев, К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 752 с.
9. ГОСТ 28874 – 2004. Огнеупоры. Классификация. — Взамен ГОСТ 28874 – 90; введ. 2006 – 01 – 01. — М: Стандартиформ, 2005. — 15с.
10. Стрелов, К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов /К.К. Стрелов, И.Д. Кащеев. – М: Металлургия, 1996. – 608с.
11. Стрелов, К. К. Технология огнеупоров / К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин – М.:Металлургия, 1988. – 528 с.
12. Кайнарский, И. С. Процессы технологии огнеупоров / И. С. Кайнарский. – М.: Металлургия, 1969. – 350 с.
13. Будников, П. П. Технология керамики и огнеупоров / П. П. Будников. – М.: Госстройиздат. 1962. – 708 с.

14. Будников, П. П. Химическая технология керамики и огнеупоров / П. П. Будников, Д. Н. Полубояринов. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 553 с.

15. Пивинский, Ю. Е. Теоретические аспекты технологии керамики и огнеупоров. Избранные труды. В 2-х т. т 1. – СПб.: Стройиздат, 2003. – 242 с.

16. Огнеупорные материалы. Структура, свойства, испытания: справочник / под ред. Г. Роучка., Х. Вутнау. – М.: Интернет Инжиниринг, 2010. – 392 с.

17. Пивинский, Ю. Е. Исследование в области получения формованных и неформованных огнеупоров на основе высокоглиноземистых ВКВС. Часть 3. Влияние температуры обжига на спекание и муллитизацию материалов, полученных на основе ВКВС композиционного состава / Ю. Е. Пивинский, П. В. Дякин, Л. В. Остряков // Новые огнеупоры. – 2015. – № 12. – С. 24–33.

18. Полубояринов, Д. Н. Высокоглиноземистые керамические и огнеупорные материалы / Д. Н. Полубояринов, В. Л. Балкевич, Р. Я. Попильский. – М.: Промстройиздат, 1960. – 231 с.

19. Карклит, А. К. Производство огнеупоров полусухим способом / А. К. Карклит, А. П. Ларин, С. А. Лосев, В. Е. Верниковский. – М.: Metallургия, 1981. – 320 с.

20. Павлушкин, Н. М. Спеченный корунд / Н.М. Павлушкин. – М.: Промстройиздат, 1961. – 208 с.

21. Химическая технология керамики: учебное пособие для вузов / под ред. проф. И. Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.

22. Балкевич, В. Л. Техническая керамика / В. Л. Балкевич. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.

23. Огнеупоры и их применение / под ред. Я. Инамуры. – М.: Metallургия, 1984. – 446 с.

24. Юшкевич, М. О. Технология керамики / М. О. Юшкевич, М. И. Роговой. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1969. – 350 с.

25. Карклит, А. К. Огнеупоры из высокоглиноземистого сырья / А. К. Карклит, Л. А. Тихонова. – М.: Metallургия, 1974. – 152 с.

26. Бакунов, В. С. Керамика из высокоогнеупорных окислов / В. С. Бакунов, Д. Н. Полубояринов, Р. Я. Попильский. – М.: Металлургия, 1977. – 304 с.
27. Семченко, Г. Д. Конструкционная керамика и огнеупоры / Г. Д. Семченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 324 с.
28. Эванс, А. Г. Конструкционная керамика / А. Г. Эванс, Т. Г. Лэнгдон. – М.: Металлургия, 1980. – 256 с.
29. Самсонов, Г. В. Получение и методы анализа нитридов / Г. В. Самсонов, О. П. Кулик, В. С. Полищук. – Киев: Наукова думка, 1978. – 300 с.
30. Самсонов, Г. В. Нитриды / Г. В. Самсонов. – Киев: Наукова думка, 1969. – 259 с.
31. Косолапова, Т. Я. Неметаллические тугоплавкие соединения / Т. Я. Косолапова. и др. – М.: Металлургия, 1985. – 224 с.
32. Zerr A., Miede G., Serhgiou G., Schwarz M., Kroke E., Riedel R., Fueb H., Kroll P., and Boehler R. Synthesis of Cubic Silicon Nitride // Nature. 1999. V. 400. P. 340-342.
33. He H., Sekine T., Kobayashi T., Hirotsuki H. Shock-Induced Phase Transition of  $\beta$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> to  $\alpha$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> // Phys Rev B. 2000. V. 62.1. 17. P. 11412-11417.
34. Андриевский Р.А. Нитрид кремния – синтез, свойства // Успехи химии. 1995. Т. 64. № 4. С. 311–329
35. Афонин Ю.Д., Бекетов А.Р., Бекетов Д.А., Черный Н.А. Способ получения порошка нитрида алюминия. Патент РФ № 2312060, 10.12.2007.
36. Дитц, А. А. Синтез нитрида алюминия при горении алюминиевой пудры в воздухе / А. А. Дитц, А. А. Громов // Химия и химическая технология на рубеже тысячелетий: материалы III Всероссийской научной конференции, Томск, 2-4 сентября 2004 г. / Российское химическое общество им. Д. И. Менделеева; Томский политехнический университет. – 2004. – С. 17-18.
37. Овечкин, Б. Б. Процессы порошковой металлургии: Метод. указ. по выполн. лаб. работ по курсу «Порошковые композиционные материалы и изделия» для студентов направления 22.04.01 – Материаловедение и технологии материалов / Б. Б. Овечкин, С. В. Матренин. – Томск: ТПУ, 2016. – 32 с.
38. Приборы синхронного термического анализа. [Электронный ресурс]

Режим доступа: <http://www.research.sfu-kras.ru/node/46>

39. Васильев Е.К. Качественный рентгенофазовый анализ / Под ред. С. Б. Брандта. – Новосибирск: Наука, 1986. – 195 с.

40. Лазерный анализатор частиц SALD 7101. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.element.ur.ru/prod/index.php?t=SALD%207101&n=171>

41. Растровая электронная микроскопия. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.physchem.msu.ru/doc/СНРТ\\_5.pdf](http://www.physchem.msu.ru/doc/СНРТ_5.pdf)

42. Гаузнер С. И., Кивилис С. С., Осокина А. П., Павловский А. Н. Измерение массы, объема и плотности – М.: Издательство стандартов, 1972. – 192 с.

43. Практикум по технологии керамики: Учеб. Пособие для вузов/Н.Т. Андрианов, А.В. Беляков и др. под ред. И.Я. Гузмана - М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2004. – 195 с.

44. Перевислов, С.Н. Получение высокоплотных материалов на основе ультрадисперсного порошка нитрида кремния / С.Н. Перевислов, В.Д. Чупов // Огнеупоры и техническая керамика. – 2010. – №3. – С. 17-23.

45. Торопов, Н.А. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Выпуск третий. Тройные силикатные системы /Н.А. Торопов, и др. – Л: Наука, 1972. – 448с.

46. Торопов, Н.А. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Выпуск первый. Двойные системы /Н.А. Торопов, и др. – Л: Наука, 1969. – 882с.

47. Саркисов, П.Д. Фазообразование в системе  $Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$  и высокотемпературное применение силикатов иттрия. (Обзор) [Электронный ресурс] / П.Д. Саркисов, Н.В. Попович, Л.А. Орлова, Ю.Е. Лебедева, Н.Е. Уварова // Энциклопедия инженера-химика. – 2011. – №6. – Режим доступа: <http://www.viam.ru/public>.

48. Перевислов, С.Н. Получение высокоплотных материалов на основе ультрадисперсного порошка нитрида кремния / С.Н. Перевислов, В.Д. Чупов // Огнеупоры и техническая керамика. – 2010. – №3. – С. 17-23.

49. Лебедева, Ю.Е. Синтез и перспективное применение материалов в системе  $Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$  / Ю.Е. Лебедева, Н.В. Попович, Л.А. Орлова, А.С. Чайникова //

Авиационные материалы и технологии. - 2014. - №S6. - С. 59-66.

50. Попильский, Р. Я. Прессование порошковых керамических масс / Р. Я. Попильский, Ю. Е. Пивинский. – М.: Металлургия, 1983. – 176 с.