

October 2020

SYNTHESIS OF HIGH-STRENGTH CERAMICS BASED ON TECHNOGENIC WASTE CONTAINING ALUMINUM OXIDE

SHERMATOV Zhavokhir

Material Science scientific production association «Physics-Sun» of sciences, shermatov-82@bk.ru

ARIPOVA Mastura

Tashkent Chemical-Technological Institute, aripova1957@rambler.ru

PAIZYLLAKHANOV Mukhammade-Sultankhan

Material Science scientific production association «Physics-Sun» of sciences, fayz@bk.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

 Part of the [Materials Science and Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Zhavokhir, SHERMATOV; Mastura, ARIPOVA; and Mukhammade-Sultankhan, PAIZYLLAKHANOV (2020)

"SYNTHESIS OF HIGH-STRENGTH CERAMICS BASED ON TECHNOGENIC WASTE CONTAINING

ALUMINUM OXIDE," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2020 : No. 3 , Article 5.

DOI: 10.51348/HKYQ5816

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2020/iss3/5>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

SYNTHESIS OF HIGH-STRENGTH CERAMICS BASED ON TECHNOGENIC WASTE CONTAINING ALUMINUM OXIDE

Zhavokhir SHERMATOV¹ (shermatov-82@bk.ru), Mastura ARIPOVA² (aripova1957@rambler.ru)
Mukhammade-Sultankhan PAIZYLLAKHANOV¹ (fayz@bk.ru)
¹Material Science scientific production association «Physics-Sun» of sciences, Tashkent Uzbekistan
²Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent, Uzbekistan

The aim of this work is to synthesize wear-resistant and heat-resistant ceramics based on aluminum oxide. The man-made aluminum-containing waste of the Shurtan gas chemical complex was used as a source of aluminum oxide. In the work, the dependences «composition-structure», «composition-property» and «property-size of particles» were obtained, obtained by the method of heliomaterials science, namely by melting raw materials in a stream of concentrated solar radiation of high density (350 W/cm²) with subsequent quenching of the melt into water (10³ deg/s). It is shown that the wear resistance and heat resistance of the material sharply increase when the content in the mass is more than 80% of aluminum oxide.

Keywords: strength, porosity, nanostructure, corundum, geliomaterials science

СИНТЕЗ ВЫСОКОПРОЧНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО ОТХОДА, СОДЕРЖАЩЕГО ОКСИД АЛЮМИНИЯ

Жавохир ШЕРМАТОВ¹ (shermatov-82@bk.ru), Масмура АРИПОВА² (aripova1957@rambler.ru),
Мухаммаде-Султанхан ПАЙЗУЛЛАХАНОВ¹ (fayz@bk.ru)
¹Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце», Ташкент, Узбекистан
²Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан

Целью работы является синтез высокопрочной керамики на основе оксида алюминия. В качестве источника оксида алюминия использовался техногенный алюминийсодержащий отход Шуртанского газохимического комплекса. Керамика синтезирована с использованием расплава полученного плавкой сырья в потоке концентрированного солнечного излучения высокой плотности (350 Вт/см²) с последующей закалкой расплава в воде (10³ град/с). Показано, что прочность материала резко увеличивается при снижении пористости до 20-25% и содержании в массе более 80 % оксида алюминия.

Ключевые слова: прочность, пористость, наноструктура, корунд, гелиоматериаловедение

ALYUMINIY OKSIDI BO'LGAN TEXNOGEN CHIQINDILAR ASOSIDA YUQORI QUVVATLI KERAMIKA SINTEZI

Javohir SHERMATOV¹ (shermatov-82@bk.ru), Mastura ARIPOVA² (aripova1957@rambler.ru),
Mukhammade-Sultankhan PAIZYLLAKHANOV¹ (fayz@bk.ru)
¹Materialshunoslik institute «Fizika-Quyosh» IChB, Toshkent, O'zbekiston
²Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, O'zbekiston

Ushbu ishning maqsadi alyuminiy oksidi asosida emirilishga va issiqlikka bardoshli keramik materiallarni sintez qilish. Sho'rtan gaz-kimyo majmuasining alyuminiyli tehnogen chiqindisi alyuminiy oksidi manbai sifatida ishlatilgan. Ishda geliomaterialshunoslik uslubida, jumladan homashyoni yuqori zichlikdagi (350Vt/sm²) mujassamlashgan quoysh nurlari oqimida eritib suvda (10³grad/s) sovutish orqali, «tarkib-tuzilma», «tarkib- xususiyat» va «xususiyat-zarrachalarining kattaligi» bog'likliklari olingan. Massadagi tarkibda 80 % dan yuqori Al₂O₃ bo'lganda materialning emirilishga va issiqlikka bardoshligi keskin oshishi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: mustahkamlik, g'ovaklik, nanotuzilma, korund, geliomaterialshunoslik

DOI: 10.51348/HKYQ5816

Введение

Износостойкая керамика широко используется в горнодобывающей, машиностроительной, авиастроительной, химической, медицинской, текстильной, строительной и во многих других отраслях, где они всё больше заменяют дорогостоящие металлы. Механическая прочность, сохраняющаяся даже при высоких температурах, большая коррозионная устойчивость, высокая износостойкость обуславливают всевозрастающее применение износостойкой керамики в различных областях техники и производства.

Одним из перспективных материалов для изготовления износ- и термостойких изделий является оксид алюминия, характеризующийся высокой прочностью, коррозионной стойкостью, стойкостью к химически активным средам и биоинертностью [1]. Синтез износ- и термостойких материалов на основе оксида алюминия с необходимым комплексом свойств, требует детального исследования закономерностей формирования физико-механических характеристик в зависимости от особенностей структуры, таких как размеры структурных элементов, их количество и распределение по размерам [2, 3].

Исследована керамика на основе алюминийсодержащего отхода Шуртанского газохимического комплекса (ШГХК) (10-90%), серого вторичного Ангренского каолина (10-45%) и доломита Дехканабадского месторождения (10-45%) различных соотношений и различной дисперсности, полученного методом гелиоматериаловедения [4, 5].

Методы исследований

Керамику получали методом синтеза из расплава в концентрированном солнечном потоке плотностью 250-300 Вт/см² с последующей закалкой расплава в воду (10³ град/с), на Большой Солнечной Печи, расположенной в Ташкентской области в Паркенте. Средний размер частиц порошка керамики составлял 0,2 - 0,5 мкм, при этом частицы имели очень плотное строение. И это одно из преимуществ метода синтеза из расплава (гелиоматериаловедения) по сравнению с традиционным керамическим методом получения износ- и термостойких керамических материалов. Так как в традиционном методе после обжига присутствуют, как полые, так и заполненные сферические частицы со средним размером частиц 30 - 100 мкм.

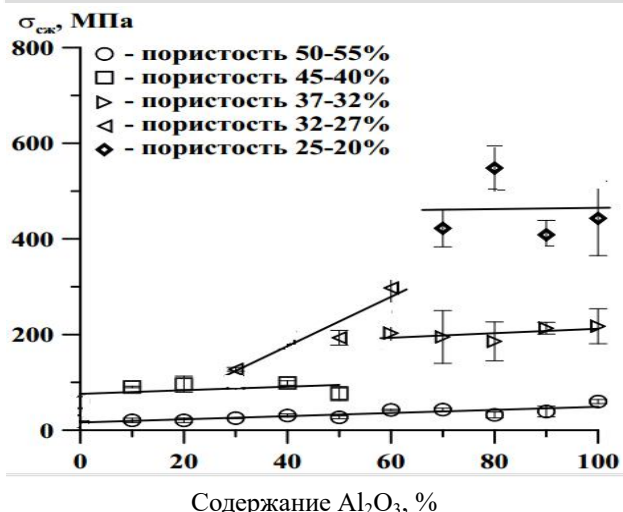


Рисунок 1. Зависимость предела прочности на сжатие от концентрации Al₂O₃ в керамике.

Морфология частиц при этом имеет радиально-лучистый характер агрегирования первичных шестиугольных призм различной степени развития кристаллов [6,7]. Полученный расплав измельчали на шаровой мельнице в условиях (материал):(мельющие тела):(вода)=1:1,2:1 в течение 7 часов при остатке 5% через сито 0,063. Эта операция служит для подготовки компонентов с целью получения частиц заданной дисперсности.

В качестве мельющих тел использовали корундовые шары. Выгрузка материала и просеивание через сито требуемого размера осуществляли каждые 7 часов. Затем обезвоживали на гипсовых формах в течение 2 часов. Процесс сушки осуществляли в сушильном шкафу СНОЛ 3.5-И1. Высушенную массу увлажняли 10 % раствором поливинилового спирта до влажности 12-15 %, хорошо перемешали и засыпали на пресс-форму. Образцы прессовали на гидравлическом прессе марки «ЗИМ тип П-50» ГОСТ 8105-73 с давлением P=8 МПа. Спекание осуществляли в хромитлантановых печах марки «ЭМИТРОН-1700» при температуре 1170-1550 °С с продолжительностью изотермической выдержки в течение 120 минут с последующим произвольным охлаждением в самой печи. Средний размер кристаллитов рассчитывали по уширению рефлекса на малых углах дифракционной картины, полученной дифрактометре типа ДРОН с фильтрованным CuK_α-излучением.

Величину микроскажений кристаллической решётки рассчитывали по уширению рефлекса на дальних углах дифракционной картины [8, 9]. Испытания на сжатие образцов керамики осуществляли на испытательной машине "Instron-1185" с постоянной скоростью нагружения 3·10⁻⁴ с⁻¹. Испытания проводили на образцах цилиндрической формы - фиксировались осевая сжимающая нагрузка и деформация образцов.

По полученным данным строили зависимость «напряжение σ (МПа) - относительная деформация ε (%)» с учётом жесткости испытательной машины.

Известно, что в металлах связь между прочностью и размерами структурных элементов часто описывается соотношениями типа Холла-Петча [13], что связано, в первую очередь, с изменением дефектной структуры зерна и приграничной зоны, а во-вторых, с внутренними напряжениями.

Повышенная дефектность границ зерен на микроуровне способствует вовлечению их при комнатной температуре в пластическую деформацию путем проскальзывания по границам зерен и усилению диффузионных процессов вблизи них [14]. При этом прочность определяется соотношением «Холла-Петча»:

$$\sigma_{пт} = \sigma_0 + kD^{-n},$$

где $\sigma_{пт}$ - предел текучести; σ_0 - сопротивление деформации монокристалла; D - средний размер зёрна; k - коэффициент Холла-Петча; константа n имеет значение между 1/2 и 1, при этом n близко к единице, когда плотность дислокаций внутри зерна мала, и почти все дислокации сосредоточены в приграничной зоне.

В керамических материалах движение дислокаций и зернограничное проскальзывание при данных условиях проведения эксперимента сильно затруднены. Тем не менее, подобный анализ позволит оценить влияние размеров структурных элементов D, определенных из рентгенографических данных, на механические свойства материала.

Результаты и обсуждение

Зависимость прочности керамики от содержания в составе Al₂O₃ представлена на рисунке 2.

Как видно из рисунка, при изменении объёма порового пространства от 40 до 32 % происходит разделение зависимости на две области: первая - концентрация Al₂O₃ до 50 %, вторая - выше 50 %. Внутри этих областей зависимость прочности от содержания Al₂O₃ слабо выражена, однако в целом прочность в первой группе ниже, нежели во второй. Как видно из рисунка 1, объём порового пространства от 32 до 27 % получается только в образцах с концентрацией оксида алюминия от 30 до 60 %; при этом необходимо отметить, что предел прочности значительно растёт с ростом концентрации Al₂O₃ в системе. При содержании Al₂O₃ порошка от 70 до 100 % образцы имеют максимальную прочность. Таким образом, показано, что на прочность корундовой керамики главным образом влияет объём порового пространства, а в образцах с одинаковой пористостью прочность тем выше, чем больше содержание оксида алюминия.

Таким образом, наблюдающаяся зависимость предела прочности на сжатие от концентрации Al₂O₃ свидетельствует о том, что имеет место изменение характера поровой структуры, связанное, по-видимому, с известными в материалах порогами перколяции [10-12].

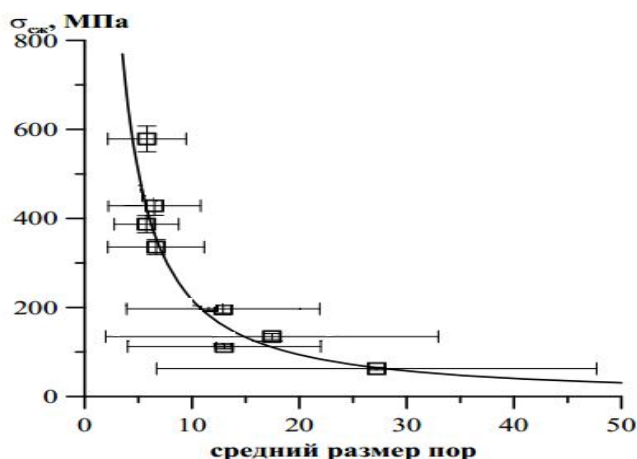


Рисунок 2. Зависимость предела прочности на сжатие от среднего размера пор и его дисперсии в керамике.

Вид порового пространства и размер пор также существенно влияют на прочность материала. На рис. 3 представлена зависимость предела прочности на сжатие от среднего размера пор ($d^{1/2}$) в керамике. Видно, что предел прочности тем больше, чем меньше средний размер пор и его дисперсия, а линеаризация данной зависимости и её экстраполяция на нулевую пористость показала, что истираемость исследуемой керамики составило 0,001 г/см². Зависимость предела прочности на сжатие от среднего размера кристаллитов керамики на основе порошков различной дисперсности представлена на рисунке 3, из которой видно, что она имеет вид параболы. Из приведенной зависимости видно, что с увеличением размера частиц прочность возрастает до определенного значения и затем уменьшается.

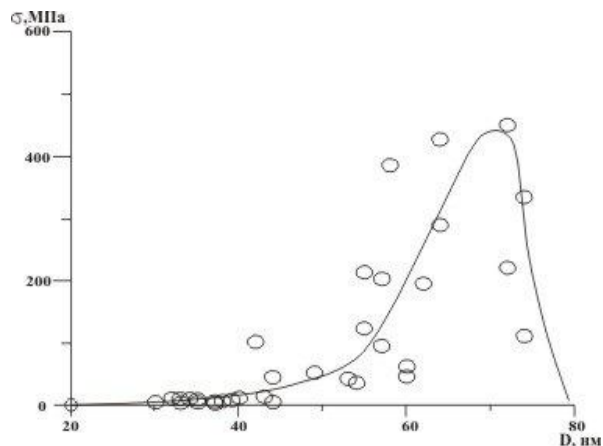


Рисунок 3. Зависимость предела прочности на сжатие от среднего размера кристаллитов керамики на основе порошков различной дисперсности.

Заключение

Проведенными исследованиями показана возможность получения пористой керамики с высокими прочностными свойствами.

Показано, что при содержании более 80% Al_2O_3 в смеси, содержащей техногенный отход Шуртанского газохимического комплекса, серого вторичного Ангреновского каолина и доломита Дехканабадского месторождения наблюдается резкое изменение прочностных характеристик.

Подтверждена известная закономерность, что с уменьшением пористости возрастает прочность керамики.

Выявлена параболическая зависимость прочности керамики от размера кристаллов.

REFERENCES

- Rakhimov M.R., Yermakov V.P., Rakhimov R.KH. Metody sinteza keramicheskikh materialov [Methods of synthesis of ceramic materials]. *Vestnik molodykh uchonykh*, 2019, pp. 85-96.
- Lukin Ye. S., Makarov N. A., Kozlov A. I. i dr. Oksidnaya keramika novogo pokoleniya i oblasti yeye primeneniya [new generation oxide ceramics and areas of its application]. *Steklo i keramika*, 2008, no. 10, pp. 27-31.
- Gulamova D.D., Fantozzi Zh., Gonon M., Ochilov N.O. Groshev P. Novyye iznosostoykiye materialy na osnove korunda, sintezirovannyye v Solnechnoy pechi [New wear-resistant corundum-based materials synthesized in the Solar Furnace]. *Geliotekhnika*, 2001, no. 2, pp. 79-83.
- Shermatov ZH.Z., Razhamatov O.T., Payzullakhanov M.S., Aripova M.KH. [Wear and heat resistant compound for bushings and rods]. *Mezhdunarodnaya konferentsiya molodykh uchonykh «Nauka i innovatsii»* [International conference of young scientists "Science and Innovation"]. Tashkent, 2019, pp. 301-302.
- Shermatov ZH.Z., Razhamatov O.T., Payzullakhanov M.S., Aripova M.KH. [Ceramic rods for shaping in medical containers]. *Mezhdunarodnaya konferentsiya molodykh uchonykh «Nauka i innovatsii»* [International conference of young scientists "Science and Innovation"]. Tashkent, 2019, pp. 302-304.
- Atabaev I.G., Fayziev Sh.A., Payzullakhanov M.S., Shermatov Zh.Z., Rajamatov O. High-strength glass-ceramic materials synthesized in a large solar furnace. *Applied Solar Energy*, 2015, vol. 51, no. 3, pp. 202-205.
- Payzullakhanov M.S., Shermatov ZH.Z. [Ceramic material with high wear resistance for use in the production of medical equipment]. *Trudy mezhdunarodnoy konferentsii «Fundamental'nyye i prikladnyye voprosy fiziki»* [Proceeding of the International conference "Fundamental and applied questions of physics". Tashkent, 2017, pp. 209-211.
- Grigor'yev M.V., Kul'kov S.N. Fazovyy sostav, struktura i udel'naya poverkhnost' poroshkovykh sistem na osnove korunda razlichnoy dispersnosti [Phase composition, structure and specific surface of powder systems based on corundum of different dispersion]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Inzhiniring i tekhnologii*, 2009, no. 3, pp. 294-300.
- Shabanova N.A., Popov V.V., Sarkisov P.D. *Khimiya i tekhnologiya nanodispersnykh oksidov* [Chemistry and technology of nanodispersed oxides]. Moscow, IKTS «Akademkniga» Publ., 2007. 139 p.
- Krichkov Y.N. Osobennosti spekaniya keramicheskikh materialov [Features of sintering ceramic materials]. *Steklo i keramika*, 2013, no.11, pp. 29-34.
- Zhou J., Bahadur S. Erosion characteristics of alumina ceramics at high temperatures. *Theory and Applications in Inorganic Chemistry*, 1995, no. 3, pp. 178-188.
- Zubekhin A.P., Galenko A.A., Popova L.D. Keramicheskaya massa odнократного obzhiga s ispol'zovaniyem v kachestve plavney proizvodstvennykh otkhodov [Ceramic mass of single firing using industrial waste as flux]. *Steklo i keramika*, 2009, no. 7, pp. 17-19.
- Doğan C., Hawk J. Role of composition and microstructure in the abrasive wear of high-alumina ceramics. *Ceramics International*, 1999, vol. 56, no. 6, pp. 1050-1058. doi:10.1016/S0043-1648(99)00036-8.
- Meng F., Fu Z., Wang W., Zhang Q. Microstructural evolution of nanocrystalline Al_2O_3 sintered at a high heating rate. *Ceramics International*, 2010; vol. 36, pp. 555-559. doi:10.1016/j.ceramint.2009.09.037.