

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИЗУЧЕНИЯ ЕЁ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Жолудев Д.С.¹, Григорьев С.С.¹, Панфилов П.Е.², Зайцев Д.В.²

¹ ГБОУ ВПО Уральский государственный медицинский университет МЗ РФ, e-mail: den89@e1.ru

² Уральский федеральный университет, Институт естественных наук, г. Екатеринбург, e-mail: Dmitry.Zaitsev@usu.ru

В статье на основании изучения данных литературы изложены положительные свойства и недостатки диоксида циркония, показаны преимущества оксида алюминия для изготовления цельнокерамических конструкций зубных протезов. Авторским коллективом проведено изучение механических свойств керамического материала на основе оксида алюминия для ортопедических конструкций, полученного методом плазменного напыления, разработанного компанией ЗАО «Уралинтех» и авторским коллективом сотрудников ГБОУ ВПО УГМУ МЗ России. На способ получения керамического материала на основе оксида алюминия оформлена заявка на выдачу патента на изобретение. В результате проведенного сравнительного анализа механических свойств при сжатии и трехточечном изгибе образцов керамики на основе оксида алюминия, доказано, что данный материал может быть использован в ортопедической стоматологии для изготовления цельнокерамических конструкций. Исследования показали, что, оптимальная температура гомогенизационного отжига оксида алюминия составляет 1200° С.

Ключевые слова: цельнокерамические конструкции зубных протезов, оксид алюминия.

RATIONALE FOR USE OF CERAMICS BASED ON ALUMINA BY STUDYING ITS MECHANICAL PROPERTIES

Zholudev D.S.¹, Grigoriev S.S.¹, Panfilov P.E.², Zaycev D.V.²

¹ Ural State Medical University of Russia, e-mail: den89@e1.ru

² Ural federal university, Institute of natural sciences, Ekaterinburg, e-mail: Dmitry.Zaitsev@usu.ru

In this article are shown good and negative properties of oxide zirconia, based on literature data, are demonstrated advantages of oxide alumina for fabrication of full ceramic dental prostheses. By the author collective is made the study of mechanical properties of ceramic material for prosthetic constructions, based on oxide alumina, obtained by the plasma spraying method, developed by "Uralintech" company and the author collective of USMU. For the method of producing a ceramic material based on alumina is formed an application for getting the patent for an invention. As a result of comparative analysis of the mechanical properties in compression and three-point bending of the samples of ceramics based on alumina, obtained by plasma spraying, depending on the annealing temperature proved that this material may be used in prosthetic dentistry for the manufacture of ceramic structures. Studies have shown that the optimum annealing temperature of the aluminum oxide is 1200 °.

Keywords: all-ceramic dental prostheses, aluminum oxide.

Введение

В последние годы в протетической стоматологии все активнее используются цельнокерамические конструкции. Возрастающие ожидания пациентов получить красивую улыбку привели к развитию протезирования целого ряда керамических материалов. Изначально цельнокерамические ортопедические конструкции изготавливались только из стеклокерамики, что обеспечивало высокую эстетику. Тем не менее, в связи с низкими прочностными качествами показания для использования этих видов керамики ограничивались небольшими работами в переднем отделе зубного ряда. В последующем в стеклокерамику стали добавляться

наполнители для расширения показаний в использовании керамики в стоматологии. В конце XX века технический прогресс привел к появлению очень прочной чистой оксидной керамики без стеклянной фазы. Изначально стоматологами использовалась керамика на основе оксида алюминия, однако появление более высокой по прочности керамики на основе оксида циркония привело к повальному увлечению стоматологами именно этим материалом. Век цифровых технологий привел к широкому распространению методов CAD – CAM, таких как Cerec in Lab, Everest, Lava, Procera, Cercon, DCS, Digident и др. Высокую прочность материала стоматологи многие считают наиболее важным свойством при выборе керамики в качестве каркасов конструкций. Блоки на основе оксида алюминия ввиду их меньшей прочности считаются «немодными» [4, 8, 10].

Циркониевые изделия фрезеруются из таких известных керамических блоков, как Cercon (Degudent), Lava (3M), Zirkozahn blanks (Zirkozahn), Hint-Els Zirkon TZP-W, Denzir Premium HiP Zirconia (Etkon), Procera (Nobel Biocare), Hint-Els Zirkon TZO-HiP, Digident (Girrbach), KaVo EVEREST ZH-Blanks (KaVo) и т.д. Известно, что основные мировые запасы сырья для получения заготовок из диоксида циркония находятся в КНР. В Россию данные технологии и материалы для них поступают из-за рубежа, что существенно повышает себестоимость продукции, а соответственно, и стоимость зубных протезов для населения. В недавнее время оксид циркония, из-за необъяснимых спонтанных сколов облицовочного материала или перелома всей конструкции, стал терять свое лидирующее положение. Выяснилось, что такое свойство материала, как переход из тетрагональной в моноклиналиную фазу под воздействием нагрузки или резком температурном колебании, ведет к локальному увеличению оксида циркония в объеме до 5%. С одной стороны, эти изменения способствуют упрочнению керамики за счет ее способности погасить энергию трещины с помощью данного процесса [6].

К недостаткам свойств диоксида циркония следует отнести низкую когезионную прочность соединения с облицовочным слоем керамики, из-за чего на поверхности циркониевых каркасов возникают сколы. А из-за его недостаточно высокой прочности, каркасы из оксида циркония могут ломаться при жевательных нагрузках [6,7].

Более того, изначально цирконий исследовался в сухих средах. Исследования во влажной кислотно-щелочной среде полости рта показали не такие многообещающие результаты.

Эти факты заставляют вернуться к использованию оксида алюминия. Кроме того, в Российской Федерации именно на Урале находятся основные залежи минералов на основе оксида алюминия, что существенно снизит затраты на производство алюмооксидных стоматологических материалов.

Цель исследования – обосновать применение керамики на основе оксида алюминия, полученной методом плазменного напыления, с помощью изучения и сравнительного анализа ее механических свойств при сжатии и трехточечном изгибе, в зависимости от температуры гомогенизационного отжига.

Материалы и методы исследования

Прочностные свойства оксид алюминия значительно выше, что позволяет его использовать в тех случаях, когда диоксид циркония не эффективен, как конструкционный зубопротезный материал. Керамика на основе, оксида алюминия, приготовленная методом порошковой металлургии (прессование с последующим гомогенизационным отжигом), практически не поддается обработке фрезерованием, а нанесение на ее поверхность облицовочного покрытия сопряжено со значительными трудностями. Проблему можно решить, если использовать керамику, полученную методом плазменного напыления. Полученный материал обладает необходимым уровнем прочностных свойств, чтобы выдержать обработку алмазным инструментом до гомогенизационного отжига, после которого оксид алюминия становится практически необрабатываемым путем фрезерования. Кроме того, керамика, полученная по такой технологии, содержит большое количество пор, что может увеличить когезионную прочность соединения с облицовочным покрытием. Благодаря высокой пористости керамики, полученной методом плазменного напыления, существенно уменьшается изменение объема материала в процессе гомогенизационного отжига [5]. На сегодняшний день блоки из оксида алюминия для несъемного протезирования выпускаются компаниями Sirona Dental (Sirona In CorisAL) и Nobel Biocare (Nobel Procera Alumina) [4]. В России керамический материал на основе оксида алюминия для ортопедических конструкций, полученный методом плазменного напыления, разработан компанией ЗАО «Уралинтех» (г. Екатеринбург) [2].

Для проведения механических испытаний по схеме одноосного сжатия и трехточечного изгиба было подготовлено две серии по три группы образцов для каждой схемы испытания - 10 штук в каждой, различающихся температурой гомогенизационного отжига (2 часа по 1200 °С, 1400 °С и 1600 °С). Образцы из материала на основе оксида алюминия вырезали при помощи прецизионного станка с алмазным диском (точность 0,05 мм) под водным орошением. Окончательную доводку поверхностей образцов проводили на шлифовальной машине с алмазным кругом. Образцы для сжатия и изгиба имели форму параллелепипеда размерами 3x3x2 мм³ и 30x3x1,5 мм³, соответственно. Механические испытания проводили в центре коллективного пользования Уральского Федерального университета имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина (зав.- д. ф.-м. н., профессор Панфилов П.Е.) на разрывной

машине Shimadzu™ AG-50KN со скоростью перемещения траверса 0,1 мм/мин. Расстояние между опорными призмами при испытаниях на трехточечный изгиб было 10,5 мм. (рис1).



а) Разрывная машина Shimadzu™ AG-50KN б) Образец материала из диоксида алюминия до испытания на сжатие в) Образец материала из диоксида алюминия до и после испытания на изгиб

Рис.1. Иллюстрация оборудования и образцов для испытаний механических свойств.

Результаты и их обсуждение

С ростом температуры отжига прочность керамики при сжатии возрастает с 500МПа до 800МПа, тогда как модуль Юнга и деформация до разрушения практически не меняются (таб.№1). При повышении температуры гомогенизационного отжига наблюдается незначительное увеличение модуля Юнга на изгиб. Прочность и деформация до разрушения при температурах отжига 1200°C и 1400°C одинаковые, тогда как повышение температуры отжига до 1600°C приводит к снижению предела прочности и, соответственно, деформации до разрушения. Такое поведение можно объяснить тем, что при отжиге 1600°C оксид алюминия переходит в кубическую фазу (корунд) – становится более хрупким. При сжатии, когда уровень расклинивающих напряжений в образце существенно ниже, чем при изгибе, данное изменение структуры материала не сказывается на его деформационном поведении.

Табл.1

Механические свойства керамики на основе оксида алюминия при сжатии и изгибе

Одноосное сжатие			
материал	Е, ГПа	σ_b , МПа	δ , %
ICS2-2(1200 ⁰ С)	9.34±0.92	522.7±38.7	7.6±1.4
ICS2-3(1400 ⁰ С)	8.90±1.37	625.7±49.0	9.4±1.6
ICS2-4(1600 ⁰ С)	10.28±0.95	801.1±69.0	9.6±1.2
Трехточечный изгиб			
материал	Е, ГПа	σ_n , МПа	δ , %
ICS2-2(1200 ⁰ С)	28.21±4.13	60.6±3.6	0.31±0.06
ICS2-3(1400 ⁰ С)	31.37±3.30	64.1±4.9	0.31±0.05
ICS2-4(1600 ⁰ С)	34.96±4.02	48.6±3.0	0.18±0.04

Следовательно, оптимальной температурой гомогенизационного отжига такой керамики является 1400⁰С, когда механические свойства наилучшие. Однако, принимая во внимание обстоятельство, что большинство лабораторных печей в зуботехнических лабораториях ограничено температурой 1200⁰С, можно рекомендовать ее в качестве рабочей. Действительно, механические свойства керамики при гомогенизационных отжигах на 1200⁰С и 1400⁰С близки. Следует отметить, что по прочностным свойствам изученный материал превосходит керамики на основе диоксида циркония.

Благодаря использованию технологии плазменного напыления используемого для получения предложенного нами керамического материала на основе оксида алюминия, он обладает механическими свойствами, позволяющими подвергать его механической обработке, в частности, подвергать обработке фрезерованием. Это обусловлено тем, что в плазменной струе плавление частиц электрокорунда происходит при очень высоких температурах, и расплав его кристаллизуется на подложке в форме гамма – Al₂O₃. [3]. В результате готовый напыленный керамический блок представляет собой многослойную плотноупакованную структуру из частиц Al₂O₃ в гамма-фазе, то есть с более низкой твердостью, хрупкостью и более высокой пластичностью, по сравнению с Al₂O₃ в альфа - фазе. Поскольку керамика, получаемая по заявленному способу, обладает механическими свойствами, позволяющими подвергать её обработке фрезерованием, то это позволяет использовать её для изготовления ортопедических конструкций современным методом с использованием CAD-CAM системы [1, 9].

Выводы

1. Керамика на основе оксида алюминия, полученного методом плазменного напыления по своим прочностным характеристикам может быть использована для изготовления цельнокерамических конструкций.
2. Оптимальная температура гомогенизационного отжига материала составляет 1200°C.

Список литературы

1. ГОСТ 31571 – 2012: Керамика стоматологическая. Технические требования. Методы испытаний.// (ISO 6872:1995, NEQ) Издание официальное Москва «Стандартинформ». – 2013.
2. Ермаков А.В., Бочегов А.А., Вандышева И.В., Жолудев Д.С., Жолудев С.Е., Григорьев С.С. Заявка на изобретение «Способ получения конструкционной стоматологической керамики на основе оксида алюминия» № 2014106484 от 20.02.2014г.
3. Кайнарский И.С., Дегтярёва Э.В., Орлова И.Г. Корундовые огнеупоры и керамика// М. «Металлургия», 1981. - С. 17-18.
4. Ceramics Overview: Classification by Microstructure and Processing Methods. Russel Giordano, DMD, CAGS, DMSc; and Edward A. McLaren, DDS, MDC – Compendium, November/December 2010- P. 120-123.
5. Christensen R.P. , Eriksson K.A, Ploeger B. J. Clinical performance of PFM, zirconia, and alumina three-unit posterior prostheses [abstract]. http://iadr.confex.com/iadr/2008Toronto/techprogram/abstract_105962.htm.// Accessed June 6, 2010.
6. Della Bona, Kelly J.R. The clinical success of all-ceramic restorations// J. Am. Dent. Assoc. - 2008; vol. - 139(suppl);P- 8-13.
7. Flexural strength of a glass-infiltrated alumina dental ceramic incorporated with silicon carbide whiskers / S.C. Tan, J. Chai, W.T. Wozniak, Y. Takahashi // Int. J. Prosthodont. - 2001. – vol.- 14, - P:350—354.
8. Hegenbarth E.A. Procera aluminum oxide ceramics: a new way to achieve stability, precision, and esthetics in all-ceramic restorations// Quintessence Dent. Technol. -1996.–vol. -20, - P:21-34.
9. Hertzberg Richard W. Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials 4th Edition Book Description // John Wiley & Sons Inc, 1995. – P. 786.
10. Raigrodski A.J. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: A prospective clinical pilot study/ A.J. Raigrodski, G.J. Chiche, N. Potiket // J. Prosthet. Dent. – 2006- vol. - 96(4). - P:237-244.

Рецензенты:

Мандра Ю.В., д.м.н., доцент, декан стоматологического факультета ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, г.Екатеринбург.

Жолудев С.Е., д.м.н., профессор заведующий кафедрой ортопедической стоматологии ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, г.Екатеринбург.