

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2019-6-29-32>

ПРОЧНОСТЬ НА ИЗГИБ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Алисин В.В.

Ключевые слова: испытания материалов на изгиб, высокотемпературные испытания, керамика, диоксид циркония, прочность на изгиб.

Аннотация. Статья посвящена описанию высокотемпературного испытания на изгиб керамики на основе частично стабилизированного диоксида циркония. Эксперименты выполнены по схеме трехточечного изгиба. Установлено, что прочность при изгибе с повышением температуры 700 до 1500 °С существенно падает, но остается в допустимых пределах для применения в высокотемпературных узлах трения.

BENDING STRENGTH OF CERAMICS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE AT HIGH TEMPERATURES

Alisin V.V.

Keywords: bending tests of materials, high temperature tests, ceramics, zirconium dioxide, bending strength

Abstract. The article is devoted to the description of high-temperature bending test of ceramics based on partially stabilized zirconium dioxide. The experiments were performed according to the three-point bending scheme. It is established that the bending strength with temperature increase of 700 to 1500 0C falls significantly, but remains within acceptable limits for use in high-temperature friction units.

Керамика на основе диоксида циркония перспективна для применения в узлах трения, работающими в условиях повышенных температур [1-3]. Поэтому установление температурных границ их применения представляется актуальным. Технологические режимы формирования керамического материала разнообразны и обеспечивают различные характеристики прочности, а температурные испытания очень трудоемки. Поэтому представляется целесообразным основываясь на физике разрушения, а именно на том обстоятельстве, что изменение прочностных свойств керамики обусловлено [4] структурными изменениями под влиянием температуры, протекающими для керамических материалов одинакового химического состава одинаково, определить гомологическую зависимость изменения предела прочности от температуры.

Материал и образцы для испытаний были в форме балочек размером 42х5х5 мм (10 образцов) изготовленных из нанопорошков. В качестве исходного материала для изготовления деталей используется частично стабилизированный оксидом иттрия диоксид циркония (таблица 1).

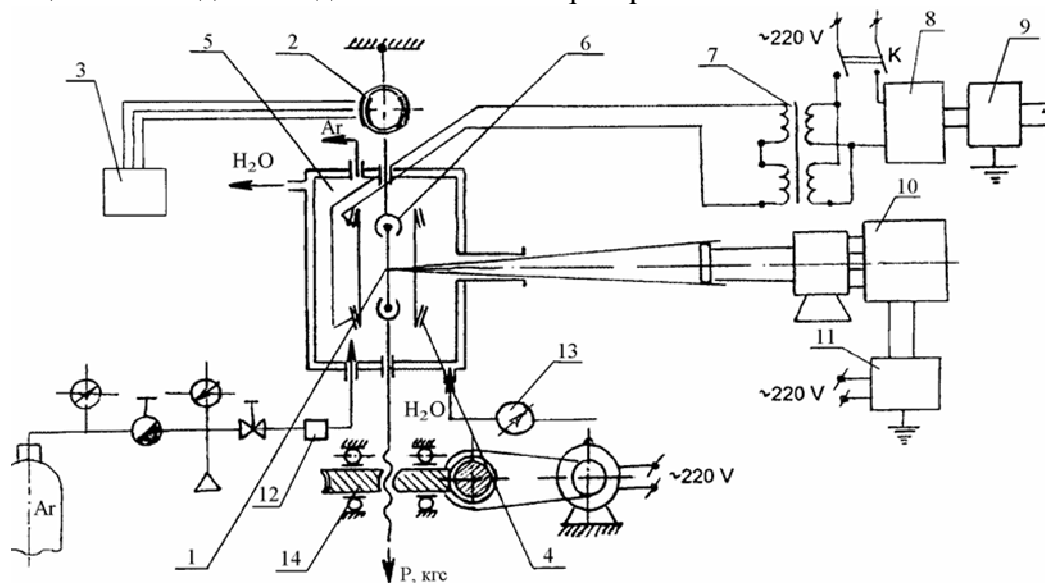
Табл. 1. Химический состав керамики из диоксида циркония (%)

ZrO ₂	Y ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
основа	5,4	0,10	0,06	0,043	0,024	0,01	<0,01	0,025	0,035	0,02

Нанопорошок получен по золь-гель технологии совместным распылительным осаждением хлоридных растворов циркония и иттрия, гарантирующим получение порошкообразного продукта из слабоагломерированных наноразмерных кристаллитов, равномерного химического состава.

Испытательное оборудование. Испытания проводились на установке УВТК в среде защитного газа – аргона (на рис. 1.1. показана её принципиальная схема.). Нагрев образцов в интервале температур (700-1500) °С осуществлялся комбинированным способом – за счет лучистой энергии и путем теплопроводности через тонкие (~1 мм) слои защитного газа между нагревателями и образцом.

Скорость нагрева находилась в пределах (25÷50)К/с. При испытаниях время выдержки при заданной температуре составляло ~ 1 мин. Яркостная температура поверхности рабочей части образцов измерялась визуально оптическим эталонным пирометром ЭОП-66 и регистрировалась графопостроителем термоанализатора ТА-1500. Методика контроля температуры описана в [5]. Для передачи нагрузок использовалась специальная водоохлаждаемая оснастка – реверс на сжатие.



- 1 – образец; 2 – динамометр машины Instron мод.1185; 3 – приборная стойка машины Instron мод.1185; 4 – графитовые нагреватели; 5 – защитная камера; 6 – захваты; 7 – трансформатор ОСУ-80; 8 – регулятор напряжения РОТ-630; 9 – прибор Р-III (задатчик); 10 – оптический пирометр ЭОП-66; 11 – ампервольтметр Ф30; 12 – индикатор расхода газа; 13 – манометр; 14 – электропривод

Рис. 1. Принципиальная схема высокотемпературной установки УВТК

Скорость перемещения активного захвата и траверсы приспособления составляла 15 мм/мин. Нагрузки измерялись и регистрировались

тензодинамометром и графопостроителем приборной стойки машины Instron мод. 1185 (с дублированием на термоанализаторе ТА-1500). Погрешности измерения нагрузок, температур и перемещений оцениваются величиной не более $\pm 1,0\%$, $\pm 1,5\%$ и $\pm 5\%$ соответственно. Рабочая часть образцов измерялась штангенциркулем с ценой деления 0,05 мм. Скорость нагрева находилась в пределах (25-50)К/с. При испытаниях время выдержки при заданной температуре составляло ~ 1 мин. Яркостная температура поверхности рабочей части образцов измерялась визуально оптическим эталонным пирометром ЭОП-66 и регистрировалась графопостроителем термоанализатора ТА-1500. (При необходимости при Т до 1173 К может применяться ХА термopара). Для передачи нагрузок использовалась специальная водоохлаждаемая оснастка – реверс на сжатие. Скорость перемещения активного захвата и траверсы приспособления составляла 15мм/мин. Нагрузки измерялись и регистрировались тензодинамометром и графопостроителем приборной стойки машины Instron мод. 1185 (с дублированием на термоанализаторе ТА-1500). Рабочая часть образцов измерялась штангенциркулем с ценой деления 0,05 мм. Испытания проводились на трехточечный изгиб. Результаты экспериментов приведены на рис. 2.

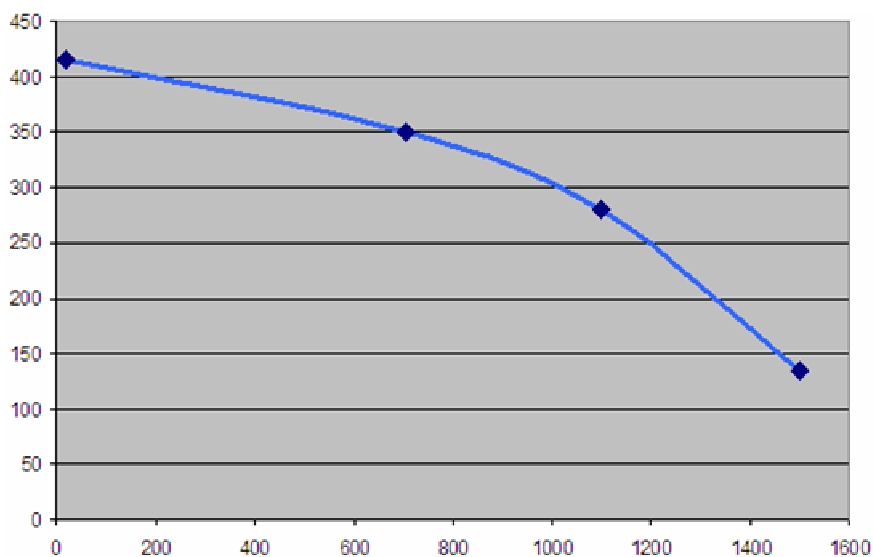


Рис. 2. Зависимость прочности на изгиб циркониевой керамики (МПа) от температуры ($^{\circ}\text{C}$)

Прочность на изгиб исследуемой керамики составляет 506 МПа. На основе выполненных экспериментов можно предположить, что до температуры 700°C изменения в прочности керамики существенно влиять на работоспособность втулок подшипников не будут. При более высоких температурах следует вносить поправку на температуру. Предельной температурой эксплуатации керамики на основе диоксида циркония можно считать 1500°C .

Список литературы

1. Алисин В.В. Новые конструкционные материалы на основе наноструктурированных кристаллов диоксида циркония // Развитие науки и образования. Чебоксары, 2018. С. 5-15.
2. Gogotsi G.A. Deformation behavior of ceramics // J. Eur. Ceram. Soc. 1991. V.2. P. 87-92.
3. Рошин М.Н. Исследование фрикционных свойств материалов при высоких температурах // Современные проблемы теории машин. 2018. №6. С. 7-9.
4. Opeka M.M., Talmy I.G., Zaykovski J.A. Oxidation-based materials selection for 2000 OC + hypersonic aerosurfaces^ theoretical considerations and historical experience.// J. Mater. Sci/ 2004. V.39 (19). P. 5887-5904.
5. Рошин М.Н. Влияние нагрузки на коэффициент трения углерод-углеродных материалов при высоких температурах // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2018. Issue 11. P. 13-16.

References

1. Alisin V.V. New structural materials based on nanostructured crystals of zirconium dioxide // Development of science and education. Cheboksary, 2018. P. 5-15.
2. Gogotsi G.A. Deformation behavior of ceramics // J. Eur. Ceram. Soc. 1991. V.2. P. 87-92.
3. Roshchin M.N. Study of friction properties of materials at high temperatures // Modern problems of machine theory. 2018. № 6. P. 7-9.
4. Opeka M.M., Talmy I.G., Zaykovski J.A. Oxidation-based materials selection for 2000 OC + hypersonic aerosurfaces^ theoretical considerations and historical experience.// J. Mater. Sci / 2004. V. 39 (19). P. 5887-5904.
5. Roshchin M.N. Influence of load on the coefficient of friction of carbon-carbon materials at high temperatures // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2018. Issue 11. P. 13-16.

Алисин Валерий Васильевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Института машиноведения им. А.А.Благонравова Российской академии наук, Россия, Москва, vva-imash@yandex.ru

Alisin Valery Vasilyevich – candidate of technical sciences, leading research associate., Institute of mechanical engineering named A.A. Blagonravov of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, vva-imash@yandex.ru

Received 11.03.2019