

**Исследование влияния размерных факторов на плотность, твердость,  
прочность на сжатие и трещиностойкость композитов на основе оксида  
алюминия**

Студент гр. 104617 Бурак А.Е.

Научные руководители – Голубцова Е.С., Шевченко А.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Керамику, состоящую в основном из оксида алюминия, принято называть корундовой керамикой в соответствии с названием природного минерала корунда, представляющего собой чистый оксид алюминия  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Так как искусственно изготовленная техническая корундовая керамика содержит не только  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а в ряде случаев – некоторые введенные добавки и сопутствующие сырью примеси, то условно принято называть корундовой керамикой такую, которая содержит 95% и более  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и основной кристаллической фазой которой является корунд.

Изделия из оксида алюминия можно изготавливать разнообразными методами. Выбор метода зависит главным образом от формы и размеров изделия, а также от тех свойств, которые необходимо придать изделию. Применение корундовой керамики очень разнообразно, и в каждом отдельном случае стремятся максимально улучшить требуемое свойство.

Широкое применение традиционных керамических материалов с крупнозернистой структурой ограничено из-за их высокой хрупкости и низкой прочности. В ряде современных исследований показано, что значительное повышение механических и функциональных свойств керамических материалов достигается благодаря уменьшению размера кристаллитов в нанометровую область. При этом получение объемных керамических материалов с наноразмерной структурой является сложной задачей из-за ограниченных возможностей известных технологических подходов. Из ряда подходов синтеза керамик особенно привлекательным, ввиду относительной дешевизны и простоты, является формирование объемных керамических тел по порошковой технологии, включающей получение порошка, формование порошковой заготовки и спекание компакта до требуемой плотности.

Целью данной работы является исследование влияния размерных факторов на плотность, твердость, прочность на сжатие и трещиностойкость композитов на основе оксида алюминия.

Объектами данного исследования были различные порошки  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , как микронного, так и нанометрового диапазона. Были приготовлены композиции из смеси указанных выше порошков. Композиции готовились смешиванием и измельчением в планетарной мельнице САНД в этиловом спирте в течение 1 ч и последующей сушкой в сушильном шкафу.

Прессование исходных порошков и полученных смесей проводили статическим методом на разрывной машине ZD-40 в интервале давлений 100-700 МПа с использованием в качестве связующего ПВС. Спекание полученных образцов осуществляли в течении 0,5-4 ч в камерной лабораторной электропечи ВТП 12/15 в воздушной атмосфере и в вакууме в печи СНВ-1.3.1/20И1. Температуры спекания варьировали в диапазоне 1300 – 1600°C.

На первом этапе изучалось влияние давления статического прессования и дисперсного состава композитов на плотность образцов. Анализ данных закономерностей показал, что плотность прессовок одной химической природы из смесей микронных порошков ГК (ГН, М1) и наноразмерных порошков  $\text{Al}_2\text{O}_3$  во всех случаях была выше, чем плотность прессовок из исходных наноразмерных или

микронных порошков. Аналогичная ситуация наблюдалась и для композиций на основе ГК, ГН, М1 и добавок 5, 10, 20 об.%  $Ta_2O_5$ . Из полученных данных следует, что добавки от 5 до 20 об.% наноразмерных и субмикронных порошков как одной, так и разной химической природы, улучшают прессуемость и формуемость композиционной шихты. В тоже время плотность прессовок из наноразмерных порошков плазмохимического синтеза ( $d \sim 80$  нм)  $Al_2O_3$  и  $TiN$  была на 10-15% выше, чем плотность прессовок на основе смеси этих порошков.

При исследовании влияния дисперсного состава исходного материала и режимов спекания композитов на их плотность (теоретическую плотность) установлено, что с ростом размера частиц исходных чистых порошков  $Al_2O_3$  (М1, ГН, ГК, соответственно, средний размер частиц 1 мкм, 5 мкм и 10 мкм) плотность спеченных керамик (1550°C, 2 ч) падает от 3,6 г/см<sup>3</sup> (для М1) до 2,8 г/см<sup>3</sup> (для ГК). Введение в указанные выше исходные материалы до 20 об.% наноразмерного порошка  $Al_2O_3$  способствовало повышению плотности спеченного материала на основе М1 и ГН примерно на 5-10%. Это, по-видимому, связано с сегрегацией ультрадисперсных частичек по границам матричных зерен и высокой скоростью диффузии матрицы через сегрегированную фазу.

Исследовано влияние размера исходных частиц порошков, составляющих композит, на их твердость, прочность на сжатие и трещиностойкость после спекания. Установлено, что предел прочности на сжатие для композитов на основе технического глинозема ГК (дисперсность 10 мкм) изменялся от 200 до 350 МПа при изменении содержания наноразмерной компоненты в исходном материале от 0 до 20 об.%. Закономерностей изменения твердости и коэффициента трещиностойкости, спеченных в указанных режимах композитов, не установлено, вследствие высокой пористости образцов на основе технического глинозема марки ГК (15-20%). Для композита на основе электрокорунда марки М1 (дисперсность 1 мкм), изготовленного в тех же условиях,  $\sigma_{сж}$  возрастало от 460 до 840 МПа, твердость по шкале HRA с 88 до 91, коэффициент трещиностойкости колебался в пределах 2,2-2,7 МПа·м<sup>1/2</sup> с изменением содержания легирующего компонента от 0 до 20 об.%. Наиболее высокие значения твердости (92 HRA), трещиностойкости (до 4,6 МПа·м<sup>1/2</sup>) и предела прочности на сжатие (1240 МПа) получены для композитов на основе электрокорунда марки М1 с добавкой  $Mn_2O_3$ , спеченных при 1550°C (при размере зерен  $\sim 1$  мкм).

УДК 621. 723

### **Обработка и упрочнение поверхностей инструментов и деталей машин с наложением комбинированных физических полей**

Магистрант Ефимов А.М., аспирант Линник А.В.

Научный руководитель – Акулович Л.М.

Белорусский государственный аграрный технический университет  
г.Минск

На ряду с изменениями качественного состава операций технологического процесса происходит рост количества финишных операций в связи с повышением сложности конструкций и требований к точности и качеству их изготовления. К финишным операциям относится и магнитно-абразивная обработка (МАО).

Суть МАО заключается в следующем. Обрабатываемая деталь помещается между полюсными наконечниками с зазорами, в которые подается порошок, обладающий магнитными и абразивными свойствами [1]. Детали сообщается вращательное движение и осциллирующее движение вдоль горизонтальной оси.