

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/69

ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКОГО ОТКЛИКА ОБРАЗЦОВ  
КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ  $Al_2O_3$

<sup>1,2</sup>Кульков А.С., <sup>1,2</sup>Смолин И.Ю., <sup>1,2</sup>Микушина В.А.

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

<sup>2</sup>Томский государственный университет, Томск, Россия

Были изучены образцы керамики, полученные методом шликерного литья технически чистого порошка  $Al_2O_3$  и спеченные при трех разных температурах 1400°C, 1500°C, 1600°C. Определены пределы прочности для всех образцов при трехточечном изгибе. Проведен детальный анализ микроструктуры образцов при помощи растровой электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. Определена пористость образцов, получены данные о размерах зерен и пор. Проведены механические испытания на трехточечный изгиб с регистрацией *in situ* скорости смещения поверхностей нагружаемых образцов вплоть до полного разрушения.

Изучение механического отклика образцов пористой керамики на основе  $Al_2O_3$  было проведено при помощи лазерного доплеровского виброметра. Лазерная доплеровская виброметрия относится к бесконтактным методам измерений, основанным на оптическом лазерном излучении. Эта техника позволяет измерять скорость движения точек поверхности, основываясь на эффекте Доплера (изменение длины волны или частоты движущегося источника волны).

В работе были использованы три основных экспериментальных прибора:

1. Универсальная испытательная машина Instron 1185 для определения пределов прочности, модулей упругости и других физико-механических параметров. Построены диаграммы "напряжение-деформация".
2. Лазерный доплеровский виброметр фирмы Polytec для измерения скоростей смещения поверхностей нагружаемого материала.
3. Растровый электронный микроскоп фирмы Vega 3 LMU.

Пористость образцов уменьшается при увеличении температуры спекания примерно на 8% на каждые 100°C. Средний размер пор составляет 3,8, 2,5 и 3,9 мкм для температур от 1400 до 1600°C соответственно. Размеры пор имеют разный характер распределения в зависимости от температур. Так, для 1400 градусов основной размер варьируется от 1 до 5 мкм, а максимум наблюдается от 2 до 3, в то время как для 1500 градусов основной размер пор от 0.5 до 2 мкм, с максимумом меньше 1. Для 1600 градусов можно наблюдать похожую картину, но максимум размера пор будет располагаться в размерах от 2 до 3 мкм.

Средний размер пор при повышении температуры спекания сначала уменьшается, потом увеличивается. По-видимому это связано с коалесценцией пор при высоких температурах спекания. Результаты расчетов стандартного отклонения размера пор показывают незначительное его увеличение при температуре спекания 1500°C (2,3 мкм), в то время как для температуры спекания в 1400 и 1600°C стандартное отклонение практически одинаковое – 1,9 и 1,8 мкм.

Анализ диаграмм распределения зерен по размерам в соответствии с температурой спекания образцов показывает, что для каждой температуры присутствует максимум в районе размера зерен от 2 до 3 микрон. Но для температур в 1400 и 1500 градусов основная масса зерен имеет размеры от 1 до 4 мкм, а для температуры в 1600 градусов от 1 до 6 мкм.

Результаты испытаний на трехточечный изгиб показывают, что предел прочности растет при повышении температуры спекания от 1400 до 1600°C с 148 МПа до 278 МПа.

При испытаниях на изгиб проводили также измерения скорости смещения боковой поверхности нагруженных образцов. Частота записи при измерениях составляла 48 кГц, точность измерения скорости по амплитуде — 0.1 мкм/с. При исследовании полученных картин изменения скорости свободной поверхности со временем особое внимание уделялось высокоамплитудным участкам, то есть участкам, отвечающим за начало разрушения образца

## **Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой**

---

и непосредственный процесс разрушения. Шум от внешних воздействий по амплитуде, соизмеримый с полезным сигналом на этой стадии не анализировался.

Показано, что скорость смещения поверхности при разрушении колеблется в диапазоне от 10 до 40 мм/с. При этом прослеживается зависимость уменьшения скорости смещения при повышении температуры спекания образцов. Так при температуре спекания 1400°C средние значения скорости смещения поверхности соответствуют 20-25 мм/с по модулю и уменьшаются для температуры 1500°C до 15-20 мм/с и 10-15 мм/с для 1600°C. Выход на катастрофический режим с обострением происходит меньше чем за 1 мс, что существенно отличается от данного показателя для горных пород, исследованного авторами в предыдущих работах, например, мрамор имеет значение 10 мс. Также, в керамических образцах можно выделить принципиально другой сценарий разрушения для всех исследуемых температур спекания образцов, а именно, отсутствует тенденция нарастающего увеличения скорости смещения поверхности образцов в процессе их разрушения, что определяется приходящими сигналами от множества трещин, а не развитием одной магистральной трещины.

Данное научное исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23 и при поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ.