

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-020

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ПРИ ОДНООСНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

Кашин А.Д., Кульков А.С.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

В работе представлены результаты лабораторных испытаний и анализа механического поведения образцов из Al_2O_3 при механических испытаниях на одноосное сжатие с одновременной фиксацией поперечной деформации. Образцы с различной пористостью были получены при различных температурах спекания. Показано, что увеличение прочности и, соответственно, уменьшение пористости существенно определяют изменение коэффициента Пуассона при нагружении, причем это изменение начинается задолго до появления первых внутренних микротрещин во внутренних частях материала, т.е. эти результаты ясно показывают явление дилатансии с резким увеличением эффективного коэффициента Пуассона.

Пористость изученных Al_2O_3 образцов колеблется от 48% при 1350 °С до 16% при 1650 °С, что хорошо коррелирует с существующими данными. Размер зерен в образцах, полученных при всех температурах спекания, колеблется от 2 до 6 мкм. В то же время по мере повышения температуры спекания увеличивается процент зерен размером от 4 до 6 мкм. Размеры пор в образцах варьируются от 1 до 7 мкм; для образцов с температурой спекания 1350 °С и 1450 °С основной размер пор составляет от 1 до 4 мкм, а для самых высоких температур увеличивается процент пор размером от 4 до 7 мкм, что совпадает с литературными данными. Пористость образцов уменьшается почти линейно с увеличением температуры спекания, что соответствует литературным данным. Экстраполяция этой кривой с использованием логарифмической функции для определения температуры, при которой пористость образца будет равна 1% показала, что эта температура примерно равна 1850 °С.

Рентгеноструктурные исследования поверхностей образцов показали, что углы расположения дифракционных пиков соответствуют ромбоэдрической структуре оксида алюминия и практически не изменяются с повышением температуры. С увеличением температуры спекания изменялась только ширина рентгеновских линий, поэтому мы рассчитали размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) для (012)-линии с наименьшим углом дифракции, из чего видно, что зависимости размеров областей когерентного рассеяния для различных температур спекания образцов Al_2O_3 увеличиваются с увеличением температуры спекания и ОКР изменяется от 450 Å при самой низкой температуре спекания до 610 Å при самой высокой температуре 1650 °С. На этом рисунке штриховой линией показан ОКР исходного порошка, равный примерно 400 Å, поэтому экстраполяция этой зависимости на более низкую температуру позволила получить, что ОКР изменяется после нагрева образцов всего на 1250 °С.

Значения прочности при изгибе варьируются от 8 МПа при 1350 °С до 87 МПа при 1650 °С с почти линейным увеличением и коррелируют с пористостью образцов. Значения прочности образцов варьируются от 28 до 229 МПа. Как видно из этих данных, имеет место известная корреляция между напряжениями сжатия и изгиба: напряжения сжатия превышают напряжения изгиба в 3 раза.

Также получена аналогичная зависимость напряжения от деформации для образца, спеченного при температуре 1350 °С, и корреляция между продольной и поперечной деформациями, измеренными при испытании на сжатие. Наклоны продольно-поперечной кривой деформации будут определять эффективный коэффициент Пуассона. На начальном этапе нагружения эффективный коэффициент Пуассона имеет относительно хорошее значение и коррелирует с табличными данными, но при деформации он резко изменяется. Это означает, что при сжатии образца появление избыточного внутреннего объема в образце происходит еще до возникновения эффекта макротрещины, формирующейся во внутренних

частях образца. Эти результаты ясно показывают явление дилатансии с резким увеличением эффективного коэффициента Пуассона.

Получена зависимость изменения эффективного коэффициента Пуассона от плотности спеченных образцов. Увеличение прочности и, соответственно, уменьшение пористости существенно определяет изменение коэффициента Пуассона при нагружении, причем это изменение начинается задолго до появления первых внутренних микротрещин в объеме материала, поэтому дилатансия может происходить легче с повышением температуры. Аналогичная картина наблюдается и при анализе ОКР, т.е. с ростом ОКР в материале легче происходит образование внутренних дефектов (микротрещин), вызывающих эффект дилатансии.

Работа выполнена в соответствии с Государственным научным заданием ИСПМС СО РАН по проекту FWRW-2021-0005.