

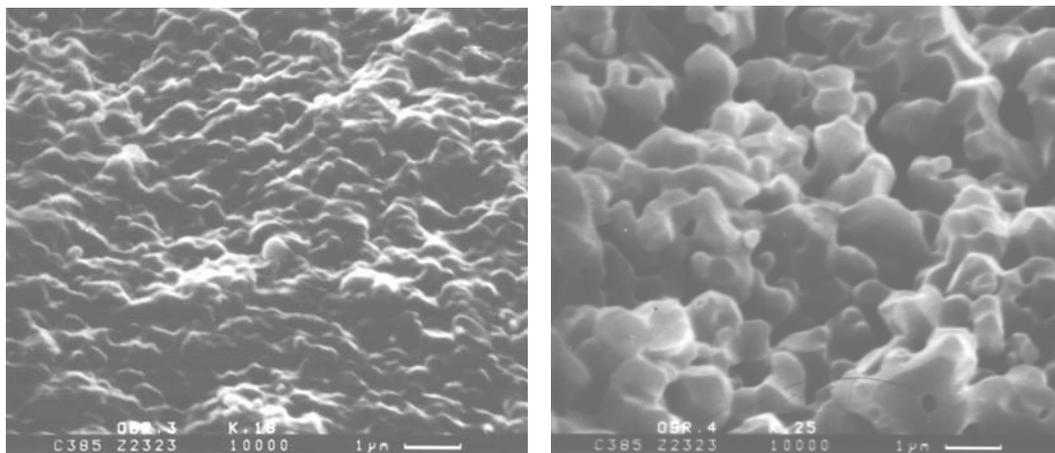
**М.К.Аршинов (асп., Инст. техн. акустики АНБ), Н.К.Толочко, д.ф.-м.н., проф.**

### **ЛАЗЕРНОЕ СПЕКАНИЕ КОМПАКТИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ $Al_2O_3$**

Исследования в области наноструктурных материалов представляют собой новое интенсивно развивающееся направление современного материаловедения. К наноструктурным материалам обычно относят объекты, у которых характерный размер зерна (кристаллита) составляет менее 100 нм. Одним из методов получения таких материалов является спекание порошков с наноразмерными частицами [1]. Характерной особенностью этих порошков является агломерирование (агрегирование) частиц в силу их высокой поверхностной энергии. Следствием агломерирования частиц является их зональное обособление, которое может проявляться на стадии компактирования (прессования) порошков и затем на последующей стадии их спекания. Однако даже в случае неагломерированных ультрадисперсных порошков и их низкотемпературного спекания сохранить нанокристаллическую структуру практически не удается [1]. Это связано с тем, что процессы рекристаллизации, интенсивно развивающиеся при спекании, приводят к значительному росту зерен. При этом преимущество использования ультрадисперсных порошков заключается только в снижении температуры спекания. Прогресс в решении этого вопроса наметился в последние годы благодаря развитию методов спекания порошков, основанных на использовании высокоэнергетических кратковременных воздействий, которые, с одной стороны, обеспечивают получение высокоплотных структур и, с другой стороны, предотвращают развитие рекристаллизации, приводящей к нежелательному росту зерен. В этой связи представляет особый интерес разработка методов создания наноструктурных материалов путем спекания порошков под действием лазерного излучения. До сих пор технология лазерного спекания развивалась в основном применительно к двухкомпонентным системам различного состава с легкоплавким связующим компонентом, а также к однокомпонентным системам на основе полимеров или металлов, которые при нагреве сравнительно легко подвергаются размягчению или частичному поверхностному плавлению. Во всех случаях лазерное спекание таких порошков осуществлялось преимущественно по жидкофазному механизму [2].

В настоящей работе представлены результаты предварительных экспериментов, целью которых было выяснить принципиальные возможности лазерного спекания керамических порошков  $Al_2O_3$ . Так как лазерное спекание таких порошков в свободнасыпанном состоянии практически крайне трудно осуществимо, то порошки перед спеканием подвергали компактированию. В качестве источника лазерного излучения был использован непрерывный  $CO_2$ -лазер ИЛГН-709 ( $\lambda = 10.6$  мкм) с мощностью излучения  $P = 100$  Вт. С помощью линзы ZnSe на поверхности образцов формировался лазерный пучок с требуемой плотностью мощности  $W$ . Контроль мощности излучения осуществлялся с помощью измерителя мощности ИМО-2Н. Длительность облучения  $\tau$  в разных экспериментах варьировалась. Использовались порошки двух типов со средними размерами частиц  $d_{cp} = 22$  нм (тип 1) и 250 нм (тип 2). Порошковые компакты (пластины диаметром 5 мм и толщиной 0.5 мм) готовились методом статического прессования при давлении 15 МПа с использованием в качестве связующего 10%-го водного раствора ПВС. Предварительно, перед обработкой лазерным излучением, из компактированных образцов удалялась адсорбированная вода путем нагрева (образцы нагревались до температуры  $T \sim 150$  °С в вакуумной камере при скорости нагрева 5 град./мин). Измерение микротвердости по Виккерсу (нагрузка 25 г) осуществлялось с помощью микротвердомера «Micromet-II» фирмы Buchler. Структура образцов изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Поверхность образцов после лазерной обработки становилась блестящей, что свидетельствует о ее оплавлении. Коэффициент усадки  $K_y$  был равен 0.8 и 0.6 для образцов из порошков типа 1 и 2 соответственно. На рисунке (А) представлена фотография излома образца, спеченного из порошка типа 1 (минимальный размер зерен  $d_{\min} = 200$  нм, максимальный -  $d_{\max} = 500$  нм). На рисунке (Б) представлена фотография излома образца, спеченного из порошка типа 2 ( $d_{\min} = 400$  нм,  $d_{\max} = 3$  мкм). Структура образцов, спеченных из порошка типа 1, более плотная и, как следствие, более прочная. Среднее значение поверхностной микротвердости  $H_{V25}$  было равно  $\sim 13469$  МПа и  $\sim 6186$  МПа для образцов из порошков типа 1 и 2 соответственно.



А

Б

Структура образцов  $Al_2O_3$  спеченных лазерным излучением при  $\tau = 10$  сек и  $W=125$  Вт/см<sup>2</sup>.

Средние размеры частиц исходных порошков: 22 нм (А) и 250 нм (Б).

Проведенные предварительные исследования показывают, что при обработке порошковых компактов  $Al_2O_3$  лазерным излучением могут быть достигнуты условия, обеспечивающие получение наноструктурных керамических материалов. Наблюдавшееся в экспериментах возрастание размеров частиц может быть связано с зональным обособлением их исходных агломератов, а также с развитием рекристаллизации, вызванной значительной длительностью и энергией лазерного воздействия. Для оптимизации режимов лазерной обработки с целью получения структур с заданными характеристиками необходимо дальнейшее более глубокое изучение закономерностей и механизмов лазерного спекания порошков.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Андриевский Р.А. Порошковая металлургия, 22, (1999), с.119-126.
2. Tolochko N.K., Michailov V.B., Laoui T., Froyen L., Ilyushcenko A.Ph., Steinhäuser S. and Ignatiev M.B. , Science of Sintering, 32 (2000) 2, p.53-59.