

4. И. С. Ясников, А. А. Викарчук К вопросу о существовании полостей в икосаэдрических малых металлических частицах электролитического происхождения // Письма в ЖЭТФ – 2006. – т. 83, вып. 1. – С. 46 – 49.
5. А. А. Викарчук, И. С. Ясников Особенности массо- и теплообмена в микро- и наночастицах, формирующихся при электрокристаллизации меди // Физика твёрдого тела. – 2006. – т. 48, вып. 3. – С. 536 – 539.
6. A. Howie, L. D. Marks Elastic strains and the energy balance for multiply twinned particles // Philosophical Magazine A. – 1984. – Vol. 49, No. 1. – P. 95 – 109.
7. V. G. Gryaznov, J. Heidenreich, A. M. Kaprelov, S. A. Nepijko, A. E. Romanov, J. Urban Pentagonal symmetry and disclinations in small particles // Crystal Research and Technology. – 1999. – Vol. 34, № 9. – P. 1091 – 1119.
8. Б. Я. Любов Диффузионные изменения дефектной структуры твёрдых тел // Москва: Металлургия, 1985. – 208 с.
9. Ю. Д. Гамбург Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов // Москва: Янус-К, 1997. – 384 с.
10. А. А. Викарчук, А. П. Воленко, И. С. Ясников Дефекты и структуры, формирующиеся при электрокристаллизации ГЦК-металлов // Санкт-Петербург: Политехника, 2004. – 216 с.
11. А. Е. Романов, Г. Г. Самсонович Диффузия в упругом поле клиновой дисклинации // Письма в ЖТФ. – 1988. – т. 14, вып. 14. – С. 1339 – 1342.

УДК 534.321.9:621.762.4

## ПОЛУЧЕНИЕ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

**Шилин А. Д.\***, **Рубаник В. В.**, **Рубаник В. В.\*мл.**

*Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь*

*\* УО "Витебский государственный технологический университет", Витебск, Беларусь  
[ita@vitebsk.by](mailto:ita@vitebsk.by)*

Улучшение эксплуатационных электрических характеристик и увеличение прочности керамических изделий возможно только при прессовании заготовок высокой плотности. Пресс-заготовки, получаемые при промышленном производстве керамики, путем прессования в одноосной пресс-форме, не обеспечивают возможности изготовления изделий с низкой пористостью. В последнее время все чаще для улучшения физико-механических свойств получаемых керамических и металлических изделий применяют ультразвуковые колебания (УЗК) [1–4].

Целью настоящей работы является улучшение качества керамики ЦТБС-3М и ВаTiO<sub>2</sub> путем применения УЗК при изготовлении пресс-заготовок.

Прессование исходных порошков с применением УЗК проводили по схеме, приведенной в [1]. Частота УЗК составляла 22 кГц, амплитуда – 12–15 мкм, мощность – 0,4 кВт, время выдержки при максимальном давлении – 30 с. Источником УЗК служил генератор УЗДН-2Т. В качестве связки использовали 7% раствор поливинилового спирта, который вводили в прессуемый порошок до 4 весовых процентов.

Гистограмма распределения по размерам зерен, предварительно синтезированного порошка ЦТБС-3М, после сухого помола приведена на рис. 1.

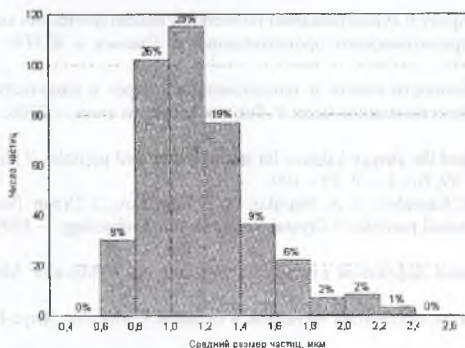


Рис. 1. Гистограмма распределения по среднему размеру частиц порошка ЦТБС-3М

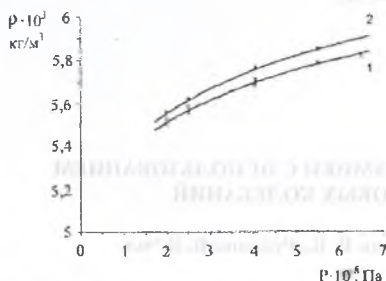


Рис. 2. Зависимость плотности пресс-заготовок от давления прессования керамики ЦТБС-3М: 1 — прессование без УЗК; 2 — прессование с наложением УЗК. Количество связки 4 весовых процента.

Прессование в ультразвуковом поле заготовок керамики  $\text{BaTiO}_3$  и ЦТБС-3М позволяет увеличить их плотность на 3–5%. Изменение плотности пресс-заготовок в зависимости от давления прессования по традиционной и ультразвуковой технологии для ЦТБС-3М представлено на рис. 2.

Микроструктура синтезированной керамики ЦТБС-3М, полученной протяжкой, обычным прессованием и прессованием в ультразвуковом поле, показана на рис. 3.

Исследования микроструктуры синтезированной керамики ЦТБС-3М с помощью электронного микроскопа показывают, что применение ультразвука позволяет уменьшить пористость и получить более равномерное распределение зерен по размерам (рис. 4).

Уменьшение пористости керамики, полученной из пресс-заготовок, сформированных в ультразвуковом поле, подтверждается и исследованием керамики  $\text{BaTiO}_3$  (рис. 5).

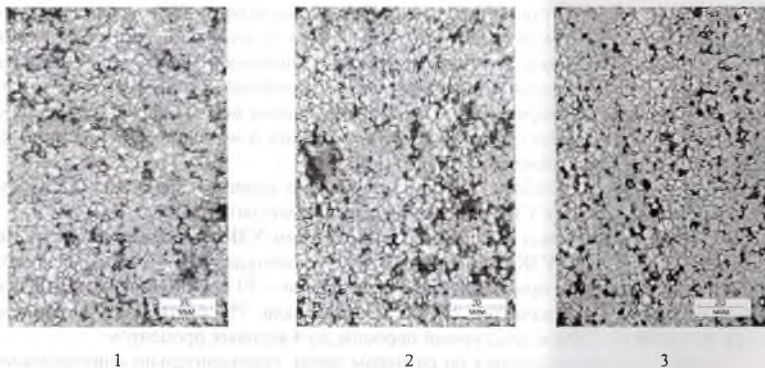


Рис. 3. Микроструктура керамики ЦТБС-3М: 1 — протяжка; 2 — обычное одноосное прессование; 3 — прессование в ультразвуковом поле. Количество связки 4 вес. %

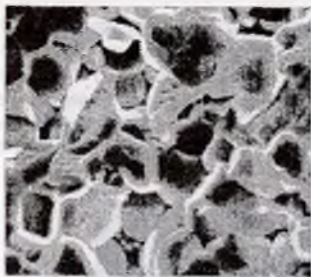


Рис. 4. микроструктура керамики ЦТБС-3М, полученной прессованием с УЗК.

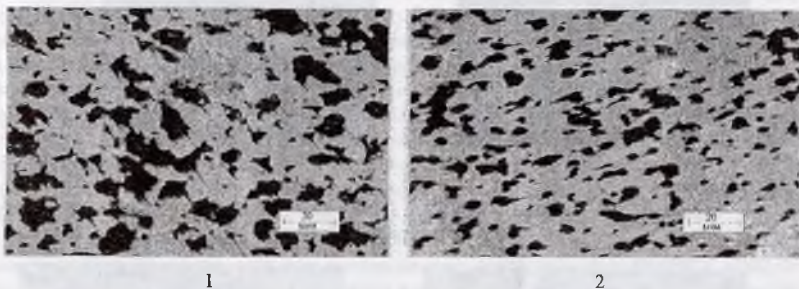


Рис. 5. Структура керамики BaTiO<sub>3</sub>, полученной прессованием: 1 - без использования УЗК; 2 - с наложением УЗК

Проведены исследования по возможности уменьшения количества применяемой для получения заготовок связки. Микроструктура синтезированной керамики ЦТБС-3М, полученной различными методами с уменьшением количества вводимой в пресс-порошок связки до 2 весовых процентов, показана на рис.6.

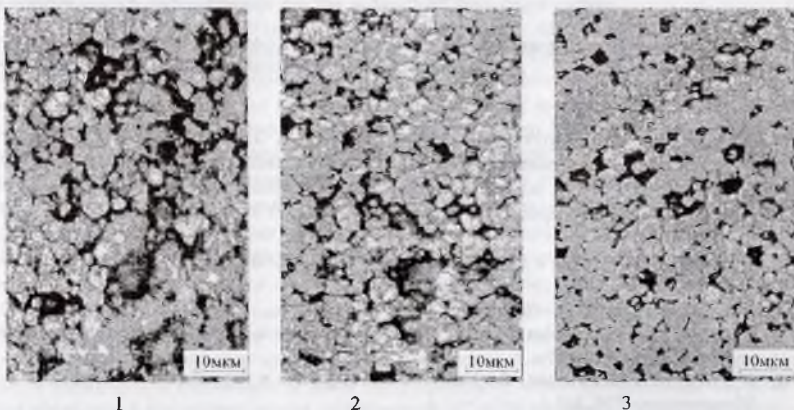


Рис. 6. Микроструктура керамики ЦТБС-3М: 1 – протяжка; 2 – обычное одноосное прессование; 3 – прессование в ультразвуковом поле. Количество связки 2 вес.%

Установлено, что уменьшение количества связки до 2 весовых процентов при применении УЗК в процессе прессования заготовок не влияет на их прочность и уменьшает пористость синтезированной керамики. Установлено также, что воздействие ультразвуковых колебаний на исходный порошок через жидкую среду приводит к его некоторому измельчению за счет разрушения агломератов (рис. 7). Микроструктура керамики ЦТЭС-3М, синтезированной из спрессованных с помощью УЗК образцов без применения связки, показана на рис. 8.

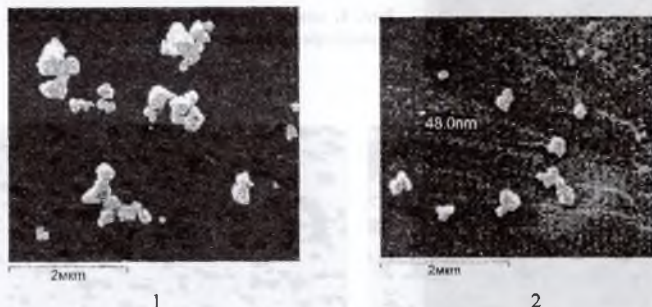


Рис. 7. Микроструктура порошка ЦТЭС-3М: 1 – исходный материал; 2 – после предварительной ультразвуковой обработки

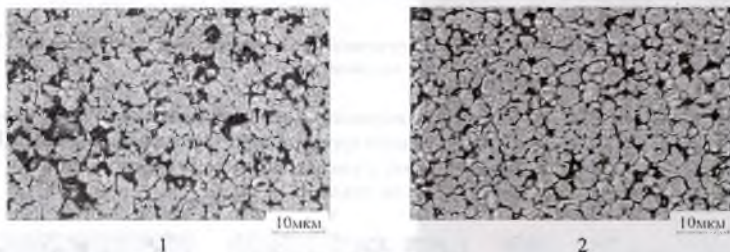


Рис. 8. Микроструктура керамики ЦТЭС-3М, полученной: прессованием в ультразвуковом поле без применения связки: 1 – исходный порошок; 2 – порошок, предварительно обработанный в ультразвуковом поле.

Сравнение микроструктуры керамики ЦТЭС-3М, полученной различными методами, показывает, что наименьшая пористость наблюдается у образцов, синтезированных из пресс-заготовок, полученных из порошка, предварительно обработанного в ультразвуковом поле и спрессованного с применением УЗК.

*Работа выполнена в рамках задания ГКПНИ «НАНОТЕХ»*

#### Список литературы

1. В.В.Артемов, В.В.Клубович, В.В.Рубацкий. Ультразвук и обработка материалов. Экоперспектива, Мн., 2003, 355 с.
2. Б.А.Агранат, А.П.Гудович, Л.Б.Невеженко. Ультразвук в порошковой металлургии. – М., Металлургия, 1986, 168 с.
3. О.Л.Хасанов, Ю.П.Похолков и др. Ультразвуковая обработка наноструктурных порошков для изготовления циркониевой технической керамики. «Перспективные материалы». 2000, Т.1, с.50-55.