

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КЕРАМИК ZrO_2 и ZrO_2-ZrB_2 ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ УДАРНО-ВОЛНОВОГО КОМПАКТИРОВАНИЯ

В.Н. БУРДУКОВСКИЙ¹, А.С. БУЯКОВ^{1,2,3}

¹Национальный исследовательский Томский Государственный университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

³Национальный исследовательский Томский Политехнический университет

E-mail: vladimirburdukovsky@gmail.com

Актуальность разработки новых конструкционных керамических материалов на основе диоксида циркония (ZrO_2) и диборида циркония (ZrO_2-ZrB_2) обусловлена уникальным комплексом физико-механических свойств этих керамик. Эти материалы обладают высокой температурой плавления, прочностью, износостойкостью и твёрдостью. В связи с этим они находят своё применение в таких сферах как: нефтегазовая промышленность, медицина, металлургия и др.

Ввиду высокой твёрдости такие материалы относятся к труднопрессуемым и для их компактирования целесообразно применять методы ударно-волнового воздействия. Уникальность метода ударно-волнового компактирования заключается в том, что к прессуемой массе порошка за короткий промежуток времени прикладывается большее по сравнению с традиционными методами нагружения количество энергии [1]. Однако несмотря на исследовательские работы ряда авторов в данной области существует недостаток научного знания о влиянии ударно-волнового компактирования на микро- и тонкую кристаллическую структуру материала.

Целью данной работы является исследование структуры керамик на основе ZrO_2 и ZrO_2-ZrB_2 полученных методом ударно-волнового компактирования.

В работе исследованы керамические образцы на основе ZrO_2 и композиционного материала ZrO_2-ZrB_2 , которые имели цилиндрическую форму диаметром 5-6 мм. Для исследования тонкой кристаллической структуры материалов были сняты рентгенограммы на дифрактометре ДРОН-3. В условиях фильтрованного $Cu-K\alpha$ излучения (длина волны $\lambda = 1,5417\text{\AA}$) в угловом диапазоне 2θ от 20° до 90° с шагом 0.05 и временем экспозиции 3 с, расшифровка рентгенограмм была произведена с помощью ПО Renex. Для оценки параметров кристаллической решётки были взяты из литературных данных [2], а также были вычислены параметры после ударно-волнового компактирования. Для определения областей когерентного рассеяния (ОКР) и микроискажений кристаллической решётки был использован метод графического построения зависимостей Вильямсона-Холла. Микронапряжения оценены как произведение микроискажений кристаллической решётки на модуль упругости исследуемого образца. Для изучения микроструктуры исследуемых керамик были получены изображения с помощью растрового-электронного микроскопа.

Рентгеноструктурный анализ исследуемых керамик на основе ZrO_2 и композита ZrO_2-ZrB_2 показал, что после ударно-волнового компактирования параметры кристаллической решётки исследуемых материалов изменились, таблица 1.

Таблица 1 – Исходные и полученные параметры кристаллической решётки исследуемых образцов

Материал	Фаза	Исходные данные			Полученные данные		
		a(Å)	b(Å)	c(Å)	a(Å)	b(Å)	c(Å)
ZrO_2	суб	5,07			5,0987		
ZrO_2	Мон	5,1477	5,2030	5,3156	5,1547	5,1672	5,282
ZrB_2	Гек	3,1687	3,1687	3,5301	3,1566	3,1565	3,4684

Где суб-кубическая фаза ZrO_2 , мон-моноклинная фаза ZrO_2 , гек-гексагональная фаза ZrB_2 .

Анализ полученных результатов показал, что параметры кубического диоксида циркония увеличились на 0,5%; моноклинного: параметр а-увеличился на 0,1%, параметр b-уменьшился на 0,7%, параметр с-уменьшился на 0,6%; параметры ZrB₂: а, b-уменьшились на 0,4%, с-уменьшился на 1,7%.

Микроискажения и размеры ОКР для ZrO₂ и ZrB₂ были определены из графического построения зависимостей Вильямсона-Холла, таблица 2.

Таблица 2 – Значения микроискажений и размеров ОКР для ZrO₂ в кубической и моноклинной фазах, а также для ZrB₂ в гексагональной фазе

Материал	Фаза	ϵ	D (Å)
ZrO ₂	sub+mon	0,006	192,24
ZrO ₂	sub+mon	0,006	154,26
ZrB ₂	hex	0,0035	241,9

Исследования показали, что значения микроискажений у ZrO₂ одинаковые и составляют 0,006, а у ZrB₂ 0,0035. Видно, что размеры ОКР у ZrO₂ уменьшаются, у ZrB₂ наибольшее значение размеров ОКР и составляет 241,9 Å.

С помощью полученных растровых изображений для ZrO₂ и ZrB₂ продольного и поперечного шлифа исследуемых образцов керамик оценен средний размер пор, таблица 3.

Таблица 3 – Числовые характеристики размеров пор

Образец и сечение	Среднее значение (μm)	σ (μm)
ZrO ₂ – попер.сеч	19,18	20,74
ZrO ₂ – прод.сеч	32,68	28,29
ZrB ₂ – попер.сеч	10,86	11,03
ZrB ₂ – прод.сеч	18,63	15,05

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00304.

Список литературы

1. Первухин Л.Б. и др. Компактирование взрывом керамических порошков // Письма о материалах – 2015. Т. 5. – № 1. – С. 57-60.
2. Hannink R. H. and Garvie R. C. Subeutectoid aged Mg-PSZ alloys with enhanced thermal up-shock resistance // J. Mater. Sci. –1982. – V. 1 – No. 7. –P. 2837-2843.
3. Kulkov S.N Rheology and porosity effecton mechanical properties of zirconia ceramics // Építőanyag. – 2015. – No. 4. – P. 155.
4. Kulkov S.N Porosity and mechanical properties of zirconium ceramics // AIP Conference Proceedings. – 2014. – V. 1623. – No. 1. – P. 225–228.