

ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ДИБОРИДА ТИТАНА, ПОЛУЧЕННОГО ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

С.О. ПОГОРЕЛОВА, А.Р. НАСЫРБАЕВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: sop2@tpu.ru

Диборид титана TiB_2 относится к тугоплавким соединениям, которые в настоящее время все больше и больше применяются во многих областях промышленности [1]. Керамика на основе диборида титана показывает высокие механические характеристики. Одним из наиболее современных и передовых методов на данный момент для получения керамики является искровое плазменное спекание. Благодаря данному методу можно получать керамику с мелкозернистой основой с высокой плотностью и достаточно быстро по сравнению с другими методами [2]. Также важную роль играет порошок, на основе которого спекают керамику. Сегодня существует множество способов синтеза нанопорошков [3] и одним из возможных является прямой динамический синтез в гиперсверхзвуковой струе электроразрядной плазмы, генерируемой с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ).

Для получения нанопорошков была проведена серия экспериментов с различным способом инициации дугового разряда: титановыми проволочками, углеволокнами, графитизацией. По результатам экспериментов синтезированный продукт был исследован на фазовый состав методом рентгеновской дифрактометрии. Результаты показали, что в эксперименте с Ti -проволочками выход TiB_2 составил 26,8% и средний размер частиц $d_{cp} = 47$ нм; в эксперименте с углеволокнами выход TiB_2 - 62,1% , $d_{cp} = 61$ нм; в эксперименте с графитизацией выход TiB_2 - 93,2% и $d_{cp} = 56,1$ нм.

Керамика на основе полученных порошков была получена с помощью установки искрового плазменного спекания SPS-10-4, Thermal Technology. Спеченная керамика была исследована методом рентгеновской дифрактометрии на установке Shimadzu XRD 6000, методом сканирующей электронной микроскопии на сканирующем микроскопе Hitachi TM 3000, были получены значения твердости на твердомере Galileo и теплопроводности на установке для измерения теплопроводности DLF-1200. Режимные параметры для получения керамики приведены в таблице 1, также в ней представлены результаты по измерению керамики на твердость и плотность.

Таблица 1 – Режимные параметры для спекания керамики TiB_2

N	Способ инициации дугового разряда	Параметры спекания				ρ , г/см ³	ρ , % теор	H_{cp} , ГПа
		T, °C	p, МПа	$\Delta T/\Delta t$, К/мин	$t_{выд}$, мин			
1	Ti -проводники	1800	60	100	5	3,40	75,2	24,7
2	Углеволокна	1800	60	100	5	3,88	85,8	28,3
3	Графитизация	1800	60	100	5	4,45	98,4	30,3

Полученные дифрактограммы были проанализированы в программе PowderCel. Результаты показали, что в эксперименте с Ti -проволочками выход TiB_2 увеличился до 39,3% и средний размер частиц до $d_{cp} = 70$ нм; в эксперименте с углеволокнами выход TiB_2 - 80,2% , $d_{cp} = 64$ нм; в эксперименте с графитизацией выход TiB_2 - 99,4% и $d_{cp} = 112$ нм. Таким образом, в процессе спекания керамики происходит также и синтез TiB_2 , что видно из увеличения содержания фазы TiB_2 . Результаты SEM для керамического образца с использованием Ti -проводников представлены на рисунке 1. Из них можно сделать вывод о том, что керамический образец имеет микроструктуру, размеры зерен составляют значения от долей мкм до 5 мкм. По полученным значениям твердости и плотности из таблицы 1 видно, что наилучшую твердость и плотность показал образец из эксперимента с

графитизацией, что может объясняться наибольшим выходом фазы TiB_2 , которая по сравнению с фазой TiB является более термостабильной.

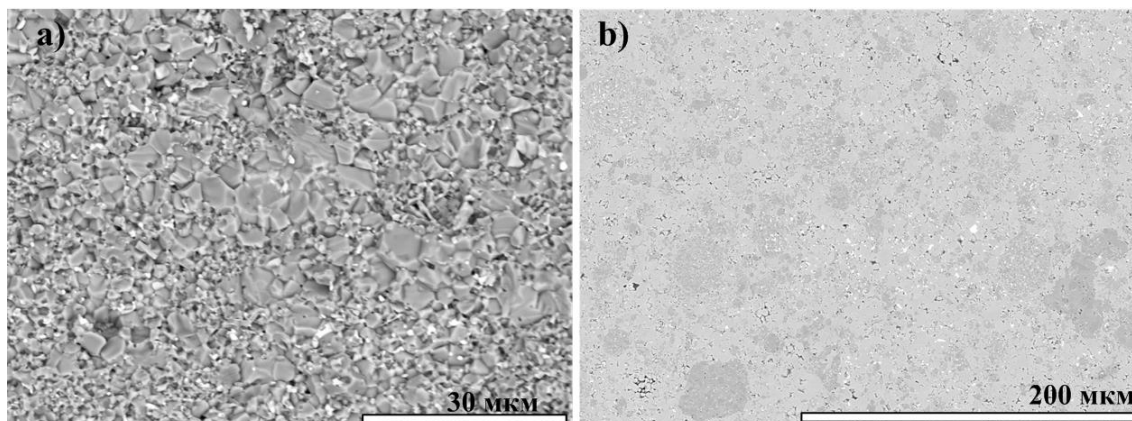


Рисунок 1 – SEM-снимки керамического образца с использованием Ti -проводников:
а) микроснимок скола; б) микроснимок шлифа

Значения теплопроводности керамических материалов составили: при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $40,65\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, при $510\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $45,64\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. График ее изменения представлен на рисунке 2. Полученные значения теплопроводности близки к известным теоретическим значениям [4].

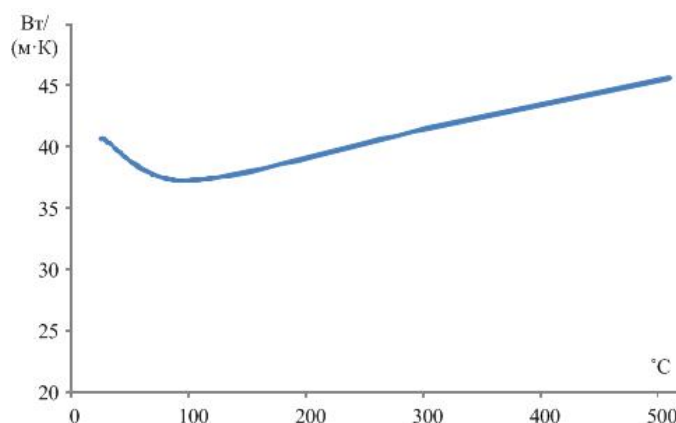


Рисунок 2 – Зависимость теплопроводности образцов от температуры

Таким образом, была исследована керамика на основе ультрадисперсного диборида титана, полученного плазмодинамическим методом. Наилучший образец керамики соответствует эксперименту с графитизацией, при этом выход TiB_2 в керамике - $99,4\%$.

Список литературы

1. Lin J. et al. Microstructure and mechanical properties of TiB_2 ceramics enhanced by SiC particles and carbon nanotubes // *Ceramics International*. – 2016. – Т. 42. – №. 3. – С. 4627-4631.
2. Ahmadi Z. et al. Densification improvement of spark plasma sintered TiB_2 -based composites with micron-, submicron-and nano-sized SiC particulates // *Ceramics International*. – 2018. – Т. 44. – №. 10. – С. 11431-11437.
3. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с
4. Bates S. E. et al. Synthesis of titanium boride (TiB_2) nanocrystallites by solution-phase processing // *Journal of materials research*. – 1995. – Т. 10. – №. 10. – С. 2599-2612.