

**IMR***Institute for Materials Research*  
**TOHOKU UNIVERSITY**

Katahira 2-1-1, Aoba-ku, Sendai, 980-8577, JAPAN

### **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертационной работа Бородянской Анны Юльевны «Особенности консолидации, формирования структуры и свойств керамических материалов в процессах искро-плазменного спекания», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение

Диссертационная работа Бородянской А. Ю. посвящена решению ряда научно-технических проблем возникающих при консолидации объёмных наноструктурных оксидных, неоксидных и композитных керамик с разным типом проводимости и природой химической связи и управлению структурой и структурно-чувствительными свойствами путём применения метода искро-плазменного спекания (ИПС). Диссертант доказала возможность решения этих проблем путем реализации преимуществ ИПС на всех этапах создания наноструктурных керамик, начиная с получения исходных смесей, выбора и оптимизации режимов их консолидации, прецизионного контроля всех параметров при спекании (температуры, давления, среды консолидации, концентрации компонентов и т.д.) и завершая анализом влияния кинетики уплотнения, плотности, изменения химического состава композитов, размеров зёрен, свойств сетки границ зёрен, которая образовывается в процессе реакционного ИПС, на свойства материала. Это позволило установить функциональные связи между химическим составом, структурой, технологией и свойствами композиционных материалов, на которых отработаны условия, гарантирующие повторяемость результатов на практике.

С точки зрения повышения энергоэффективности и экономичности новых процессов консолидации стоит отметить третий раздел диссертации. В нём автор проанализировала разработанный нею метод консолидации нанодисперсных порошков диоксида циркония ИПС в режиме теплового пробоя–«вспышкой» (flash sintering). Эта методика позволила автору практически избежать роста нанозерна и благодаря высокой локализации нагрева и малому времени теплового пробоя обеспечить уникальные условия сверх-быстрого уплотнения порошкового тела. Комплексное исследование ИПС в режиме теплового пробоя, эволюции микроструктуры нанодисперсного 3Y-TZP порошка (агрегаты ~60 нм) с размером кристаллитов ~10 нм показало наследуемость структуры нанопорошка структурой плотной керамики



Три раздела диссертации посвящены искро-плазменной консолидации карбида бора и композитов на его основе. Автором создана методика реакционного ИПС композитов  $BaC_b-(B_xO_y/BN)$  с ламелярной наноструктурной  $B_xO_y/BN$  зернограницной сеткой. Показана возможность управления соотношением бора к углероду в процессе ИПС, влияние кинетических параметров спекания на состав, структуру, и, как результат на функциональные свойства объёмных керамик на основе карбида бора. В диссертации доказана возможность управления динамической вязкостью разрушения (SHPB) карбида бора. Пятикратное с  $\sim 6$  до  $\sim 30$  МДж/м<sup>2</sup> повышение динамической вязкости разрушения и прочности на изгиб до 800 МПа в интервале температур от 25 до 1600 °С делает объёмные композиты  $B_{13}C_2-(B_xO_y/BN)$  чрезвычайно перспективными для дальнейшего их практического применения.

Следует отметить, что основные результаты диссертант получила, используя коммерческие исходные порошки карбида бора, что гарантирует в дальнейшем возможность практического применения отработанных в диссертации методик реакционной ИПС консолидации при изготовлении деталей и узлов работающих в агрессивных средах и при ударных нагрузках.

К сожалению, диссертант не привела в описании первой главы диссертации ряда своих исследований по кинетике консолидации в процессе ИПС. Этим работам посвящены четыре публикации Бородянской А.Ю.: “Peculiarities of the neck growth process during initial stage of spark-plasma, microwave and conventional sintering of WC spheres”, *J. Alloys Compounds*, **523** [5] 1-10 (2012); “Grain boundary diffusion driven spark plasma sintering of nanocrystalline zirconia”, *Ceramics International*, **38** 4385-4389 (2012); “Densification kinetics of nanocrystalline zirconia powder using microwave and spark-plasma sintering. A comparative study”, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, **12** (6) 4577-4582 (2012); “Microstructure evolution during field-assisted sintering of zirconia spheres”, *Scripta Mater.*, **65** 683–686 (2011). Кроме того влияние кинетики ИПС консолидации на состав, структуру и динамическую вязкость разрушения карбида бора проанализировано в работе “Toughness Control of Boron Carbide Obtained by Spark Plasma Sintering in Nitrogen Atmosphere”, *Ceramics International*, **40**, 3053-3061 (2014). Полученные данные чётко подтверждают концепцию автора по управлению структурой и свойствами реакционной ИПС керамически на основе карбида бора.


Разумеется этот недостаток автореферата ни в коей мере не является недостатком диссертационной работы, не понижает практической значимости полученных диссертантом результатов и не может поставить под сомнение достоверность и обоснованность основных положений, выносимых на защиту.

Достоверность результатов исследований подтверждена согласованным использованием целого спектра методик анализа. Приведенные в автореферате данные опубликованы в 37 научных статьях в профильных журналах,

индексируемых в базе данных Scopus. Также все результаты диссертации были предметом обсуждения на основных международных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа Бородянской А.Ю. «Особенности консолидации, формирования структуры и свойств керамических материалов в процессах искро-плазменного спекания», является логически завершенным экспериментальным исследованием, выполненным на высоком научном уровне и представляет интерес как в научном так и в практическом отношении. Автореферат диссертационной работы Бородянской Анны Юльевны «Особенности консолидации, формирования структуры и свойств керамических материалов в процессах искро-плазменного спекания», соответствует требованиям «Порядка присуждения научных степеней и присвоения ученого звания с.н.с.» и требованиям МОН Украины к оформлению, а Бородянская А.Ю. заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение

доктор физ.-мат. наук



24.01.2018

Владимир Васильевич Ховайло

Vladimir V. Khovaylo, professor  
Cooperative research and Development Center  
for Advanced Materials  
Institute for Materials Research (IMR)  
Tohoku University  
Japan  
E-mail: khovaylo@gmail.com  
Phone: +81-22-215-2474