

## ОТЗЫВ

на автореферат докторской диссертации

Дудиной Д.В. «Закономерности формирования фазового состава и структуры композиционных материалов и покрытий в условиях неравновесного компактирования и импульсных воздействий»

Исследование природы процессов, определяющих формирование фазового состава и микроструктуры объемных материалов и покрытий в условиях неравновесного компактирования, необходимы для разработки технологий получения материалов с перспективными свойствами. Интерес к методу электроискрового спекания обусловлен возможностями интенсификации спекания и сохранения ценных структурных характеристик материала в спеченном состоянии. Подавляющее большинство работ по электроискровому спеканию направлено на получение материалов с минимальной остаточной пористостью. В последнее время появились работы, демонстрирующие новые возможности установок электроискрового спекания, реализующиеся при использовании различных конфигураций оснастки. Так, электроискровое спекание без приложения давления в оснастке модифицированной геометрии представляет собой направление, активно обсуждаемое в литературе. Для компактных образцов обработка в пресс-форме установки электроискрового спекания может использоваться для быстрого нагрева. В связи с этим, диссертационная работа Дудиной Д.В., посвященная исследованию фазовых и структурных превращений, происходящих в композиционных материалах и покрытиях при электроискровом спекании, горячем прессовании с использованием индукционного нагрева, детонационном напылении и воздействии одиночных импульсов электрического тока, представляется актуальной.

Дудиной Д.В. выполнен большой объем экспериментов по изучению фазовых и структурных превращений, происходящих в композиционных материалах и покрытиях (порошковые смеси Ti-B-C; композит Al<sub>5</sub>Zr<sub>36</sub>Ti<sub>10</sub>, материалы Ag-Fe, TiB<sub>2</sub>-Cu, TiO<sub>2</sub>-Ag, медь-наноалмазы), образующихся в условиях неравновесного компактирования порошков и импульсных воздействий как основы разработки технологий получения материалов с контролируемыми механическими и функциональными свойствами.

В диссертации получен ряд новых результатов, из которых следует выделить:

- а) разработка керамических композиционных материалов  $B_4C-TiB_2$  с повышенной трещиностойкостью по сравнению с монофазным карбидом бора для применения в бронекерамических защитных элементах;
- б) разработка композитов материалов  $TiB_2-Cu$ , сочетающих высокие значения электропроводности и механической прочности;
- в) закономерности формирования микроструктуры композиционных материалов при электроискровом спекании в условиях протекания химических реакций между компонентами порошковой смеси;
- г) зависимости фазового состава и микроструктуры композиционных покрытий, получаемых детонационным напылением при протекании химических реакций напыляемого материала с компонентами атмосферы напыления и межфазных взаимодействий в композиционных порошках, от условий напылений.

Научная и практическая значимость диссертационной работы определяется тем, что в ней впервые на примере получения композитов  $B_4C-TiB_2$  синтезом в смеси порошков  $Ti-B-C$ , совмещенным со спеканием, показано, что в случае присутствия в структуре композитов агрегатов частиц фазы с более высокой температурой плавления, электроискровое спекание не позволяет устранить пористость, связанную с недостаточным спеканием частиц в объеме агрегатов. Достижение равномерного распределения реагента, участвующего в образовании фазы с более высокой температурой плавления, в исходной порошковой смеси реагентов, является ключевым фактором устранения пористости спеченных композитов. Определены условия диспергирования серебра при детонационном напылении порошков  $TiO_2-Ag$  и образования наноразмерных частиц серебра в покрытиях с антибактериальными свойствами; запатентован способ повышения качества хирургической нити с использованием покрытий из композиций  $TiO_2-Ag$ . Установки электроискрового спекания могут использоваться не только для получения компактных материалов, но и для термической обработки порошков и предварительно консолидированных образцов. Проведенные исследования указывают на возможность гибкого варьирования структуры порошковых и компактных материалов при проведении отжига в пресс-форме установки электроискрового спекания с использованием сборки без

верхнего пуансона. Выявление микроструктурных и фазовых превращений, обусловленных особенностями распределения электрического тока, протекающего через обрабатываемый материал в указанных условиях, представляет собой интересное и перспективное направление для дальнейших исследований.

Представленные автором результаты подтверждают положения, выносимые на защиту и выводы диссертации.


В целом, по поставленным в работе задачам, используемым в ней методам исследования, достоверности, новизне полученных результатов, практической значимости и выводам диссертационная работа соответствует квалификационным требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Дудина Д.В. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Заведующий лабораторией физики прочности  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт физики прочности  
и материаловедения СО РАН,  
доктор физ.-мат. наук, профессор

  
Зуев Лев Борисович

Адрес: 634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4  
E-mail: [lbz@ispms.tsc.ru](mailto:lbz@ispms.tsc.ru)  
Тел.: (3822) 49-13-60

Ведущий научный сотрудник  
лаборатории физики прочности  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт физики прочности  
и материаловедения СО РАН,  
доктор физико-математических наук

  
Светлана Александровна Баранникова

Адрес: 634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4  
E-mail: [bsa@ispms.tsc.ru](mailto:bsa@ispms.tsc.ru)  
Тел.: (3822) 28-69-23

Подписи Л.Б. Зуева и С. А. Баранник  
Ученый секретарь ИФПМ СО РАН,  
кандидат физико-математических наук  
13.11.2017

  
Н.Ю. Матолыгина

*Принято в целом 21.11.2017*

