



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарский государственный  
технический университет»  
(ФГБОУ ВПО «СамГТУ»)

ул. Молодогвардейская, 244.  
Самара, 443100

Тел. (846) 2784-311 Факс (846) 2784-400

E-mail: [rector@samgtu.ru](mailto:rector@samgtu.ru)

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе ФГБОУ

ВПО «Самарский государственный  
технический университет»



М.В. Ненашев

2015 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Манаковой Ольги Сергеевны

«Дисперсионно-твердеющие СВС- материалы на основе двойных карбидов  
(Ti,Zr)C и (Ti,Nb)C и их применение в технологиях электроискрового  
легирования»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

### Актуальность темы диссертации

Разработка новых составов материалов для многокомпонентных функциональных покрытий (МФП), применяющихся для защиты поверхности изделий и инструмента, является актуальной задачей. Одним из эффективных способов нанесения МФП является технология электроискрового легирования (ЭИЛ). Покрытия, получаемые в процессе ЭИЛ, имеют высокую прочность

сцепления с основой (деталью) и обеспечивают высокий уровень эксплуатационных свойств.

Получение электродных материалов систем Ti–Zr–C-связка и Ti–Nb–C-связка трудно осуществить в рамках традиционных технологий порошковой металлургии и требует привлечения новых подходов и методов. Альтернативой технологиям печного синтеза и спекания служит самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), основанный на использовании внутренней энергии химического взаимодействия исходных реагентов. Проведение в одной установке сначала СВС, а затем силового уплотнения горячих продуктов синтеза (технология СВС- компактирования) позволяет в одну стадию получать компактные заготовки из материалов на основе тугоплавких соединений с высокой степенью химической чистоты в течение нескольких секунд.

Для эффективного управления структурой и свойствами таких материалов, получаемых методом СВС, необходимо провести исследование закономерностей и механизмов горения, процессов фазо- и структурообразования в волне горения. На сегодняшний день достаточно хорошо изучены дисперсионно-твердеющие СВС- материалы систем Ti–Cr–C и Ti–Mo–C с металлической связкой, но для понимания общей картины синтеза многокомпонентных систем TiC–Me<sup>IV-VI</sup>-связка, необходимо изучить сплавы, легированные элементами не только VI, но и IV-V групп.

Разработка новых составов композиционных дисперсионно-твердеющих электродов позволит получать покрытия с повышенной жаро- и износостойкостью при сравнительно невысокой толщине и шероховатости. Исследование кинетики массопереноса и определение режима ЭИЛ являются актуальными задачами для получения высококачественных покрытий.

На основании изложенного тема диссертационной работы Манаковой Ольги Сергеевны «Дисперсионно-твердеющие СВС- материалы на основе двойных карбидов (Ti,Zr)C и (Ti,Nb)C и их применение в технологиях электроискрового легирования» представляется актуальной и имеет важное значение для науки и практики. Диссертационная работа Манаковой О.С. относится к



приоритетному направлению науки и технологий Российской Федерации, связанному с созданием керамических композиционных материалов.

### **Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций**

Наиболее важные результаты диссертационной работы, несомненно, представляют научную новизну.

На основании экспериментов выдвинута научная гипотеза о стадийности протекании реакций при СВЧ синтезе соединений в системе Ti–Zr–C-связка при варьировании содержания Zr и связки. В продуктах синтеза с содержанием Zr > 11 % зерна пересыщенного твердого раствора на основе карбида титана (Ti,Zr)C образуются уже в зоне горения; в зоне догорания происходит рост зерен и частичный распад пересыщенного твердого раствора на две фазы (Ti,Zr)C и (Zr,Ti)C, а в связке образуется интерметаллидная прослойка фазы Лавеса (Ni,Co)(Ti,Zr)<sub>2</sub> (при 5 % связки) или фазы Ti(Ni,Co) (при 20 и 30 % связки). Показано, что вакуумный отжиг при 900 °C в течение 4 часов продуктов синтеза системы Ti–Zr–C-связка с содержанием Zr > 11 % повышает степень твердорастворных превращений, в результате чего увеличивается концентрация фазы на основе карбида циркония (Zr,Ti)C, а в сплавах с содержанием Zr > 22 % помимо фазы Ti(Ni,Co) выделяется интерметаллид ZrCo<sub>2</sub> с размером частиц менее 100 нм.

Для системы Ti–Nb–C-связка установлен механизм и стадийность химических превращений в волне горения смесей, состоящий в том, что пересыщенный твердый раствор (Ti,Nb)C образуется в зоне догорания, при этом карбидные зерна имеют характерную кольцевую структуру с повышенной концентрацией ниобия на периферии зерен. Вакуумный отжиг при 850 °C в течение 1 часа продуктов синтеза при содержании связки 5% приводит к выделению избыточной фазы β- (Ti,Nb), а при 30% связки - наноразмерных фаз NbCo<sub>2</sub>, Ni<sub>3</sub>NbAl, Ni<sub>2</sub>NbAl.

Выявлено положительное влияние вакуумного отжига продуктов синтеза на эрозионную способность разработанных материалов в дуге разряда им-

пульсного электроискрового процесса и скорость формирования покрытий на подложках из стали и титанового сплава.

Научная новизна исследований и полученных результатов полностью отражена в выводах диссертации и рекомендаций для практики.

### **Значимость для науки и производства полученных результатов**

Полученные результаты представляют прочную основу для последующих исследований в области получения методом СВС сложных многокомпонентных порошковых систем с элементами, имеющими существенно различные температуры плавления, что собственно и является признаком фундаментальной работы. Практическая значимость диссертации так же очевидна, поскольку разработанные дисперсионно-твердеющие электродные материалы прошли опробование на предприятиях: ОАО «Уральский научно-технологический комплекс» (г. Нижний Тагил), ООО «Битас» (г. Самара), ООО «Транспортные шагающие системы» (г. Москва).

### **Степень обоснованности и достоверности каждого научного положения**

Каждое научное положение, составляющее научную новизну, достоверно установлено в экспериментах, которые выполнены на современном оборудовании. Эти научные положения вытекают и из научных гипотез и разработанных моделей, на основании экспериментальных данных. Более того, полученные результаты согласуются с известными в литературе результатами, предшествующими данному научному исследованию. Следует особо отметить, что исследования в области СВС сложны и трудоемки вследствие сложности контроля этого процесса, протекающего быстро и в закрытой системе. Достоверность экспериментальных данных обоснована применением статистических методов обработки результатов экспериментов, а также использованием современного сертифицированного оборудования.

### **Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям**

Выполнены все требования предъявляемые к диссертациям. Подробно проведен литературный обзор всех значимых публикаций, относящихся к за-



данной теме диссертации. Проведен анализ этих публикаций, правильно установлены задачи исследования, выбраны исследуемые составы и методы их исследования. Экспериментальные результаты представлены четко, как в виде графиков и фотографий структур, так и текста их описывающего. Работа написана грамотным языком. Диссертация и автореферат содержат требуемые разделы и соответствуют друг другу.

### **Основные достоинства и недостатки по содержанию диссертации**

Особо следует отметить высокий научный уровень работы. Все успешные научные положения отмечены выше. Значение выполненной диссертации большое, поскольку позволила выполнить ряд научных проектов.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В настоящее время состояние поверхности не характеризуется классом чистоты (стр. 98, 126). Есть понятие шероховатость и её количественная оценка по параметрам  $R_a$  и  $R_z$ .

2. Заявлено, что для процесса ЭИЛ оптимальными являются электроды с 30 % связки. Однако возможны случаи, когда 5 % связки в составе электродного материала будет достаточно.

3. Из полученных результатов видна активная роль связки в исследуемых процессах. Но автор использовал только один состав связки. Поэтому, не понятно, будут ли выполняться установленные автором закономерности при использовании связки иного состава.

Не понятно, почему два химически активных компонента связки (алюминий и хром) никак не проявили себя в исследуемых процессах и не обнаружены в продуктах СВС.

4. Автором проведены исследования влияния соотношений титана и циркония, а также титана ниобия, но не исследованы отклонения содержания углерода от стехиометрического.

5. В табл. 13 диссертации в нижней строке сумма весовых процентов компонентов не равна 100%

данной теме диссертации. Проведен анализ этих публикаций, правильно установлены задачи исследования, выбраны исследуемые составы и методы их исследования. Экспериментальные результаты представлены четко, как в виде графиков и фотографий структур, так и текста их описывающего. Работа написана грамотным языком. Диссертация и автореферат содержат требуемые разделы и соответствуют друг другу.

### **Основные достоинства и недостатки по содержанию диссертации**

Особо следует отметить высокий научный уровень работы. Все успешные научные положения отмечены выше. Значение выполненной диссертации большое, поскольку позволила выполнить ряд научных проектов.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В настоящее время состояние поверхности не характеризуется классом чистоты (стр. 98, 126). Есть понятие шероховатость и её количественная оценка по параметрам  $R_a$  и  $R_z$ .

2. Заявлено, что для процесса ЭИЛ оптимальными являются электроды с 30 % связки. Однако возможны случаи, когда 5 % связки в составе электродного материала будет достаточно.

3. Из полученных результатов видна активная роль связки в исследуемых процессах. Но автор использовал только один состав связки. Поэтому, не понятно, будут ли выполняться установленные автором закономерности при использовании связки иного состава.

Не понятно, почему два химически активных компонента связки (алюминий и хром) никак не проявили себя в исследуемых процессах и не обнаружены в продуктах СВС.

4. Автором проведены исследования влияния соотношений титана и циркония, а также титана ниобия, но не исследованы отклонения содержания углерода от стехиометрического.

5. В табл. 13 диссертации в нижней строке сумма весовых процентов компонентов не равна 100%



## Заключение

В целом, несмотря на отмеченные замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно- квалификационную работу.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 15 научно-технических конференциях, опубликованы в 4 статьях в журналах из перечня ВАК. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в области получения жаростойких пленок при разработке перспективных изделий авиационной промышленности.

Учитывая актуальность выполненных исследований, имеющуюся научную новизну и практическую значимость результатов, считаем, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, в том числе п. 9, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Манакова Ольга Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Отзыв принят на расширенном заседании кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» и Инженерного центра СВС Самарского государственного технического университета по результатам обсуждения диссертации Манаковой О.С. 23 сентября 2015 года, протокол № 1/2.

Зав. кафедрой «Металловедение,  
порошковая металлургия, наноматериалы»,  
директор Инженерного центра СВС Самарского  
государственного технического университета  
д.ф.-м.н., профессор



Амосов Александр Петрович

Телефон: (846) 242-28-89. E-mail:  
egundor@yandex.ru.

Ученый секретарь кафедры «Металловедение,  
порошковая металлургия, наноматериалы» Самарского  
государственного технического университета

к.т.н., ст. преподаватель



Титова Юлия Владимировна

Телефон: (846) 278-43-69. E-mail:

titova600@mail.ru.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Самарский государственный техни-  
ческий университет» (СамГТУ)

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

