

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»
 (НИТУ «МИСиС»)

 Ленинский проспект, 4, Москва, 119049
 Тел. (495)955-00-32; Факс: (499)236-21-05
<http://www.misis.ru>

 E-mail: kancela@misis.ru
 ОКПО 02066500 ОГРН 1027739439749
 ИНН/КПП 7706019535/ 770601001

№

На №

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям

НИТУ «МИСиС»



М.Р. Филонов

« 10 » 2019 г

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»» о диссертационной работе Иванова Дмитрия Алексеевича на тему «Физико-химические закономерности процессов получения композиционных материалов на основе высокодисперсного алюминиевого порошка ПАП-2»», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Актуальность работы

Разработка и применение композиционных материалов (КМ) является одним из магистральных направлений развития современного материаловедения и машиностроения.

В настоящее время значительное внимание уделяется разработке и производству алюмоматричных КМ, в том числе, методами порошковой металлургии. Наиболее ярким представителем порошковых КМ является САП (спеченный алюминиевый порошок) и его зарубежный аналог, содержащие Al_2O_3 в пределах от 4 до 23 %. Материал САП, в отличие от алюминиевых сплавов, сохраняет высокую прочность до 500 °С, что объясняется стабильностью частиц Al_2O_3 в алюминиевой матрице.

Высокие прочностные характеристики алюмоматричных КМ определяют широкий спектр их применения в качестве конструкционных, жаропрочных и

функциональных материалов в различных отраслях техники. Однако развитие современной техники требует постоянного совершенствования материалов, поиска новых технологических решений и повышения, в итоге, их эксплуатационных характеристик.

В связи с этим представляется интересным предложенный автором диссертации подход к получению новых нанослоистых дисперсно-упрочненных КМ системы Al – Al₂O₃ по принципу in-situ, когда упрочняющие равномерно распределенные наночастицы формируются в процессе получения исходного порошка или в процессе получения материала. Данный подход реализовывался в работе на примере промышленного высокодисперсного порошка алюминия марки ПАП-2, ранее не использовавшегося в традиционных процессах порошковой металлургии из-за крайне низких технологических свойств.

Можно констатировать, что установление физико-химических закономерностей процессов получения, формирования структуры и свойств новых нанослоистых алюмоматричных КМ из порошка ПАП-2 и разработка на этой основе эффективных технологий их производства является актуальной научной и практической задачей.

Общая характеристика работы

Представленная диссертационная работа является многоплановой. Она охватывает большой круг вопросов: анализ современного состояния производства алюмоматричных КМ и перспективы его развития; изучение свойств высокодисперсного алюминиевого порошка промышленной марки ПАП-2 и способы повышения его технологических свойств; получение композиционного материала в системе Al–Al₂O₃ методом реакционного спекания порошковых заготовок из ПАП-2 на воздухе в режиме фильтрационного горения; физико-химические аспекты технологии получения дисперсноупрочненного и волоконно-армированного композиционного материала с использованием алюминиевого порошка ПАП-2 и некоторые другие.

При изучении структуры и свойств порошка ПАП-2 установлено, что поверхность чешуйчатых частиц размером порядка 50 x 100 x 0,25 мкм покрыта плотной защитной пленкой оксида алюминия толщиной 5 – 10 нм. Показано, что даже после выдержки при 900 °С на воздухе, толщина пленки не превышает 50 нм, что соответствует наноразмерному диапазону. Дополнительная обработка порошка в вакууме при

температуре 650 °С и времени изотермической выдержки 1 час приводит к образованию слоистых агломератов размером 10 – 50 мкм. При этом на поверхности чешуйчатых частиц, составляющих слоистые агломераты, фиксируются алюмооксидные включения наноразмерного диапазона, т.е. происходит фрагментация оксидной пленки. Таким образом решается проблема повышения технологических свойств порошка и обеспечивается равномерное распределение оксидной фазы в объеме частиц.

С использованием теоретических подходов М.Ю. Бальшина изучены закономерности процесса прессования шихты на основе алюминиевой пудры ПАП-2 после различных режимов термообработки. Установлены режимы, обеспечивающие существенное улучшение уплотняемости порошка (снижение показателя R_{\max} в уравнении Бальшина по сравнению с исходным порошком составило более 4 раз).

Решение задачи придания исходному порошку необходимых технологических свойств позволило автору в дальнейшем применить различные варианты технологий для получения из порошка на основе ПАП-2 материалов различного назначения с варьированием в широком интервале количества оксида алюминия и физико-механических свойств материалов. В результате в режиме фильтрационного горения на воздухе были получены и затем изучены керамико-металлические материалы (керметы) и пористая керамика на основе Al_2O_3 . Для получения нанослоистых алюмоматричных дисперсно-упрочненных КМ с повышенными механическими свойствами были разработаны специальные режимы вакуумного спекания.

На основании результатов автором впервые показана принципиальная возможность получения новых нанослоистых алюмоматричных дисперсно-упрочненных и волоконно-армированных КМ из промышленного высокодисперсного алюминиевого порошка ПАП – 2 с чешуйчатой формой частиц субмикронной толщины, перспективных для применения их в качестве конструкционных, жаропрочных и функциональных материалов. Разработаны алюмоматричные КМ на основе $Al - Al_2O_3$, в том числе, упрочнённые волокнами аустенитной стали 08X17H13M2, а также керметы $Al - Al_2O_3$ с варьированием алюмооксидной фазы от 5 до 40 об % и высокопористая (от 30 до 90 %) алюмооксидная керамика.

В качестве достоинства диссертации следует отметить большой объем иллюстративного материала и прекрасное рентгенофазовое и металлографическое сопровождение на различных этапах исследований.

Научная новизна работы

Наиболее значимыми пунктами научной новизны являются:

1. С использованием теоретических подходов М.Ю. Бальшина установлены основные закономерности процесса прессования алюминиевой пудры ПАП – 2 после различных режимов термообработки на воздухе и в вакууме. Выведены уравнения прессования, свидетельствующие о существенном наклепе порошка в состоянии поставки;
2. Обнаружен эффект образования слоистых гранул размером 10 – 50 мкм из исходных чешуйчатых частиц и формирование на них округлых алюмооксидных включений (γ - Al_2O_3) наноразмерного диапазона после обработки порошка на воздухе и последующем его отжиге в вакууме.
3. Предложен механизм образования наноразмерных включений Al_2O_3 , основанный на различии коэффициентов термического расширения поверхностной алюмооксидной пленки и алюминиевой основы;
4. Установлены закономерности получения нанослоистого дисперсно-упрочненного КМ, в объеме слоев которого содержатся равномерно распределенные наночастицы γAl_2O_3 , из порошка ПАП-2 с использованием термообработки в режиме «воздух-вакуум», прессования и спекания в вакууме (600 °С, 1 час);
5. С использованием методов рентгенофазового анализа обнаружено формирование наноразмерных частиц карбида алюминия в результате термического разложения стеарина, находящегося на частицах порошка ПАП-2, при нагреве и выдержке в вакууме (630 °С, 1 час) и образования соответствующего углеродного остатка.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность полученных результатов и обоснованность научных заключений обеспечивается использованием в работе комплекса современных апробированных методов исследования (световой, растровой и просвечивающей микроскопии, рентгеноструктурного анализа), а также аттестованных методик измерения физико-механических свойств полученных материалов, результаты которых согласуются с экспериментальными данными, полученными другими исследователями. Представленные в диссертации Д.А.Иванова результаты основываются на положениях современного материаловедения, не противоречат закономерностям, известным из зарубежной и отечественной литературы.

Практическая значимость работы

Практическая значимость диссертации состоит в разработки целого ряда технологий получения новых нанослоистых алюмоматричных дисперсно-упрочненных и волоконно-армированных КМ, керметов, а также высокопористой керамики на основе Al_2O_3 при использовании в качестве исходного сырья порошка марки ПАП-2.

Уровень свойств, достигнутый на спеченных материалах, а также экономичность технологии их получения, делает их конкурентоспособными с известными алюмоматричными материалами, алюминиевыми сплавами и высокопористыми алюмооксидными материалами.

В ходе исследований также разработана методика и устройство для определения термостойкости керамики конструкционного назначения, что позволило существенно повысить точность оценки данной характеристики. Разработанный способ и устройство были внедрены в лабораторный практикум по специальной дисциплине на кафедре МиТОМ МАИ.

Новизна способов получения композиционных материалов на основе порошка ПАП-2 подтверждена 13 патентами РФ.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Разработанные в работе КМ благодаря преимуществам порошковой металлургии, высокой прочности и малому весу могут быть востребованными в автомобильной и аэрокосмической промышленности (двигателестроении, в изделия РКТ) и др. отраслях, где требуются материалы, способные работать при температуре до 500 °С. Материалы могут также быть востребованы при локализации производства продукции иностранных фирм в РФ.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. Для практического использования полученных дисперсно-упрочненных нанослоистых композиционных материалов, претендующих на работу при повышенных (до 500 °С) температурах, помимо изученных в работе характеристик, важны предел ползучести и предел длительной прочности. Однако в работе эти свойства не исследованы;

2. В работе отсутствуют рекомендации по применению предложенных для порошка ПАП-2 режимов к другим маркам алюминиевых пудр и дисперсных материалов, которые можно было бы сделать из обобщения полученных результатов;
 3. На стр.203 диссертант констатирует, что при температуре 630 °С в объеме порошковой заготовки образуется эвтектический расплав Al/Al₄C₃ и подтверждает это результатами ДТА (рисунок 6.5). Однако по результатам ДТА о природе расплава судить нельзя. Также следовало бы для сравнения представить ДТА образца-свидетеля, в котором отсутствует зольный остаток углерода на поверхности частиц.
- Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и является законченной научно-исследовательской работой, вносящей существенный вклад в разработку процессов получения новых композиционных материалов с использованием высокодисперсных порошков алюминия, обеспечивающих формирование наноразмерной структуры с повышенными механическими свойствами, и решающей таким образом важную экономическую задачу.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, обсуждены на 20 российских и международных конференциях, опубликованы в 60 печатных работах, в том числе 22 статьях в журналах, рекомендуемых ВАК РФ, получены 13 патентов РФ.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

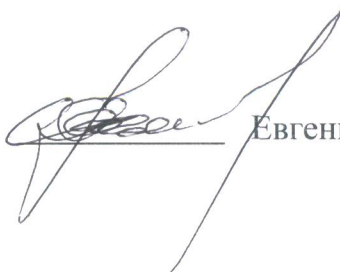
По научному уровню полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Иванов Дмитрий Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Отзыв подготовлен ученым секретарем кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ «МИСиС» Лопатиным Владимиром Юрьевичем.

Отзыв принят на заседании кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий, протокол № 2 от 9 октября 2019 года. Присутствовало на заседании 16 чел, из

них 5 докторов наук и 9 кандидатов наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы». Результаты голосования: «ЗА» - 16 чел., «ПРОТИВ» - нет, «ВОЗДЕРЖАЛОСЬ» - нет.

Заведующий кафедрой ПМиФП,
доктор технических наук, профессор



Евгений Александрович Левашов

Ученый секретарь кафедры ПМиФП,
Доцент кафедры ПМиФП,
кандидат технических наук



Владимир Юрьевич Лопатин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

119049, г. Москва, Ленинский проспект, 4, www.misis.ru

Тел.: 7 (495) 638-45-00, Факс: 7 (499) 236-52-98, E-mail: lopatin63@mail.ru