

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Иванова Александра Владимировича «Разработка технологии получения новых композиционных материалов на основе $Al-Al_2O_3$ с использованием реакционного спекания на воздухе порошковых алюминиевых заготовок», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы диссертации

Анализ современной научно-технической информации свидетельствует о больших перспективах использования композиционных материалов на основе системы $Al-Al_2O_3$. Так, хорошо известен композиционный материал САП, состоящий из алюминиевой матрицы, упрочненной алюмооксидными частицами наноразмерного диапазона. Он предназначен для изготовления лопаток газовых турбин, поршней форсированных двигателей, поршневых штоков и других изделий, эксплуатирующихся при повышенных температурах (до $500^{\circ}C$). Но, технология САП многостадийна, достаточно трудоемка и целесообразна для получения крупногабаритных заготовок.

В выполненных в МАТИ им. К.Э.Циолковского работах показано, что композит $Al-Al_2O_3$ может быть с минимальными затратами получен путем реакционного спекания на воздухе алюминиевых заготовок из высокодисперсных порошков марки ПАП-2. Однако применение разработанного способа сдерживалось низкими технологическими характеристиками порошка, не позволявшими получить высокие физико-механические свойства материала. Для улучшения показателей физико-механических свойств кермета $Al - Al_2O_3$ необходимо было усовершенствовать данную технологию и предложить новые подходы для ее реализации применительно к материалам различного функционального назначения.

В связи с этим диссертационная работа Иванова А.В., посвященная установлению влияния способов предварительной обработки алюминиевого порошка ПАП-2 на физико-механические свойства спекенных композитов и разработке на этой основе технологии получения новых материалов на основе системы $Al-Al_2O_3$, является весьма актуальной.

Оценка научной новизны и практической значимости диссертации

Для достижения поставленной цели автором выполнен подробный анализ существующей научно-технической информации. В обзоре литературных данных проанализированы перспективы применения керметов типа оксид металла – металл

в различных областях техники, в том числе рассмотрены потенциальные области применения композитов Al-Al₂O₃, из которых могут быть изготовлены легкие и высокопрочные детали. Для таких композитов проанализированы физико-химические аспекты твердофазного и жидкофазного совмещения металлического и оксидного компонентов и выделены главные направления исследования, определяющие свойства получаемого материала.

Проведенный автором анализ позволил сделать вывод об актуальности предполагаемых исследований и сформулировать конкретные задачи.

В работе представлены характеристики исходных компонентов, методики исследования и разнообразные современные методы проведения оценки свойств материалов. Так, в частности, физико-механические характеристики материалов определяли на установке Tiratest – 2300 и маятниковом копре Zwick НР 50 Р. Трибологические свойства композита – износостойкость и коэффициент трения скольжения, определяли, используя схему «стержень – диск» на приборе Tribometer, CSM Instr.. Электронномикроскопический анализ проводили на растровом электронном микроскопе Hitachi – F405A, а рентгенофазовый анализ на установке ДРОН-3.

Представленные в диссертации результаты экспериментального исследования способов гранулирования алюминиевого порошка марки ПАП-2 позволяют утверждать, что автором впервые выполнено комплексное исследование различных вариантов процесса гранулирования и разработаны режимы гранулирования промышленного порошка марки ПАП-2. Рассмотрены четыре варианта гранулирования с различными типами воздействия на исходный порошок. Наиболее высокий показатель насыпной плотности достигается при использовании способа механической обработки порошка в высокоэнергетической планетарной мельнице (плотность до 1,25 г/см³).

Показано, что наиболее технологичным и экономичным является способ, основанный на иницировании химической реакции «омыления стеарина» на поверхности частиц порошка алюминия (плотность до 0,4 г/см³).

Автором изучено влияние способа гранулирования на структуру и свойства реакционно-спеченного на воздухе кермета Al-Al₂O₃. После проведения всесторонних исследований структурных характеристик и широкого спектра испытаний механических свойств установлено, что введение жидкого стекла для гранулирования в составе сырых заготовок выполняет функцию активатора реакционного спекания, влияющего на формирование фазового состава и

структуры спеченного материала. Методом РФА в алюминиевой матрице зафиксированы кристаллические фазы (Al_2O_3 ; Si; $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) наноразмерного диапазона.

Установлено, что в составе композита Al-Al₂O₃, полученного из шихты, гранулированной с использованием реакции «омыления» стеарина, на поверхности чешуйчатых частиц порошка ПАП-2 сохраняется коксовый остаток (1,5% об.) от термического разложения на воздухе продуктов реакции «омыления» - стеарата натрия и глицерина. Этот коксовый остаток равномерно распределен по поверхностям чешуйчатых алюминиевых частиц в виде тонких молекулярных слоев и выполняет функцию твердой смазки при работе пары трения.

В работе рассмотрены различные технологические подходы, используемые для получения композитов «керметная матрица (Al/Al₂O₃) – наполнитель». В качестве наполнителя использован широкий спектр материалов: дискретных металлических волокон (алюминиевых, титановых, стальных), дюралевой стружки, отрезков стального троса, электрокорунда, каолиновых волокон и сферолитов технического глинозема. В результате показано, что перспективным является армирование керметной матрицы Al/Al₂O₃ однонаправленными уложенными отрезками стального троса А4 (1х19). При его содержании 8% (об.) обеспечивается получение материала с плотностью 2,5 г/см³, что почти в два раза меньше плотности титановых сплавов. По показателям ударной вязкости и удельной эффективной работы разрушения новый композит сопоставим со сталью.

Введение в керметную матрицу Al/Al₂O₃ зерен электрокорунда позволяет получать перспективный абразивный композит с плотностью 2,6 г/см³, прочностью при изгибе 40 МПа и с открытой пористостью 15-20%.

Из порошковой композитной смеси – «ПАП-2 (10 – 30% об.) – каолиновые волокна» изготовлена высокоэффективная ультралегковесная теплоизоляция с плотностью 0,25 – 0,5 г/см³ при общей пористости 88 – 93%.

Из порошковой композитной смеси – «ПАП-2 (30 – 70% об.) – сферолиты технического глинозема» получена высокопористая термостойкая алюмооксидная керамика (общая пористость 42 – 52%, плотность 1,90 – 2,32 г/см³, $\sigma_{\text{изг}} = 10-50$ МПа).

Научная новизна работы состоит в установлении основных закономерностей протекания процессов грануляции и последующего реакционного спекания, позволившие автору предложить совокупность основных химических реакций, описывающих механизм фазообразования композиционного материала.

Практическая значимость работы состоит в разработке спектра конкретных способов и режимов гранулирования промышленного порошка марки ПАП-2, обеспечивающих повышение насыпной плотности получаемой шихты и дополнительное её модифицирование, а также технологии получения на основе Al-Al₂O₃ новых композиционных материалов различного назначения с повышенными технико-экономическими показателями.

Новизна предложенных и реализованных в диссертационной работе технических решений защищена 7 патентами РФ на изобретения.

Достоверность и обоснованность основных научных положений и выводов диссертации определяются большим объемом экспериментальных данных, полученных с использованием различных методов исследования на современном оборудовании.

Диссертация написана с соблюдением требований ВАК РФ, её основные выводы обоснованы и соответствуют тексту и содержанию. Завершенность работы характеризуется выдачей конкретных предложений и рекомендаций по использованию полученных результатов.

Замечания

1. В качестве общего замечания следует отметить отсутствие экспериментальных дифрактограмм, поскольку на основании рентгенофазового анализа делаются достаточно важные выводы о фазовом составе спеченных образцов, наличии углеродной пленки и наноразмерных включений оксидных фаз в алюминиевой матрице.

2. Конкретное замечание касается рисунка 4.15 на странице 109, где результаты представляется целесообразным дать в виде таблицы, а не графика, поскольку вблизи максимума предела прочности при изгибе недостаточно экспериментальных данных.

Сделанные замечания не снижают общего уровня и высокой оценки диссертации А.В. Иванова.

Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по установлению влияния способа гранулирования алюминиевого порошка ПАП-2 на физико-механические свойства реакционно-

спеченного на воздухе кермета $Al-Al_2O_3$ и разработке технологии получения композитов различного функционального назначения.

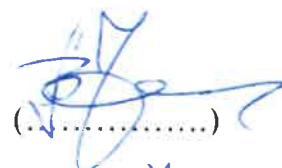
Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 3 научно-технических конференциях, опубликованы в 7 печатных работах, в том числе 5 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в производстве новых композиционных материалов $Al-Al_2O_3$ различного назначения с улучшенным комплексом физико-механических и эксплуатационных характеристик.

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 Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Официальный оппонент.

к.т.н. Филоненко Владимир Павлович


(.....)
04.11.14

Подпись Филоненко В.П. удостоверяю

Ученый секретарь ИФВД РАН Валянская Т.Н.


(.....)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики высоких давлений им. Л.Ф.Верецагина РАН - ИФВД РАН

Адрес: 108840, Калужское шоссе 14, г. Троицк, Москва

в.н.с. Филоненко Владимир Павлович, т. 495-8510810, filv@hppi.troitsk.ru

 22.11.2017