

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
**99.2.039.02 (Д999.122.02)**

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение объединенного диссертационного  
совета от 01.10.2021 г. протокол № 13

О присуждении Кузиной Антонине Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Применение керамических нанопорошков азидной технологии СВС для армирования алюмоматричных композиционных материалов» по специальности 2.6.17. Материаловедение принята к защите 28 июня 2021 г. (протокол заседания №10), объединенным диссертационным советом 99.2.039.02 (Д 999.122.02), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 443100, Самара, Молодогвардейская 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки Российской Федерации №45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Кузина Антонина Александровна, 20.01.1986 года рождения, в 2009 году с отличием окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева», инженерно-технологический факультет по специальности «Обработка металлов давлением». В 2010 году с отличием окончила очную магистратуру государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», инженерно-технологический факультет по направлению «Металлургия». В период подготовки диссертации Кузина А.А. с 2013 г. по 2014 г. работала инженером, с 2014 г. по 2017 г. работала ассистентом, с 2017 г. по настоящее время работает старшим преподавателем кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

Диссертация выполнена на кафедре технологии металлов и авиационного материаловедения ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Амосов Александр Петрович, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», кафедра металловедения, порошковой металлургии, наноматериалов, заведующий кафедрой.

**Официальные оппоненты:**

- Юхвид Владимир Исаакович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук», лаборатория жидкофазных СВС-процессов и литых материалов, заведующий лабораторией;

- Ковтунов Александр Иванович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», кафедра «Сварка, обработка материалов под давлением и родственные процессы», профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), г. Москва, в своем положительном отзыве, утвержденным Филоновым Михаилом Рудольфовичем, д.т.н., профессором, проректором по науке и инновациям НИТУ «МИСиС», подписанным Левашовым Евгением Александровичем, д.т.н., профессором, кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий, заведующим кафедрой, НУЦ СВС, директором, Лопатиным Владимиром Юрьевичем, к.т.н., кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий, доцентом, ученым секретарем, Курбаткиной Викторией Владимировной, к.т.н., кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий, доцентом, НУЦ СВС, ученым секретарем, в.н.с., указала, что в работе впервые для армирования алюминия применены керамические нанопорошки нитридов и карбидов  $Si_3N_4$ ,  $SiC-Si_3N_4$  и  $AlN$  марки СВС-Аз и установлено влияние наночастиц этих порошков на механические свойства АМКМ, полученных жидкофазным методом.

Заключение содержит следующие замечания: 1) следовало бы больше уделить внимания смачиваемости нитридов алюминиевым расплавов и методам ее повышения; 2) для прямого подтверждения ввода наночастиц нитридов и их присутствия в составе полученных литых АМКМ при их малом размере и количестве следовало бы провести исследования с применением просвечивающего электронного микроскопа; 3) представлены результаты исследований механических свойств и микрофотографии изломов литых образцов только на основе сплава АК12; 4) следовало бы применить для армирования спеченных АМКМ и нанопорошок  $Si_3N_4$  марки СВС-Аз, который не содержит примеси соли криолита, и посмотреть на результаты этого применения; 5) использованные в работе методы спекания не позволяли предотвращать сильное окисление порошков и получать качественные спеченные дискретно армированные АМКМ; 6) встречаются опечатки в тексте диссертации.

**Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 30 работ, из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 5 в изданиях, индексируемых базой данных Scopus и получены 2 свидетельства о регистрации базы данных.**

Публикации соискателя посвящены методам получения псевдолигатур, содержащих нанопорошки  $Si_3N_4$ ,  $SiC-Si_3N_4$  и  $AlN$  марки СВС-Аз, на различных порошках – носителях, и применяемых для армирования алюминиевых сплавов; а также твердофазной технологии порошковой металлургии для получения АМКМ, армированных порошковой композицией ( $AlN+5\%Na_3AlF_6$ ) марки СВС-Аз. В работах,

выполненных в соавторстве, вклад соискателя является определяющим при постановке задач; в исследованиях по получению: порошковых псевдолигатур, содержащих нанопорошки марки СВС-Аз, и их вводу в алюминиевый расплав; спеченных порошковых АМКМ, армированных наночастицами нитрида алюминия; анализе результатов, формулировке выводов. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала по теме диссертации составляет 8,78 печатных листов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

**Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:**

1. Кузина, А. А. Применение нанопорошковых псевдолигатур на базе Cu - порошков для армирования и модифицирования Al - сплавов / А. А. Кузина, А. П. Амосов, Ю. В. Титова // *Металлургия машиностроения*, 2019. - № 3. - С. 18-20. Авторский вклад 0,1 п.л.

2. Амосов, А. П. Получение наноструктурного композиционного алюмоматричного материала Al-AlN методом порошковой металлургии / А. П. Амосов, Ю. В. Титова, А. А. Кузина, Д. А. Захаров // *Научно-технические технологии в машиностроении*, 2019. - № 10 (100). - С. 3-11. Авторский вклад 0,23 п.л.

3. Кузина, А. А. Получение нанопорошковых псевдолигатур Cu-AlN для модифицирования алюминиевых сплавов / А. А. Кузина, Ю. В. Титова // *Вестник Самарского государственного технического университета, серия «Технические науки»*, 2017. - № 4 (56). - С. 166-173. Авторский вклад 0,4 п.л.

4. Kuzina, A. A. Obtaining nanopowder pseudo-ligatures Al-(SiC+Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) for modification of aluminum alloys / A. A. Kuzina, A. V. Kuts // *Key Engineering Materials*, 2016. - Vol. 684. - P. 310-315. Авторский вклад 0,3 п.л.

5. Kuzina, A. A. Obtaining nanopowder pseudo-ligatures Cu-(SiC+Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) for modification and reinforcement of aluminum alloys / A. A. Kuzina // *Russian journal of non-ferrous metals*, 2016. - Vol. 57. - Issue 7. - P. 710-714. Авторский вклад 0,5 п.л.

Кузина А. А., Получение нанопорошковых псевдолигатур Cu-(SiC+Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) для модифицирования и армирования алюминиевых сплавов / А. А. Кузина // *Известия вузов. Цветная металлургия*, 2016. - № 5. - С. 78-84. Авторский вклад 0,7 п.л.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.**

В отзыве официального оппонента, **Юхвида Владимира Исааковича**, указаны следующие основные замечания: 1) недостаточно подробно проанализирован процесс растворения псевдолигатур, содержащих наночастицы керамических порошков Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiC-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> и AlN марки СВС-Аз на различных порошках – носителях в алюминии, а также последующее формирование состава структуры слитков АМКМ; 2) не рассмотрена возможность растворения наноразмерных частиц Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiC-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, AlN и носителей в расплаве алюминия и их участие в формировании новых соединений с Al при охлаждении и кристаллизации; 3) не рассмотрены возможные причины потери азота в литых АМКМ.

В отзыве официального оппонента, **Ковтунова Александра Ивановича**, сформулированы следующие замечания: 1) в автореферате диссертации указано, что в первой главе сформулирована цель и задачи работы, но в тексте диссертации в содержании первой главы эти формулировки отсутствуют; 2) в работе имеются не применяемые термины и неточности, например, «крепкого адгезионного контакта» (стр. 24); «при более высоких температурах формируются краевые углы смачивания» (стр. 25) и др.; 3) во второй главе излишне подробно описана технология приготовления шлифов, порядок плавки с указанием технических характеристик обычной печи и общепринятые формулы для определения механических свойств материалов; 4) отсутствует обоснование выбора в качестве матричных алюминиевых сплавов АК12 и А7; 5) отмечено, что лучше

«вводить псевдолигатуры в расплав АК12» (стр. 138), но не обосновано почему; 6) в образцах, полученных введением псевдолигатур в алюминиевый расплав, не обнаружено следов Na и F, отмечено, что это связано с удалением криолита в шлак, но не учитывается, что криолита содержится всего лишь 5 и 35% в порошке, а содержание порошка в образцах не более 0,125%; 7) вызывает сомнение достоверность данных химического состава литых образцов (табл. 4.1), так как образцы не содержат железа, а в сплаве А7 содержание железа до 0,16% и в сплаве АК12 содержание железа до 0,7%; 8) в 5 главе не представлены результаты исследования механических свойств образцов композиционных материалов, легированных псевдолигатурами на алюминиевом порошке-носителе.

**На автореферат поступили 10 положительных отзывов от:**

1. А.Н. Володченко, д.т.н., доцента, профессора кафедры теоретической и прикладной химии и В.В. Строковой, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой материаловедения и технологии материалов ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (г. Белгород).

2. П.О. Русинова, д.т.н., профессора кафедры систем управления и технологических комплексов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» (г. Краснодар).

3. В.В. Ана, д.х.н., профессора научно-образовательного центра Н.М. Кижнера Инженерной школы новых производственных технологий Томского политехнического университета (г. Томск).

4. Л.М. Гуревича, д.т.н., доцента, заведующего кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (г. Волгоград).

5. В.Ю. Дорофеева, д.т.н., профессора, профессора кафедры «Технология машиностроения, технологические машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск Ростовской области).

6. В.А. Ивановой, д.т.н., доцента, директора института инженерии и машиностроения, заведующего кафедрой технологии материалов, стандартизации и метрологии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет» (г. Ярославль).

7. Г.А. Прибыткова, д.т.н., доцента, главного научного сотрудника лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН (г. Томск).

8. С.А. Оглезновой, д.т.н., доцента, профессора кафедры механики композиционных материалов и конструкций, научного руководителя Научного центра порошкового материаловедения ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь).

9. С.А. Зелепугина, д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника научно-исследовательского отдела структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН ФГБУН Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (г. Томск).

10. А.А. Ситникова, д.т.н., профессора, директора производственного внедренческого комплекса прикладных исследований и разработок ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (г. Барнаул).

В замечаниях указано, что не приведено содержание примесей в исходных керамических нанопорошках; не описан механизм различного влияния смешивания в

планетарной и шаровой мельницах на свойства исследуемых порошковых композиций; отсутствует описание методик определения механических свойств литых алюмоматричных композиционных материалов с наночастицами керамических порошков нитридов и карбидов кремния. Остальные замечания связаны с ограниченным объемом автореферата, на которые даны полные комментарии в тексте диссертации. Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы Кузиной А.А. требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор – Кузина А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их высокой компетентностью в области разработки новых композиционных металломатричных материалов, жидкофазных и твердофазных методов их получения, в том числе с применением процесса СВС, а также, более конкретно, алюмоматричных композитов, дисперсно-упрочненных малыми добавками керамических наночастиц, что подтверждается публикациями в научных изданиях в сфере исследования соискателя, а также наличием в ведущей организации диссертационного совета по данной научной специальности.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработаны** методы получения пресованных псевдолигатур из смеси металлических порошков-носителей и керамических нанопорошков  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{AlN}$  марки СВС-Аз для армирования алюминиевых сплавов;

- **предложены** составы нанопорошковых псевдолигатур, обеспечивающие их ввод в алюминиевый расплав и усвоение расплавом;

- **доказана** перспективность предложенных методов получения литых АМКМ за счет жидкофазного армирования алюминиевой матрицы псевдолигатурами, содержащими нанопорошки  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{AlN}$  марки СВС-Аз и приводящими к повышению механических свойств АМКМ;

- **введено** уточнение понятия порошков – носителей псевдолигатур, содержащих нанопорошки  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{AlN}$  марки СВС-Аз, являющихся основой псевдолигатур.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- **доказано**, что псевдолигатуры растворяются в расплаве алюминиевого сплава при содержании в составе псевдолигатуры не более 5% нанопорошков марки СВС-Аз, что позволяет усвоить расплавом и ввести в конечный состав АМКМ не более 0,1% армирующих частиц нанопорошков марки СВС-Аз;

- применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых методов экспериментального исследования жидкофазного и твердофазного процессов получения АМКМ и их состава, структуры и свойств;

- **установлены и изложены** закономерности процессов смешивания и пресования порошков при получении нанопорошковых псевдолигатур на основе различных металлических порошков-носителей: меди, никеля или алюминия, содержащих армирующие наночастицы керамических порошков  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{AlN}$  марки СВС-Аз, для применения при жидкофазном изготовлении АМКМ;

- **раскрыты и изучены** условия ввода псевдолигатур с нанопорошками марки СВС-Аз в расплав алюминия А7 и алюминиевого сплава АК12;

- **проведена модернизация** существующих способов получения и ввода псевдолигатур, за счет использования керамических нанопорошков марки СВС-Аз на основе различных порошков – носителей.

- **определено**, что для изготовления спеченных АМКМ целесообразно применять в качестве армирующих добавок нанопорошки марки СВС-Аз без побочной соли криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , которая при спекании образцов не удаляется.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- **разработаны и внедрены** в учебный процесс методы получения псевдолигатур, содержащих наночастицы керамических порошков  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{AlN}$  марки СВС-Аз, на различных металлических порошках – носителях: меди, никеля или алюминия, для жидкофазного армирования алюминиевых сплавов;

- **определены** составы, размеры и плотности брикетов прессованных псевдолигатур, содержащих наночастицы порошков марки СВС-Аз, и технологические режимы их ввода в расплавы алюминия А7 и алюминиевого сплава АК12;

- **созданы** практические рекомендации по технологическим режимам изготовления псевдолигатур, содержащих нанопорошки  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{AlN}$  марки СВС-Аз, на различных порошках – носителях;

- **выявлена** нецелесообразность изготовления композита  $\text{Al-AlN}$  твердофазным способом порошковой металлургии при использовании порошка алюминия марки ПА-4 и нанопорошка марки СВС-Аз состава  $(\text{AlN}+5\%\text{Na}_3\text{AlF}_6)$  в связи с тем, что побочная соль криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  не удаляется в условиях спекания, и спеченные образцы АМКМ получают сильно окисленными и высокопористыми;

- **представлены** подтверждения предприятий о соответствии механических свойств испытанных образцов АМКМ, разработанных в диссертационной работе, заявленным повышенным значениям и о перспективности использования разработанных АМКМ для изготовления деталей автомобильных двигателей и нефтепромышленного оборудования с облегченным весом.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании;

- **теория** основана на известных базовых положениях и постулатах материаловедения, порошковой металлургии и литейных технологий, механизмах дискретного упрочнения, лежащих в основе повышения прочностных свойств алюминиевой матрицы;

- **идея** базируется на анализе составов, структур и свойств армированных различными дисперсными частицами АМКМ, представленными в научных статьях и базовых экспериментальных исследованиях отечественных и зарубежных ученых;

- **использованы** современные методики сбора и обработки информации, представленные выборочные совокупности с обоснованием выбора объектов и методов исследования.

- **установлено** качественное и количественное совпадение полученных экспериментальных и теоретических результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

постановке задачи и участии на всех этапах процесса проведения исследований по получению: порошковых псевдолигатур, содержащих нанопорошки марки СВС-Аз, и их вводу в алюминиевый расплав; спеченных порошковых АМКМ, армированных наночастицами нитрида алюминия; непосредственном участии в получении исследуемых

образцов АМКМ и изучении их структуры и свойств; расчетах теоретических параметров перед проведением экспериментов по получению литых и спеченных АМКМ; анализе полученных результатов; непосредственном участии в подготовке всех основных опубликованных работ по результатам диссертации; формулировке основных научных положений и выводов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1) ввод нанопорошковых псевдолигатур в расплавы алюминия А7 и алюминиевого сплава АК12 проводился в стальном тигле, перемешивание расплава проводилось стальным прутком, что могло приводить к загрязнению АМКМ железом; 2) механические свойства полученных вами АМКМ практически не отличаются от свойств промышленных алюминиевых сплавов; 3) следовало бы провести исследование износостойкости и механических свойств полученных образцов АМКМ при повышенных температурах.


Соискатель Кузина А.А. ответила (согласилась с замечаниями) на задаваемые в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию: 1) для предотвращения загрязнения АМКМ железом применялась стандартная защитная окраска поверхности тигля и кокиля составом на основе жидкого стекла и мела; 2) сравнение со свойствами промышленных алюминиевых сплавов не совсем правомерно, так как эти свойства приводятся для сплавов после упрочняющей термообработки, в то время как наши АМКМ не подвергались такой упрочняющей термообработке, что запланировано в дальнейшем и должно привести к заметному повышению механических свойств наших АМКМ; 3) исследования свойств АМКМ при повышенных температурах также в дальнейшем запланированы.

На заседании 01 октября 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Кузиной Антонине Александровне ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение за решение научной задачи разработки метода изготовления алюмоматричных композиционных материалов, дискретно армированных наночастицами керамических порошков нитридов и карбидов азидного СВС, имеющей важное значение для развития материаловедения.


При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.6.17, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного  
совета 99.2.039.02 (Д 999.2.039.02)



 Клебанов Яков Мордухович

Секретарь диссертационного  
совета 99.2.039.02 (Д 999.2.039.02)

 Луц Альфия Расимовна

01 октября 2021 г.