

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Нарзуллоева Умеджона Умаралиевича на тему: «Получение наномодифицированных алюмоматричных композитов с использованием термохимических и плазмохимических *in situ* реакций», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук, специальность 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 25 ноября 2025 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 15.09.2025 г., протокол № 32.

Диссертация выполнена на кафедре порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС. Научный руководитель – Штанский Дмитрий Владимирович, д.ф.-м.н., профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий, главный научный сотрудник Научно-учебного центра СВС МИСИС-ИСМАН (НУЦ СВС), заведующий Научно-исследовательским центром «Неорганические наноматериалы» НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 32 от 15.09.2025 г.) в составе:

1. Левашов Евгений Александрович, д.т.н., заведующий кафедрой порошковой металлургии функциональных покрытий, директор НУЦ СВС НИТУ МИСИС – председатель комиссии;

2. Петржик Михаил Иванович, д.т.н., ведущий научный сотрудник НУЦ СВС, профессор кафедры порошковой металлургии функциональных покрытий НИТУ МИСИС;

3. Кирюханцев-Корнеев Филипп Владимирович, д.т.н., заведующий лабораторией «*In situ* диагностика структурных превращений» НУЦ СВС, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС,

4. Курганова Юлия Анатольевна, д.т.н., профессор кафедры материаловедения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»;

5. Серов Михаил Михайлович, д.т.н., профессор кафедры 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»;

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция улучшения термомеханических и трибологических свойств алюминиевых металломатричных композитов путем их комплексного модифицирования различными видами нанодисперсных добавок в процессе высокоэнергетического шарового размола, микроволновой плазменной обработки и искрового плазменного спекания, позволившая качественно влиять на закономерности фазо- и структурообразования дисперсных и вторичных армирующих фаз;

предположена перспективность практического применения композиционного материала $\text{Al-5\%}(\text{CrMnFeCoNi})_3\text{O}_4$ для изготовления ответственных деталей двигателей внутреннего сгорания на основании результатов механических испытаний, проведенных при температурах 25 и 500 °С в ООО «Фопро-М».

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

экспериментально доказано формирование оксидных наноструктур в виде нановискеров и субмикронных частиц на поверхности частиц алюминия при их термической обработке в аргоне при 900 и 1000 °С с нанесенными реакционными оксидами, полученными в результате взаимодействия с растворами солей (H_3BO_3 , LiNO_3 и Na_2SiO_3), что обеспечивает равномерное введение наноструктур в алюминиевую матрицу;

изложены условия обработки порошковых смесей $\text{Al-Al}_2\text{O}_3$ в микроволновой аргоновой плазме, обеспечивающие формирование прочной межфазной границы за счет улучшения смачивания субмикронных частиц Al_2O_3 расплавленным Al с образованием сферических гетерогенных микрочастиц $\text{Al-Al}_2\text{O}_3$ размером 15-50 мкм;

доказаны положения о том, что в результате алюминотермической реакции при искровом плазменном спекании порошковых смесей $\text{Al}-(\text{CrMnFeCoNi})_3\text{O}_4$ наночастицы высокоэнтропийного оксида частично восстанавливаются *in situ*, обеспечивая избыток кислорода для образования армирующих наночастиц Al_2O_3 , а восстановленные металлы реагируют с Al , образуя различные интерметаллические соединения (Al_9Me_2 , Al_5Me_2 и Al_2Me), которые, наряду с $(\text{CrMnFeCoNi})_3\text{O}_4$, выступают в качестве вторичных упрочняющих фаз;

применительно к проблематике диссертации, результативно и с получением обладающих новизной результатов, использован комплекс аналитических методов исследования, включая методы *in situ* просвечивающей электронной микроскопии, а также базовых методов исследования фазового состава и структуры: рентгенофазовый анализ,

сканирующую и просвечивающую электронную микроскопию.

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

- разработан способ получения нановискеров алюминатов на частицах алюминия, зарегистрированный в Депозитарии ноу-хау НИТУ МИСИС, Свидетельство о регистрации секрета производства (ноу-хау) № 24-774-2023 ОИС от 17 ноября 2023 года;

- разработан способ получения наночастиц высокоэнтропийных оксидов $(\text{CrMnFeCoNi})_3\text{O}_4$, зарегистрированный в Депозитарии ноу-хау НИТУ МИСИС, Свидетельство о регистрации секрета производства (ноу-хау) №13-774-2024 ОИС от 15 октября 2024 года;

- разработана и зарегистрирована технологическая инструкция на процесс получения заготовок для композиционных поршневых колец на основе алюминия, упрочненных наночастицами высокоэнтропийных оксидов (ТИ 63-11301236-2024);

- разработан способ гомогенизации и механоактивации порошков методом высокоэнергетического шарового размола, внедренный в ООО «Фопро-М»;

- в ООО «Фопро-М» проведены механические испытания при температурах 25 и 500 °С, по результатам которых материал $\text{Al-5\%}(\text{CrMnFeCoNi})_3\text{O}_4$ рекомендован для изготовления днищ поршней и поршневых колец двигателей внутреннего сгорания.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовано современное технологическое и аналитическое оборудование. Достоверность полученных результатов диссертационной работы подтверждается использованием статистических методов обработки, а также сопоставлением полученных результатов с работами других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в анализе научно-технической литературы по теме исследования, получении и обработке экспериментальных данных, анализе и обобщении результатов исследований. Обсуждение и интерпретация полученных результатов проводились совместно с научным руководителем и соавторами публикаций. Основные положения, научная новизна, практическая значимость и выводы диссертационной работы сформулированы совместно с научным руководителем.

По материалам диссертации имеется 14 публикаций, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК и входящих в базы данных Scopus, Web of Science, а также 2 ноу-хау. Результаты диссертационной работы Нарзуллоева У.У. обсуждались на 8 всероссийских и международных научно-технических конференциях.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

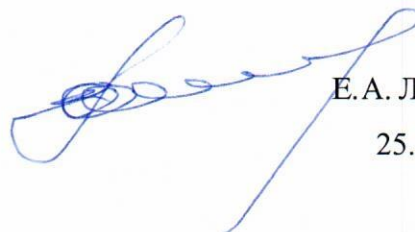
Диссертация Нарзуллоева Умеджона Умаралиевича соответствует критериям п. 2

Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней, на основе проведенных автором исследований, разработаны новые научно-обоснованные технические и технологические решения проблемы получения высокопрочных композитов на основе алюминия, упрочненных оксидными наноструктурами. Сформулированы и экспериментально проверены основные принципы многофакторного влияния структуры, химического состава и способа обработки дисперсной фазы на механические свойства полученного композита, что имеет существенное значение для развития порошковой металлургии и создания металломатричных композитов на основе алюминия.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Нарзуллоеву Умеджону Умаралиевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



Е.А. Левашов

25.11.2025