

## ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертационной работы Нарзуллоева Умеджона Умаралиевича  
«Получение наномодифицированных алюмоматричных композитов с  
использованием термохимических и плазмохимических *in situ* реакций»,  
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

**Актуальность темы.** Диссертационная работа Нарзуллоева Умеджона Умаралиевича посвящена разработке новых алюминиевых металломатричных композитов с рабочей температурой выше 450 °С, характеризующихся высокой прочностью при сохранении достаточной пластичности для изготовления нагруженных деталей силовых агрегатов и корпусов различной техники, что является актуальной научно-технической задачей с учетом возрастающей потребности автомобильной, авиационной и ракетно-космической промышленности в легких высокопрочных материалах.

**Целью работы** является разработка научных и технологических основ создания алюминиевых металломатричных композитов с высокими термомеханическими свойствами за счет дисперсного упрочнения оксидными наноструктурами.

Работа состоит из введения, 5 разделов и общих выводов. Во введении описана актуальность проблемы, сформулированы основные цели и задачи, обоснована научная новизна и практическая значимость работы. Основные результаты исследования изложены в разделах 3-5 и включают детальный анализ микроструктуры обработанных порошковых смесей и спеченных композитов, а также их фазовый состав. В ходе работы проведена оценка механических свойств полученных материалов, в частности временное сопротивление на разрыв и сжатие при комнатной и повышенной температурах, трибологических характеристик, а также их устойчивости к ударно-динамическим нагрузкам. Определены условия формирования бимодальной микроструктуры в композитах  $Al-Al_2O_3$  и  $Al-(CrMnFeCoNi)_3O_4$ , обеспечивающей сочетание высокой прочности и пластичности при температурах испытаний до 500 °С. Установлено, что в процессе искрового плазменного спекания происходит взаимодействие между частицами  $Al$  и  $(CrMnFeCoNi)_3O_4$  с образованием вторичных фаз  $\gamma-Al_2O_3$ ,  $\delta^*-Al_2O_3$  и  $AlMe_x$ , способствующих увеличению механических свойств алюминиевых металломатричных композитов.

**Научная новизна работы** заключается в формировании бимодальной микроструктуры в композитах  $\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}-\text{ВЭО}$ , состоящей из микронных и субмикронных зерен алюминия, окруженных металлокерамическим каркасом, состоящим из нанозерен алюминия и керамических армирующих наночастиц, что в совокупности обеспечивает высокую пластичность, прочность, износостойкость и ударопрочность.

Кроме того, в работе установлен процесс частичного восстановления *in situ* наночастиц высокоэнтропийного оксида (ВЭО) в результате алюминотермической реакции при искровом плазменном спекании порошковых смесей порошковых смесей  $\text{Al}-(\text{Cr}_{0.23}\text{Mn}_{0.22}\text{Fe}_{0.22}\text{Co}_{0.19}\text{Ni}_{0.13})_3\text{O}_4$ , что обеспечивает избыток кислорода для образования армирующих наночастиц  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а также образование интерметаллических соединений  $\text{Al}_9\text{Me}_2$ ,  $\text{Al}_5\text{Me}_2$  и  $\text{Al}_2\text{Me}$ , которые обеспечивают дополнительное упрочнение.

По теме работы опубликовано 4 статьи, в том числе 1 – в журнале из перечня ВАК, 3 – в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science, а также зарегистрировано 2 ноу-хау. Результаты работы были представлены на профильных российских и международных конференциях.

**Практическая значимость работы** заключается в разработанном способе гомогенизации и механической активации порошков методом высокоэнергетического шарового размола, внедренный в ООО «Фопро-М». Разработанный материал  $\text{Al}-5\%(\text{CrMnFeCoNi})_3\text{O}_4$  был испытан в ООО «Фопро-М» при температурах 25 и 500 °С и рекомендован для изготовления днищ поршней и поршневых колец двигателей внутреннего сгорания. Также по результатам работы 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 15.10.2024 г.

**Замечания:**

1. В автореферате подробно представлены результаты исследования, однако целесообразно привести сравнительный анализ разработанных алюмоматричных композиционных материалов с промышленно применяемыми алюминиевыми сплавами и литературными данными для аналогичных композитов по уровню физико-механических и трибологических свойств.

2. В работе отсутствует описание выбранных режимов изготовления алюминиевых металломатричных композитов.

**Закключение.** Отмеченные выше замечаний не снижают научной и практической значимости диссертационной работы. Работа выполнена на высоком научном уровне имеет научную и практическую значимость. Поставленные в диссертационной работе цели и задачи успешно достигнуты.

Диссертационная работа «Получение наномодифицированных алюмоматричных композитов с использованием термохимических и плазмохимических *in situ* реакций» полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», а ее автор Нарзуллоев Умеджон Умаралиевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Кандидат технических наук,

Начальник сектора лаборатории 616

«Порошковая металлургия и аддитивное производство»

НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ

«05» 11 2025 г.

 Ю.Ю. Капланский

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ)

Адрес: 105005 г. Москва, ул. Радио, д.17

E-mail: [priem@viam.ru](mailto:priem@viam.ru)

Телефон: 8(499) 263-88-74

Подпись Капланского Юрия Юрьевича заверяю

Зам. председателя «Ученого совета», к.т.н., доцент

Свириденко Д.С.

