

## ОТЗЫВ

официального оппонента Жукова Ильи Александровича на диссертационную работу

Махан Хамид Мохаммед Махан

«Исследование структуры и свойств алюмоматричных композитов, армированных частицами  $TiO_2$ », представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение

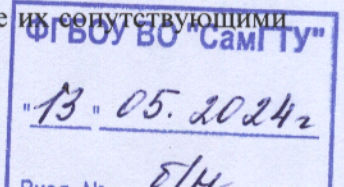
**Актуальность диссертационной работы** заключается в установлении влияния наноразмерных частиц диоксида титана на процессы кристаллизации, деформации и разрушения алюминиевых композитов и выявлению зависимостей «технология получения-состав-структура-свойство». В работе решались следующие задачи. Изучение влияния добавления наночастиц  $TiO_2$  на процесс кристаллизации расплава, микроструктуру и фазовый состав литых слитков из алюминиевого сплава AA2024. Изучение влияния добавления наночастиц  $TiO_2$  на механические свойства (микротвердость, твердость, свойства при растяжении, ударную вязкость, усталость), а также на такое эксплуатационное свойство как износостойкость алюмокомпозитов системы AA2024/ $TiO_2$ . Исследование влияния термической обработки на микроструктуру и фазовый состав алюмокомпозитов AA2024 с керамическими наночастицами  $TiO_2$ . Исследование влияния термической обработки на механические свойства и износостойкость алюмокомпозитов AA2024 с керамическими наночастицами  $TiO_2$ .

**Научная новизна.** Выявлены закономерности формирования структуры и свойств композитов на основе алюминиевого сплава АД16 (AA2024) с добавкой в количестве от 2.5 до 7,5 масс.% наноразмерных (30–50 нм) частиц  $TiO_2$ . Установлено, что добавка наночастиц диоксида титана в количестве 5 масс. % обеспечивает увеличение временного сопротивления разрушению получаемых алюминиевых композитов от 30 до 50 %. Впервые установлено, что добавление наночастиц  $TiO_2$  в структуру алюминиевого сплава АД16 способствует изменению состава интерметаллических соединений в междендритных зонах, образованию фаз  $Al_7Cu_2Fe$ ,  $Al(Cu, Mn, Fe, Si)$ ,  $Al_2TiCu$  и  $Al_9TiFe$ . Установлено влияние термообработки на структуру и свойства алюминиевых композитов с добавкой наночастиц диоксида титана: термообработка (режим T1) приводит к образованию пересыщенного твердого раствора легирующих элементов в алюминии, способствует увеличению содержания фазы  $MgCuAl_2$  и формированию фазы  $Al_2Cu$ . Выявлена тенденция увеличения сопротивляемости усталостному нагружению материалов до 20 % на основе алюминия Д16 с добавкой 5 масс.% наночастиц  $TiO_2$ .

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,** поскольку они поддерживаются базовой теорией химических и металлургических процессов, а также их отсутствующими

С.С. Жуков 03/11/2024 13.05.2024

*Жуков*



взаимодействиями, процессами термообработки, обеспечивая необходимый объем исследований; полученными теоретическими и экспериментальными данными, а также результатами применения стандартизированных методов химического анализа, обработки теоретических и эмпирических данных, апробацией основных положений диссертационного исследования в публикациях автора и выступлениях на научных конференциях.

Обоснованность обеспечивается комплексным подходом к решению сформулированных задач, адекватностью методов исследования, использованием стандартизированных методик измерения свойств в соответствии с требованиями ГОСТ и международных стандартов, статистических методов обработки результатов и непротиворечивостью полученных в рамках диссертационной работы данных с данными, приведенными в научной литературе.

**Теоретическая и практическая значимость.** В работе развиты научные представления выбора частиц - упрочнителей и влияние условий получения алюминиевых композитов с добавкой наночастиц  $TiO_2$  на их фазовый состав, структуру и свойства. Практическая значимость работы определяется разработанными научно-технологическими подходами получения и совокупностью результатов исследований физико-механических и эксплуатационных свойств новых литых композитов на основе алюминия АД16 с добавками неметаллических наночастиц. Полученные данные могут быть масштабированы и использованы для разработки технических решений по повышению надежности конструкций, изготавливаемых из сплавов алюминия. Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры технологии металлов и авиационных материалов Самарского университета, режимы получения алюмоматричных композитов и их состав рекомендованы к практическому внедрению ООО «Вест 2002».

**Общая характеристика диссертационной работы.** Диссертация является законченным научным исследованием, состоит из введения, 4 глав, основных выводов и списка литературы, включающего 147 источников. Общий объем диссертации составляет 133 страницы, в том числе 51 рисунок и 10 таблиц. В **первой главе** соискатель провел анализ научной литературы по теме (89 источников), поставлена цель и задачи работы. Во **второй главе** представлена характеристика исходных материалов и методы исследований. Результаты исследований структуры и свойств композиционных материалов на основе алюминия изложены в **главах 3,4**. Автореферат соответствует тексту диссертации. Научные положения и выводы диссертационной работы соответствуют ее содержанию. Результаты работы представлены в 11 публикациях, включая печатные работы в сборниках трудов конференций и семинаров. Из них 2 статьи опубликованы в ведущих рецензируемых

научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, и 5 статей опубликованы в изданиях, входящих в библиографические базы Scopus и Web of Science. Диссертационная работа по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение (отрасль науки – технические, химические) по п.1 «Разработка новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, в том числе капиллярно-пористых, с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния дисперсности, состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и иных факторов на функциональные свойства материалов. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры металлических, неметаллических материалов и композитов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности деталей, изделий, машин и конструкций (химической, нефтехимической, энергетической, машиностроительной, легкой, текстильной, строительной)», п.2 «Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах».

#### **Замечания и вопросы по диссертационной работе.**

1. В работе утверждается об увеличении свойств за счет эффективной передачи нагрузки и ограничением движения дислокаций, обеспечиваемых присутствием в структуре алюминия неметаллических наночастиц. Какой механизм вносит основной вклад в увеличение свойств композитов? Полезно было бы представить теоретическую оценку вклада каждого механизма упрочнения.

2. Не приведены гистограммы распределения зерен по размерам алюминиевого сплава с добавками наночастиц – как наночастицы диоксида титана влияют на размер зерен получаемого сплава? Кроме того, применение современных методов, таких как просвечивающая электронная микроскопия, а также растровая электронная микроскопия с применением дифракции обратно рассеянных электронов, может предоставить информацию о фазовом составе, наличии оксидных фаз и характере их распределения в металлических слоях. Такие данные способствуют лучшему пониманию механизмов образования фазового состава в металле. Указанные исследования могут быть рекомендованы автору для развития темы.

3. Почему происходит деградация свойств (износостойкость) при добавлении частиц в количестве свыше 5 масс.-%?

4. Некорректно сформулирован пункт 1 научной новизны (Впервые проведены комплексные экспериментальные исследования...). Исследование не является научной новизной.

Указанные замечания не ставят под сомнение научные и практические результаты диссертационной работы.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученой степени кандидата наук.**

Диссертационная работа «Исследование структуры и свойств алюмоматричных композитов, армированных частицами  $TiO_2$ » соответствует критериям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 18.03.2023 г.), ее автор, Махан Хамид Мохаммед Махан, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

На обработку персональных данных, связанную с защитой Махан Хамид Мохаммед Махан, согласен.

Официальный оппонент, заведующий лабораторией нанотехнологий металлургии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор технических наук (специальность 05.16.09 – Материаловедение (химическая технология)); 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; (3822) 52-98-52; gofra930@gmail.com; <http://www.tsu.ru>.

«02» сентя 2024 г.

Жуков Илья Александрович

Подпись И. А. Жукова удостоверяю  
Ученый секретарь ученого совета  
ФГАОУ ВО НИ ТГУ



М.П.

Сазонтова Наталья Анатольевна

Сведения об организации:  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»; 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36; (3822) 52-98-52; [rector@tsu.ru](mailto:rector@tsu.ru); <http://www.tsu.ru>.