

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
99.2.039.02

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 21.06.2024 г. № 3

О присуждении Махан Хамид Мохаммед Махан, гражданину Ирака, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование структуры и свойств алюмоматричных композитов, армированных частицами TiO_2 » по специальности 2.6.17. Материаловедение принята к защите 05 апреля 2024 г. (протокол заседания № 2) объединенным диссертационным советом 99.2.039.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки Российской Федерации, 443100, Самара, Молодогвардейская 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Минобрнауки РФ, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки РФ № 45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Махан Хамид Мохаммед Махан, 05.02.1981 года рождения, в 2014 году с отличием окончил обучение в магистратуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» по направлению подготовки «Материаловедение и технологии новых материалов». В период подготовки диссертации соискатель Махан Хамид Мохаммед Махан с 2020 года по настоящее время обучался в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов, официально не работал.

Диссертация выполнена на кафедре технологии металлов и авиационного материаловедения ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Коновалов Сергей Валерьевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», проректор по научной и инновационной деятельности.

Официальные оппоненты:

- Белов Николай Александрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, кафедра «Обработка металлов давлением», главный научный сотрудник.

- Жуков Илья Александрович, доктор технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, лаборатория нанотехнологий металлургии, заведующий лабораторией

дали положительный отзыв на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, в своем положительном отзыве, утвержденным Гуцом Денисом Сергеевичем, к.п.н., проректором по учебной работе, подписанным Жеребом Владимиром Павловичем, д.х.н., доцентом, кафедра «Металловедение и термическая обработка металлов имени В.С. Биронта», заведующий кафедрой, указала, что в работе получены новые научные результаты, имеющие существенное значение для понимания закономерностей формирования структуры и повышенных свойств алюмоматричных композитов, армированных частицами TiO_2 , что является важным для развития материаловедения. Результаты работы могут быть полезны для предприятий цветной металлургии, занимающихся производством алюминиевых сплавов ответственного назначения, а также для образовательной деятельности университетов, имеющих в своих учебных планах курсы по «Материаловедению». Отзыв содержит следующие замечания: 1) в разделе 3.4 и 4.3 диссертационной работы приведены результаты испытаний на усталость композитов на основе алюминиевого сплава AA2024 с добавкой наночастиц TiO_2 . Чем обусловлена тенденция увеличения сопротивляемости усталостному нагружению сплавов алюминия с добавкой наночастиц оксида титана с 5 масс. % TiO_2 и уменьшения сопротивляемости знакопеременным нагрузкам в области малоциклового усталости с 7,5 масс. % TiO_2 ? 2) в диссертационной работе отсутствуют сведения о влиянии добавок неметаллических наночастиц на значения модулей упругости получаемых материалов; 3) какова структура поверхности разрушения алюминиевого сплава AA2024 с добавкой наночастиц TiO_2 после термической обработки? 4) как дисперсия наночастиц в матрице влияет на механическую производительность материала? 5) следует прокомментировать появление на фотографии микроструктуры (рис. 3.2.г диссертации) появления фазы Al_3MgCu .

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них 7 в рецензируемых научных изданиях, включая 5 статей в изданиях, индексируемых международными реферативными базами данных Scopus и Web of Science. Вклад

соискателя: выбор и постановка целей и задач, участие на всех этапах исследования, личное проведение анализов и измерений физико-механических свойств, интерпретация результатов и формулировка всех основных положений и выводов. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала по теме диссертации составляет 1,6 печатных листов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Махан, М. Х. Исследование свойств и структуры алюмоматричных композитов, армированных частицами TiO₂ / М. Х. Махан, С. В. Коновалов, И. А. Панченко, Д. Д. Пашкова // Ползуновский вестник. – 2022. – Т. 2. – №. 4. – С. 7-13.
2. Махан, Х. М. Влияние термической обработки и наночастиц на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава / Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2023. – №4. – С. 98–106.
3. Hamid M. M., Konovalov S.V., Sherwan M. N. Experimental and Numerical Investigations of the Fatigue Life of AA2024 Aluminum Alloy-Based Nanocomposite Reinforced by TiO₂ Nanoparticles Under the Effect of Heat Treatment / H. M. Mahan, S.V. Konovalov, S. M. Najm // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2024. – Vol. 25. – P. 141-153.
4. Mahan, H. M. The influence of TiO₂ nanoparticles on the mechanical properties and microstructure of AA2024 aluminum alloy / H. M. Mahan, S. V. Konovalov, K. Osintsev, I. Panchenko // Materials and Technology. – 2023. – Vol. 57(4). – P. 379–384.
5. Mahan, H. M. Effect of heat treatment on the mechanical properties of the aluminum alloys AA2024 with nanoparticles / H. M. Mahan, S. C. Konovalov, I. Panchenko // International Journal of Applied Science and Engineering. – 2023. – Vol. 20(2). – P. 1-6.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.

В отзыве официального оппонента **Белова Н.А.** указаны следующие критические замечания: 1) Хотя список литературы достаточно большой (147 источников), в нем мало ссылок на работы российских ученых в области алюмометричных композитов. 2) Вид заготовки (отливка или деформируемый полуфабрикат), которую предлагается изготавливать из предлагаемого композита, не вполне определен. Деформируемый сплав AA2024 обладает низкой технологичностью при фасонном литье, поэтому для данной технологии мало пригоден. С другой стороны, деформированные полуфабрикаты в данной работе не рассматриваются. 3) Не указано, как был получен (или приобретен) базовый сплав. В табл.2.1 указан конкретный состав из источника [92], но непонятно, почему именно он соответствует объекту исследования. Производитель наночастиц TiO₂ также не указан. 4) Следовало бы указать не только расчетное, но фактическое содержание частиц TiO₂ в экспериментальных образцах. 5) Утверждение о наличии в структуре композитов интерметаллических соединений Al₃TiCu и Al₉TiFe (с. 51 и далее) не обосновано подтверждающими результатами эксперимента (в частности, на рис.3.2 и рис.3.8 эти соединения отсутствуют). Формирование этих Ti-содержащих соединений возможно только за счет реакции базового алюминиевого сплава с наночастицами TiO₂, что в работе

не рассматривается. Также следует отметить, что из-за низкого содержания железа в базовом сплаве (0,25 %, см. табл. 2.1), количество частиц Al_9TiFe в принципе не может быть существенным. 6) Появление на с.57 фазы Al_3Ti требует пояснения, поскольку ранее в описании микроструктуры экспериментальных образцов данная фаза не упоминалась. 7) На рис.3.8 виден пик от фазы TiO_2 при 0 об. % этих наночастиц (примерно такой же, как и 5 % TiO_2) 8) Утверждение на с. 84 («... высокой растворимостью наночастиц TiO_2 в структуре матрицы...») некорректно, поскольку этот оксид (как и другие оксиды практически не растворимы в алюминиевом твердом растворе». 9) Название табл. 4.1 и рис.4.4 («Элементный состав выпадающей фазы») не корректно, поскольку приведенные данные МРСА отражают состав не фазы, а целой области, состоящей из нескольких фаз.

В отзыве официального оппонента **Жукова И.А.** сформулированы следующие замечания: 1) 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. 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.

На автореферат поступили 7 положительных отзывов от:

1. А.Н. Володченко, д.т.н., доцента, профессора кафедры теоретической и прикладной химии, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (г. Белгород);
2. Ю.Л. Крутского, д.т.н., доцента, профессора кафедры химии и химической технологии, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск);
3. Д.В. Загуляева д.т.н., доцента, профессора кафедры естественно-научных дисциплин им. проф. В.М. Финкеля, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк);
4. Е.В. Агеевой, д.т.н., доцента, профессора кафедры технологии материалов и транспорта, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск);
5. Т.А. Ильинковой, д.т.н., профессора, профессора кафедры материаловедения, сварки и производственной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Казань);
6. С.Я. Алибекова, д.т.н., профессора, зав. кафедрой машиностроения и материаловедения ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» (г. Йошкар-Ола);

7. О.И. Морозова, к.т.н., и.о. зав. кафедрой «Материаловедение и обработка металлов давлением» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск).

В замечаниях указано:

на стр. 3 автореферата утверждается, изделия из композиционных материалов могут использоваться при повышенных температурах. Речь явно идет материалах на основе сплавов алюминия. Однако общеизвестно, что температура эксплуатации таких сплавов сравнительно невелика. Например, дюралюмины могут использоваться при температурах не выше 200 °С. Не обоснован выбор наноразмерных частиц диоксида титана в качестве армирующего материала. В научной новизне (пункт б) указано, что введение 5 масс. % TiO_2 увеличивает прочность алюминиевых композитов на 30-50 %, а также повышает другие механические свойства. Желательно было указать, о каких механических свойствах идет речь. Чем обусловлен был выбор для исследований алюминиевого сплава. На рис.3а приведены деформационные кривые, но в пояснении к рисунку отсутствуют причины, вызывающие изменения деформационных характеристик. На стр. 13 в пояснении к рис.11 сказано, что полученные СЭМ изображения подтверждают наличие эффективной межфазной связи между наночастицами и алюминиевой матрицей. Однако, отсутствуют данные об исследованиях межфазного взаимодействия, позволяющих оценить эффективность межфазной связи. Из текста автореферата не ясно, какова экономическая эффективность предлагаемых технических и технологических решений, направленных на улучшение механических и эксплуатационных свойств литых композиционных материалов на основе алюминиевого сплава AA2024 за счет его армирования наночастицами TiO_2 и последующей термической обработки. Из текста автореферата не ясно, каковы перспективы дальнейшей разработки темы. Исследуемые алюмоматричные композиты представляют собой очевидно гетерогенную систему, которую общепринято называть дисперсноупрочненной. Однако при введении частиц в матрицу, их кратковременном перемешивании и дальнейшей кристаллизации часть дисперсных частиц TiO_2 растворяется в матрице. Причем растворимость увеличивается с увеличением концентрации наполнителя. Этот факт отмечен, но не объяснен в достаточной степени. В автореферате не указаны номера стандартов на испытания, типы испытываемых образцов и их количество, условия испытания. Неудачно представлены графики (диаграммы растяжения) на рисунке. Испытание на сопротивление усталости (по-видимому, на многоцикловую усталость, поскольку на графике указана база испытания - 10^7) проведено по укороченной схеме: вместо 15 образцов, испытано меньшее, не указан тип цикла нагружения, а также установленный предел выносливости. Это испытание также должно проводиться по стандарту с обязательной статистической обработкой результатов.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор – Махан Хамид Мохаммед Махан 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 исследований алюмоматричных композитов и алюминиевых сплавов, анализа эксплуатационных свойств композитных материалов, что подтверждается публикациями в научных изданиях в сфере исследований соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана концепция создания нового композиционного материала на основе алюминиевого сплава AA2024 с наночастицами TiO_2 , изготовленного механическим замешиванием наночастиц в расплав сплава, позволившая получить у нового материала комплекс повышенных механических свойств и износостойкости путем установления и использования фундаментальных закономерностей влияния добавления армирующих наночастиц TiO_2 на микроструктуру и фазовый состав образцов сплава AA2024;

предложена гипотеза влияния наночастиц TiO_2 на распространение трещин в композиционном материале, заключающаяся в том, что наночастицы TiO_2 могут создавать препятствия для распространения трещин, что в итоге повышает механические свойства композитов;

доказана целесообразность введения в алюминиевый сплав AA2024 армирующих наноразмерных керамических частиц TiO_2 в оптимальном количестве 5 масс.% для увеличения прочности композиционного материала на 30-50 % по сравнению с исходным сплавом за счёт высокодисперсного распределения частиц в структуре алюминиевых композитов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказано, что улучшение усталостных свойств и износостойкости композиционного материала на основе сплава AA2024 происходит как вследствие добавления наночастиц 5 масс. % TiO_2 , так и в результате термической обработки;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых традиционных и современных методов исследования, экспериментальных методик, что позволило получить новые научные и практические результаты при комплексном изучении алюминиевых композитов с армированием наночастицами TiO_2 ;

изложены доказательства влияния добавления армирующих наночастиц TiO_2 на микроструктуру и фазовый состав образцов сплава AA2024, заключающегося в формировании более мелких и равномерно распределенных зерен матричного сплава, изменении состава интерметаллических соединений в междендритных зонах и образовании новых фаз.

раскрыты закономерности изменения совокупности механических свойств (микротвердости, твердости, свойств при растяжении, ударной вязкости, усталости) вследствие введения наночастиц TiO_2 в сплаве AA2024;

изучено влияние термической обработки и концентрации наночастиц на скорость износа и коэффициент трения композита AA2024/ TiO_2 при различных нагрузках;

проведена модернизация подходов к получению методом замешивания наночастиц в расплав алюмоматричных композитных материалов путем варьирования массовой доли частиц TiO_2 (от 0 до 7,5 %) для обеспечения получения повышенных механических свойств готовых изделий.

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

разработаны и внедрены технологические режимы получения алюмоматричных композитов AA2024/ TiO_2 и их состав для получения ответственных элементов технологических агрегатов на предприятии ООО «Вест 2002»;

определена оптимальная концентрация наночастиц (5 масс. % TiO_2), при которой алюмоматричный композит показал повышенную усталостную долговечность и износостойкость;

созданы рекомендации по получению алюмоматричных композитов AA2024/ TiO_2 методом механического замешивания наночастиц в расплав матричного сплава и дальнейшему выбору режимов производства, обеспечивающих требуемые свойства;

представлены предложения по применению процесса механического замешивания наночастиц в расплав матричного сплава для получения слитков алюмокомпозитов с наночастицами TiO_2 .

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном современном оборудовании с использованием аттестованных методов и методик, применялось современное программное обеспечение и системы анализа;

теория построена на известных данных о микроструктуре и механических свойствах алюмоматричных композитов и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении передового опыта по получению алюмоматричных композитных материалов методом механического замешивания наночастиц в расплав матричного сплава;

использованы результаты экспериментальных исследований для сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по тематике диссертации;

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных в результате экспериментов и теоретических исследований с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методы обработки и анализа полученной информации, подбор объектов и образцов обусловлен значимостью и распространенностью исследуемых сплавов и составов.

Личный вклад соискателя состоит в выборе и постановке целей и задач исследований, определяющих научную новизну и практическую значимость работы; участии на всех этапах изготовления слитков алюмоматричных композитов AA2024/ TiO_2 , полученных механическим замешиванием наночастиц в расплав матричного сплава; в непосредственном участии в проведении подготовки и исследовании образцов, в

измерениях, интерпретациях результатов и формулировке всех основных положений; непосредственном участии в подготовке всех основных опубликованных работ по результатам диссертации, выполненных в творческих коллективах, что отражено в составе авторов опубликованных работ.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Махан Хамид Мохаммед Махан ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 21 июня 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Махан Хамид Мохаммед Махан ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение за решение научной задачи по улучшению механических и эксплуатационных свойств литых композиционных материалов на основе алюминиевого сплава АА2024 за счёт его армирования наночастицами TiO_2 и последующей термической обработки, имеющей значение для развития материаловедения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 0.

Председатель диссертационного
совета 99.2.039.02



Клебанов Яков Мордухович

Секретарь диссертационного
совета 99.2.039.02

Луца Альфия Расимовна

21 июня 2024 г.