

## О Т З Ы В

официального оппонента Кургановой Юлии Анатольевны  
на диссертационную работу Шериной Юлии Владимировны  
«Влияние армирования высокодисперсной фазой карбида титана, синтезированной  
в расплаве, и термообработки на структуру и свойства  
промышленных алюминиевых сплавов»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.6.17. Материаловедение

**Актуальность темы диссертационной работы.** Алюмоматричные композиционные материалы, дисперсно армированные тугоплавкими керамическими частицами, представляют собой современный класс конструкционных материалов с повышенными характеристиками удельной прочности, твердости, износостойкости и др., что позволяет им занимать первое место в мире по объему применения среди металломатричных композитов. На сегодняшний день в промышленных масштабах производятся композиты, включающие дисперсные фазы SiC и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Особо перспективны алюмоматричные композиты, армированные керамическими частицами высокой дисперсности - с размерами не более 1-2 мкм. Однако доступные коммерческие порошки подобной дисперсности отличаются высокой стоимостью, а технологии их ввода сложны, малопродуктивны и не обеспечивают равномерного распределения частиц в объеме алюминиевой матрицы. В этой связи целесообразным представляется применение метода самораспространяющегося синтеза (СВС), который позволяет формировать в расплаве алюминия высокодисперсную армирующую фазу из менее дорогих макроразмерных порошковых компонентов в результате их химического взаимодействия. Наиболее подходящим для реализации СВС в расплаве является соединение карбида титана, синтез которого из исходных порошков титана и углерода отличается значительной экзотермичностью, а само соединение характеризуется высокой температурой плавления, твердостью, модулем упругости, термодинамической стабильностью и коррозионной стойкостью. Кроме того, карбид титана, в силу близости размерных параметров кристаллической решетки с алюминием, может выступать эффективным модификатором матричной основы и обладает повышенной смачиваемостью при высоких температурах СВС. В связи с этим, безусловный интерес представляет изучение возможности повышения комплекса свойств традиционных сложнoleгированных алюминиевых сплавов за счет формирования высокодисперсной фазы карбида титана в их составе в сочетании с последующей термической обработкой, а исследование, проводимое Шериной Ю.В. на эту тему, является актуальной задачей.

**Структура, объем, форма изложения диссертации и автореферата.** Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный технический универси-

*В отзыве ознакомилась 13.09.2024 Шер*

ФГБОУ ВО «СамГТУ»	
"13" 09. 2024г	
Вход. №	874

тет». Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 127 наименований; изложена на 207 страницах машинописного текста и содержит 116 рисунков, 61 таблицу и 1 приложения. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК к кандидатским диссертациям, по ГОСТ 7.0.11-2011. Материал диссертации хорошо структурирован, изложен последовательно и логично, грамотным техническим языком. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, из них 7 в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России по специальности 2.6.17, и 1 - в издании, индексируемом базой данных Scopus. Количество и качество публикаций соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям. Основные результаты и положения диссертации докладывались и обсуждались на 19 международных и всероссийских научных конференциях.

**Краткое содержание работы.** Во введении описана актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования. Отмечены научная новизна и практическая значимость, перечислены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации содержит аналитический обзор отечественных и зарубежных литературных источников по современному состоянию вопроса в области получения алюмоматричных композиционных материалов; рассмотрены методы их изготовления, показано влияние легирования и термической обработки на структуру и свойства, возможные области применения. Обоснован выбор ряда промышленных алюминиевых сплавов, армирование которых высокодисперсной фазой карбида титана целесообразно.

Во второй главе представлены характеристики исходных материалов, методы, методики и оборудование, применяемое в ходе исследований.

В третьей – шестой главах приведены результаты исследований по изготовлению композиционных материалов на основе сплавов АМг2, АМг6, АМ4,5Кд, АК10М2Н путем их армирования 10 масс.%TiC. Для всех составов проведены термодинамические исследования и установлены параметры протекания реакции самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (адиабатическая температура, количество и фазовый состав образующихся продуктов горения в зависимости от начальной температуры расплава) фазы карбида титана TiC из элементных порошков титана и углерода, взятых в стехиометрическом соотношении с добавлением 5% флюса Na<sub>2</sub>TiF<sub>6</sub>. По результатам термодинамических исследований для всех рассмотренных промышленных сплавов рекомендована начальная температура расплава 900°C, при которой за счет тепловыделения химических реакций достигается адиабатическая температура около 1200°C, необходимая для обеспечения смачиваемости и усвоения керамической фазы расплавом, происходит полное формирование целевой фазы карбида титана и не образуются охрупчивающие фазы карбида алюминия и алюминида титана.

На основе термодинамических расчетов проведены экспериментальные исследования по получению и термической обработке разрабатываемых высокодис-

персных композитов и анализ их структур с применением микроскопического, микрорентгеноспектрального и рентгенофазового анализов, по результатам которых установлены протекающие фазовые превращения и выбраны оптимальные режимы реализации СВС в расплаве. Показано, что проведение термической обработки в виде нагрева до температуры 150°C и 230°C с выдержкой в печи в течение 3 часов и охлаждением на воздухе композиционных материалов АМг2-10%ТiС и АМг6-10%ТiС, синтезированных на основе матриц нетермоупрочняемых магналиев АМг2 и АМг6, способствует выделению дополнительного количества интерметаллической  $\beta$ -фазы  $Al_3Mg_2$  3 и 6% соответственно. Проведение термической обработки в виде операций закалки и искусственного старения по режиму Т6 композиционных материалов АМ4,5Кд-10%ТiС и АК10М2Н-10%ТiС на основе матриц термоупрочняемых сплавов АМ4,5Кд и АК10М2Н приводит к выделению фаз: 2-3%  $Al_2Cu$  и 2%  $Al_2Cu$ , 1%  $Al_3Ni$  соответственно. Во всех композиционных материалах присутствие 9-10% высокодисперсной фазы ТiС способствует сокращению длительности требуемой термической обработки по сравнению с матричными сплавами в связи с ускорением фазовых превращений, что связано с повышением уровня внутренних напряжений и плотности дислокаций в композитах.

Проведение армирования высокодисперсной фазой карбида титана, синтезированной в расплаве, в комплексе с последующей термической обработкой исследованных промышленных сплавов позволило получить новые композиционные материалы с существенно улучшенными триботехническими характеристиками: для состава АМг2-10%ТiС - снижился коэффициент трения не менее, чем в 4 раза, а скорость износа – не менее, чем в 9 раз; для состава АМг6-10%ТiС - снижился коэффициент трения не менее, чем в 2 раза, а скорость износа – не менее, чем в 4 раза; для состава АМ4,5Кд-10%ТiС - снижился коэффициент трения не менее, чем в 3 раза, а скорость износа – не менее, чем в 3 раза; для состава АК10М2Н-10%ТiС - снижился коэффициент трения не менее, чем в 4 раза, скорость износа – не менее, чем в 17 раз.

По результатам проведенных испытаний выведены общие закономерности и рекомендации по применению разработанных композиционных материалов.

В заключении представлены основные выводы и результаты работы.

**Оценка степени научной новизны результатов диссертации.** К основным результатам диссертационной работы, обладающим научной новизной, можно отнести то, что в работе впервые проведены термодинамические и экспериментальные исследования по установлению рациональных режимов синтеза 10 масс.% ТiС в составе алюминиевых сплавов АМг2, АМг6, АМ4,5Кд, АК10М2Н и их последующей термической обработки. Впервые установлено, что присутствие высокодисперсных частиц карбидной фазы с размерами 130 нм - 2 мкм обеспечивает получение равноосной мелкозернистой структуры, способствует дополнительному выделению легирующих элементов из твердого раствора алюминия и образованию большего количества интерметаллических фаз, что, в итоге, приводит к повыше-

нию ряда механических и трибологических свойств получаемых композиционных материалов.

**Практическая значимость и использование результатов.** Практическая значимость заключается в разработке новых перспективных композиционных материалов на основе алюминиевых сплавов АМг2, АМг6, АМ4,5Кд, АК10М2Н с улучшенными характеристиками. Особо стоит отметить показанную возможность повышения указанных характеристик в результате дополнительных нагревов для композитов на основе не упрочняемых термически деформируемых сплавов АМг2, АМг6. Значительный объем проведенных исследований по изучению свойств разработанных материалов позволяет составить целостное представление и, согласно приведенным в диссертации актам практического исследования, рекомендовать композиты АМг2-10%TiC, АМг6-10%TiC, АМ4,5Кд-10%TiC и АК10М2Н-10%TiC и режимы термической обработки для изготовления износостойких деталей узлов трения и автомобильных двигателей, а также в качестве легких конструкционных материалов для изготовления деталей нефтепромыслового оборудования с облегченным весом.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций, заключений и выводов.** Научные положения, выводы и рекомендации основаны на применении стандартизированных методик и современного оборудования, что позволяет считать их обоснованными и достоверными. Экспериментальные результаты имеют удовлетворительную сходимость с теоретическими данными, не противоречат исследованиям других авторов.

**Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям и паспорту специальности.** Полученные в работе Шериной Ю.В. результаты соответствуют по теме и содержанию научной специальности 2.6.17. Материаловедение по следующим пунктам ее паспорта:

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).

4. Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, обладающих уникальными функциональными, физикомеханическими, биомеди-

цинскими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

6. Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств материалов на образцах и изделиях.

**Замечания и рекомендации по диссертационной работе.** Диссертация содержит новые результаты и решения, представляющие научный и практический интерес. Совокупность экспериментальных данных, полученных в диссертационной работе, способствует развитию научных представлений о процессах изготовления, структуре и свойствах литых металломатричных композиционных материалов на основе алюминиевых сплавов с добавками керамических частиц высокой дисперсности.

При рассмотрении диссертационной работы возникли следующие вопросы и замечания:

1. Автором не приводится обоснование выбора концентрации гексафтортитаната натрия в составе порошковой шихты для осуществления процесса СВС.

2. В работе не вскрыты механизмы перераспределения нагрузки между матрицей и армирующей фазой, хотя указано, что в результате присутствия высокодисперсных частиц карбидной фазы происходит модифицирование.

3. В работе не проведён элементный анализ состава синтезированных композиционных материалов для уточнения их соответствия химическому составу исходных алюминиевых сплавов.

4. В работе не обоснован выбор среды для испытаний на коррозионную стойкость? Он не соответствует рекомендованным составам для алюминиевых сплавов по ГОСТ 9.021 - 74.

5. В работе не обозначена величина прилагаемой нагрузки при проведении испытаний на осадку.

6. Отсутствует объяснение снижения жидкотекучести у разработанных материалов, тогда как обычно, для алюмоматричных композиционных материалов показатель имеет тенденцию к снижению по мере увеличения доли армирующей фазы.

7. Отсутствует расчет экономической эффективности внедрения разработанных композиционных материалов.

Отмеченные отдельные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не снижают ее научной и практической ценности.

### **Заключение**

Диссертационная работа Ю.В. Шериной является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение важной научной задачи – создание на основе промышленных сплавов новых алюмоматричных композиционных материалов с повышенными трибологическими свойствами. Диссертационная ра-

бота выполнена на хорошем экспериментально-теоретическом уровне и полностью соответствует требованиям, в том числе п. 9, предъявляемых к кандидатским диссертациям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор – Шерина Юлия Владимировна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

**Официальный оппонент,**

**Курганова Юлия Анатольевна.**

Доцент, доктор технических наук по специальности 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы», профессор кафедры «Материаловедение» МТ-8 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

\_\_\_\_ Курганова Юлия Анатольевна

*28* » *август* 2024 г.

Адрес: 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр.1.

Тел. +7 (499) 263-63-09. E-mail: kurganova\_ya@mail.ru

Должность, ученую степень, ученое звание и подпись Кургановой Юлии Анатольевны заверяю:

