



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ  
ПРЕДПРИЯТИЕ  
**«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»**  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

105005, г. Москва, ул. Радио, 17  
Тел. (499) 261-86-77, факс (499) 267-86-09  
E-mail: admin@viam.ru

Председателю экспертного совета  
НИТУ «МИСиС»  
по специальностям совета,  
д.ф.-м.н., профессору

С.И. Мухину

119049, г. Москва,  
Ленинский проспект, д. 4

“ ” № \_\_\_\_\_

по вопросу:

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель генерального директора  
по металлическим материалам  
ФГУП «ВИАМ», к.т.н.



В.В. Антипов

«15» \_\_\_\_\_ 2018 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» (ФГУП «ВИАМ», г. Москва) на диссертационную работу Мостафа Ахмеда Лотфи Мохаммеда «Структура и свойства композитов на основе алюминия с низким коэффициентом термического расширения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Литейные алюминиевые сплавы широко применяются в большинстве отраслей промышленности благодаря хорошему сочетанию механических, физических, коррозионных и технологических характеристик.

Одним из недостатков литейных алюминиевых сплавов на основе системы Al-Si (силуминов) является ограниченная возможность эксплуатации при повышенных температурах. За счет содержания большого количества кремния силумины имеют низкий коэффициент термического расширения. В результате отливки из силуминов перспективны для деталей, требующих высокой размерной стабильности при повышенных температурах, однако резкое снижение прочностных свойств ограничивает рабочие температуры деталей. Активные разработки новых энергоемких видов топлива предъявляют более жесткие требования к деталям двигателей внутреннего сгорания. В связи с этим требуются новые материалы, способные работать длительное время при повышенных температурах, сохраняя размерную стабильность.

Одним из наиболее перспективных путей сочетания высокой жаропрочности и низкого термического расширения является разработка композиционных материалов на основе более жаропрочной матрицы, армированной жаропрочными частицами с существенно более низким, чем алюминиевые сплавы коэффициентом термического расширения. Именно решению такой задачи и посвящена данная диссертационная работа.

В работе с целью разработки состава и технологии получения нового жаропрочного композиционного материала с низким коэффициентом термического расширения на основе алюминиевого сплава, армированного керамическими частицами, выявлены следующие научные аспекты:

- эмпирическим путем выявлены оптимальные параметры (температура расплава и подогрева частиц, скорость вращения мешалки) введения частиц карбида бора, нитридов кремния и бора, обеспечивающие высокую смачиваемость и однородное распределение керамических частиц в матрице, не требующие нанесения покрытий, особенно на нитриды.

- показано, что кристаллизация под давлением после механического замешивания частиц  $B_4C$ , BN и  $Si_3N_4$  приводит к существенному снижению

пористости, повышению смачиваемости и образования новых фаз на границе матрица-частица.

- установлено, что керамические частицы ускоряют кинетику распада алюминиевого твердого раствора. При этом частицы нитридов приводят к резкому разупрочнению до уровня матричного сплава и ниже.

- композиционный материал, армированный  $B_4C$ , имеет коэффициент термического расширения на уровне и ниже, чем у силуминов, что связано с вкладом очень высокого объемного модуля упругости  $B_4C$ .

Во введении обоснована актуальность темы, анализируется возможность применения композиционных материалов, обладающих высокой жаропрочностью и низким термическим расширением в сравнении с классическими поршневыми сплавами. Определены цель и задачи исследования.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы по теме диссертационной работы. В обзоре литературы рассмотрены особенности структуры и свойств литейных алюминиевых сплавов на основе систем Al-Si и Al-Cu с целью обоснования выбора матричного сплава для проведения исследований. Проанализированы типы МКМ и способы их получения. Рассмотрены особенности термического расширения и механических свойств МКМ на основе алюминия и его сплавов.

Во второй главе рассмотрены объекты исследования, методы их получения и анализа.

В третьей главе рассмотрены особенности структуры и фазового состава МКМ, армированных  $B_4C$ ,  $Si_3N_4$ , BN в количестве 2, 5 и 7% по массе и полученных при свободной кристаллизации и кристаллизацией под давлением.

В четвертой главе рассмотрено влияния типа и содержания частиц и метода получения композиционного материала на плотность, пористость и термическое расширение МКМ на основе сплава Al-5%Cu.

В пятой главе проведен выбор оптимальных режимов старения МКМ, определены характеристики механических свойств по результатам испытаний на сжатие и проведена оценка литейных свойств при кристаллизации под давлением в сравнении со свободной кристаллизацией.

Разработан новый жаропрочный композиционный материал Al-5%Cu-0,8%Mn-5%B<sub>4</sub>C с низким коэффициентом термического расширения и способ его получения. На состав и способ получения материала получен патент РФ №2639088. Предложена методика и сконструирован кокиль для оценки формозаполняемости и склонности к образованию кристаллизационных трещин при кристаллизации под давлением.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В работе отсутствует упоминание об отечественных азвэктических силуминах, например, АК21М2,5Н2,5 (ВКЖЛС2).
2. В результатах исследования микроструктуры МКМ на основе сплава Al-5%Cu есть утверждение о повышении однородности распределения частиц при кристаллизации под давлением, которое не подтверждается количественным анализом (стр.51 п. 3).
3. Данные представленные в табл. 5.1 не согласуются с выводом №1 к главе 5 (также № 5 в выводах по работе, стр. 99) о времени достижения максимальной твердости при старении при 250 °С.
4. Результаты испытаний на сжатие представлены без указания диапазона разброса по значениям, что затрудняет корректное сравнение результатов для разных сплавов, состаренных по различным режимам (табл. 5.2 и 5.3, стр.82-83).
5. Отсутствует обоснование выбора и перспективности применения армирующей составляющей В<sub>4</sub>С в количестве 5% (для дальнейшего исследования в главе 6), что не является очевидным по результатам исследований в предыдущих главах.
6. Отсутствуют результаты исследований характеристик прочности МКМ Al-5%Cu-0,8%Mn-5%B<sub>4</sub>C после старения 200 °С в течение 9 часов,

однако на стр. 90-91 указано следующее: «Для определения характеристик ползучести МКМ Al-5%Cu-0,8%Mn-5%B4C был состарен по режиму, обеспечивающему максимальную прочность - 200 °С в течение 9 часов».

Сформулированные замечания не снижают положительной в целом оценки рассматриваемой работы.

### **Заключение**

Научное исследование, проведенное Мостафа Ахмедом Лотфи Мохаммедом, заслуживает высокой оценки. Результаты работы имеют значительную научную и практическую ценность. Автореферат полностью отражает содержание представленной диссертации. Основные результаты опубликованы в печати.

Диссертация Мостафа Ахмеда Лотфи Мохаммеда представляет законченную научную работу. По актуальности, научной новизне, практической значимости и достоверности сформулированных выводов диссертация соответствует специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», а ее автор Мостафа Ахмед Лотфи Мохаммед заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа заслушана и обсуждена на заседании научно-исследовательского отделения «Титановые, магниевые, бериллиевые и алюминиевые сплавы» ФГУП «ВИАМ».

Присутствовало на заседании 13 человек. Результаты голосования: «за» – 13, «против» – 0, «воздержалось» – 0, протокол № 45 от 11 октября 2018 г.

Начальник научно-исследовательского отделения «Титановые, магниевые, бериллиевые и алюминиевые сплавы», к.т.н.



Дуюнова  
Виктория  
Александровна

Начальник лаборатории  
«Алюминиевые  
деформируемые сплавы», к.т.н.



Оглодков  
Михаил  
Сергеевич

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский  
научно-исследовательский институт авиационных материалов»  
(ФГУП «ВИАМ»)

105005, г. Москва, ул. Радио, 17, тел. (499) 261-86-77, [www.viam.ru](http://www.viam.ru),  
e-mail: [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)