

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертационную работу и автореферат
Малюх Марины Александровны
на тему «Разработка составов легких сплавов системы Al-Si-Cu
с регламентированным температурным коэффициентом линейного
расширения», представленных на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и
термическая обработка металлов и сплавов

1 Актуальность темы диссертации

Для развития высокотехнологичных отраслей промышленности необходимо обеспечить надежность электровакуумной техники. Поэтому технический прогресс связан с созданием новых материалов специального назначения с регламентированным уровнем теплофизических свойств. В настоящее время актуальной задачей является повышение эксплуатационной надежности на основе обеспечения высокой стабильности размеров металлических деталей и изделий при изменении температуры окружающей среды. Также для работы в условиях нестационарных магнитных полей требуются немагнитные материалы, обладающие высокими эксплуатационными свойствами, в том числе размерной стабильностью в сочетании с низкой плотностью и требуемым термическим коэффициентом линейного расширения (ТКЛР).

Единая теория создания легких сплавов с регламентированными значениями ТКЛР отсутствует.

В качестве материалов с низкими значениями ТКЛР используют инвары – сплавы на основе системы железо-никель с дорогими легирующими элементами. Инвары кроме большой стоимости имеют большую плотность.

Известно применение спеченных алюминиевых сплавов (САС) на основе системы Al-Si, однако технология изготовления изделий из них очень сложная. Указанные материалы имеют удовлетворительные механические свойства и их ТКЛР не меньше $13,5 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

Тема диссертации актуальна, так как в ней разработаны новые легкие материалы с регламентированным ТКЛР.

2 Общая характеристика содержания диссертации

Диссертационная работа Малюх М.А. изложена на 176 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, содержащего 166 наименований, и трёх приложений.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, указана степень её разработанности. Отмечено, что диссертационная работа выполнена в рамках научной школы «Новые металлические материалы и технология их обработки» под руководством заслуженного изобретателя РФ, д-ра техн. наук, профессора В.К. Афанасьева. Указаны цель и задачи

исследований. Приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, места реализации результатов работы. Пояснены методология и методы исследования. Даны положения, выносимые на защиту. Показано соответствие диссертации паспорту научной специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. Указаны степень достоверности и апробации результатов, личный вклад автора. Основное содержание диссертации опубликовано в 35 печатных работах.

В **первой главе** проведен аналитический обзор литературных данных о состоянии научной проблемы разработки сплавов с регламентированным температурным коэффициентом линейного расширения. Отмечено, что для разработки новых и совершенствования существующих технологий получения легких сплавов требуются дальнейшие исследования. Сделаны выводы, определены цель и задачи исследований.

Во **второй главе** описаны материалы и методы исследований, использованные в работе. Приведена технология получения отливок из алюминия и сплавов систем Al-Si, Al-Cu, Al-Si-Cu. Дана методика проведенных исследований, которые выполнены на современном отечественном оборудовании, а также на оборудовании ведущих фирм мира.

В **третьей главе** изучено тепловое расширение алюминия и сплавов систем Al-Si и Al-Cu. Приведено большое количество экспериментальных данных. Влияние содержания кремния и меди на ТКЛР сплавов Al-Si и Al-Cu представлено в виде трехмерных поверхностей (рис. 3.9- Al-Si; рис.3.26- Al-Cu). Сделаны выводы.

В **четвертой главе** рассмотрено тепловое расширение сплавов системы Al-Si-Cu. Приведены данные об апробации результатов экспериментальных исследований и рекомендации по применению новых сплавов. Показано, что разработанные новые сплавы дешевле и легче по сравнению со сплавами инварного типа. Создана и зарегистрирована база данных «Тепловое расширение алюминиевых сплавов, легированных кремнием и медью» (свидетельство РФ о государственной регистрации базы данных № 2017620959). Полученные результаты рекомендованы к промышленному внедрению и использованы в учебном процессе. По главе 4 сделаны выводы.

В **заключении** сформулированы основные выводы по работе.

В трех **приложениях** приведены: *свидетельство* о государственной регистрации базы данных (Приложение А); *справка* от АО «РУСАЛ Новокузнецк» о промышленном внедрении результатов (Приложение Б); *акт о внедрении* в учебный процесс в Сибирском государственном индустриальном университете (Приложение В).

Диссертационная работа логично и последовательно структурирована, написана грамотно.

3 Научная новизна работы

В работе развиты теоретические основы создания легких сплавов системы Al-Si-Cu с регламентированным ТКЛР, содержащих кремний и медь

в количествах, многократно превышающих предел растворимости их в алюминии.

Получены новые количественные данные, установлены и научно обоснованы зависимости и закономерности влияния скорости охлаждения расплава при кристаллизации на структуру и ТКЛР алюминия марки А7 и сплавов систем Al-Si и Al-Cu.

Впервые установлены закономерности и научно обоснован механизм совместного влияния легирования кремнием и медью в количествах, многократно превышающих предел растворимости их в алюминии, на ТКЛР, микроструктуру и фазовый состав сплавов системы Al-Si-Cu.

4 Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая и практическая значимость работы подтверждены совокупностью полученных автором результатов.

Полученные результаты систематизированы и зарегистрирована база данных (свидетельство № 2017620959).

Определены зависимости влияния скорости охлаждения расплава при кристаллизации и модифицирующей обработки карбонатами щелочноземельных металлов на ТКЛР, что позволит разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологии производства алюминиевых сплавов.

Разработаны новые составы высоколегированных легких сплавов системы Al-Si-Cu, которые по величине ТКЛР конкурируют с железоникелевыми инварами и САС.

Получены зависимости влияния температуры эксплуатации на ТКЛР сплава 50 % Si – 40 % Cu – Al.

Для различных составов легких сплавов системы Al-Si-Cu с заданными ТКЛР разработаны рекомендации по практическому применению для изготовления деталей и изделий специального назначения.

5 Степень обоснованности и достоверности результатов

Степень обоснованности и достоверности результатов научных положений и выводов основана на использовании апробированных методов исследования, применяемых в современном металловедении, обеспечена большим объемом экспериментальных данных и применением известных методик их статистической обработки, не противоречит научным результатам, полученным другими исследователями.

6 Личный вклад автора

Личный вклад автора состоит в проведении экспериментальных исследований по влиянию химического состава и различных видов модифицирующей обработки сплавов систем Al-Si, Al-Cu, Al-Si-Cu на

особенности их структурообразования и величину ТКЛР; анализе и обобщении полученных результатов; формулировании положений, выносимых на защиту, выводов и заключения.

7 Полнота опубликования основных результатов диссертационной работы

Основные положения и результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в 35 печатных работах, в том числе 9 работах в изданиях, рекомендованных ВАК, в 4 работах, индексируемых в базе данных Scopus, в 1 свидетельстве о государственной регистрации базы данных.

Полученные результаты доложены и обсуждены в 2008-2018 гг. на Всероссийских и Международных научно-практических конференциях.

8 Оформление диссертации

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам, обладает внутренним единством. Материал изложен ясно, логично. Хорошо иллюстрирован таблицами и рисунками.

9 Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

10 Замечания по диссертационной работе

По диссертации имеются следующие замечания.

1. В главе 2 «Материалы и методы исследования» приведено описание не всех методов исследования, использованных в работе. В частности, в п. 2.10 не указано, что для моделирования влияния различных факторов на величину ТКЛР сплавов была использована программа Statistica; в п. 2.7 не приведена методика проведения высокотемпературной термической обработки.

2. В главе 3 исследовано влияние различных модифицирующих смесей на микроструктуру и тепловое расширение двойных сплавов Al-Si и Al-Cu и установлено, что эти модификаторы могут существенно изменять не только микроструктуру сплавов, но и величину их ТКЛР. Однако в главе 4 не приведены результаты воздействия модификаторов на микроструктуру и ТКЛР тройных сплавов, что сделало бы диссертацию более полной.

3. Объясните механизм модифицирования водородом исследуемых сплавов на основе алюминия.

4. Какой объем выборки для статистического анализа использован в работе?

5. Учитывая новизну полученных результатов следовало подать заявку на изобретение.

Приведенные замечания не снижают научной и практической значимости результатов диссертации.

11 Заключение

Диссертационная работа Малюх Марины Александровны является законченной научно – квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне с применением современных методик и средств исследования. Её содержание соответствует паспорту специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает структуру диссертационной работы, раскрывает содержание и полностью соответствует её основным положениям.

По актуальности, новизне, научному уровню, практической значимости и другим критериям диссертационная работа Малюх Марины Александровны соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Считаю, что Малюх Марина Александровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент:

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Металловедение и термическая обработка металлов им. В.С. Биронта», институт цветных металлов и материаловедения (ИЦМиМ), федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» (ФГАОУ ВО «СФУ») (специальность 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов)

Г. Меркулова

Меркулова Галина Александровна

660025, РФ, г. Красноярск, пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 95
ИЦМиМ, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Телефон: 8-950-401-41-90
E-mail: gaml602@mail.ru

Я, Меркулова Галина Александровна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Малюх Марины Александровны, и их дальнейшую обработку.

«04» декабря 2019 г.

