

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Столяровой Ольги Олеговны «Обоснование состава и структуры литейных антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.16.04 – «Литейное производство» и 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Увеличение мощности и скорости работы различных силовых агрегатов требует разработки новых материалов и конструкционных решений в создании узлов трения. Для выполнения поставленных задач предлагается создание новых алюминиевых сплавов, обеспечивающих требуемые свойства при экономном легировании, что является весьма актуальным в настоящее время. Они обладают достаточной усталостной прочностью, коррозионной стойкостью в маслах, имеют сравнительно высокую задиростойкость и хорошие трибологические свойства. Эти качества во многом определили тенденцию замены ими антифрикционных сплавов на свинцовой и оловянной основе, а также свинцовистой бронзы. Однако, для того чтобы улучшить характеристики алюминиевых сплавов и варьировать их в широком диапазоне необходимо целенаправленное легирование несколькими элементами, включающими в себя легкоплавкие металлы. Поскольку экспериментальные методы поиска оптимального состава многокомпонентных систем слишком трудоемки, целесообразно их сочетать с расчетными, используя специализированные программные продукты.

В данной работе научной основой оптимизации состава являются фазовые диаграммы четырех- и более компонентных систем на основе алюминия типа Al-Si-Cu-Sn-Pb-Bi. Подбор легирующих элементов был проведен автором с учетом сведений из литературы, в основном по антифрикционным алюминиевым сплавам и изучению фазовых диаграмм на основе алюминия с легкоплавкими металлами, по которым имеются лишь некоторые сведения по строению тройных диаграмм, тогда как фазовый состав сплавов этой многокомпонентной системы мало изучен. При выборе элементов внимание уделялось их влиянию способности повышать литейные, механические и антифрикционные свойства.

Важным моментом в диссертации является обоснование возможности создания антифрикционного материала с повышенным содержанием железа. Применение железа в качестве легирующего элемента позволяет использовать отходы собственного производства и дешевые шихтовые материалы, тем самым снижая себестоимость готового изделия.

Для изучения новых сплавов автором были проведены научно-исследовательские работы, включающие в себя как изучение фазовых диаграмм (расчетные методы), так и экспериментальные методы. Результаты данной работы направлены на формирование научной базы, необходимой для обоснования составов многокомпонентных алюминиевых сплавов, способных заменить антифрикционные бронзы в качестве подшипниковых материалов.

Научная новизна

Научной новизной представленной работы является подход к решению вопроса по оптимальному легированию антифрикционных сплавов с наименьшими затратами времени и средств. Так с помощью расчетных и экспериментальных методов был изучен фазовый состав сплавов системы Al-Si-Cu-Sn-Pb-Bi, и обоснована нецелесообразность введения в алюминиевые сплавы рассматриваемой системы свинца и висмута в количестве более 1%, т.к. из-за наличия купола расслоения в жидком состоянии неизбежна ликвация (химическая неоднородность) этих элементов.

Следует отметить, что проведенные исследования литейных свойств показали на примере сплавов, содержащих олово, что легирование легкоплавкими металлами ухудшает их горячеломкость, однако, эта характеристика может быть лучше, чем у литейного сплава AM5 системы Al-Cu.

Практическая значимость представлена обоснованием состава базовой композиции (Al-4%Cu-5%Si-6%Sn) для разработки экономнолегированных антифрикционных алюминиевых сплавов. Высокое количество алюминиево-кремниевой эвтектики обеспечивает хорошие литейные свойства, а наличие 4%Cu максимальный уровень упрочнения. Результаты испытаний подтвердили принципиальную возможность использования этих сплавов в качестве заменителей

бронзы. Важным практическим результатом работы является обоснование использования сплава на основе системы Al–Si–Cu–Sn–Fe–Mn, что позволит получить значительный экономический эффект.

Для предварительной оценки антифрикционных свойств экспериментальных сплавов по их задиристости в работе был применен метод склерометрии, который позволяет существенно сократить трудоемкость отборочных трибологических испытаний.

Структура работы

Текст диссертационной работы состоит из введения, 6 глав, общих выводов, списка использованных источников и 1 приложения. Диссертация изложена на 217 страницах, содержит 65 таблиц, 137 рисунков, 5 формул. Список использованной литературы содержит 178 источников. Текст диссертации и автореферата написан хорошим литературным языком с приведением большого количества иллюстраций. Основные положения и выводы в полном объеме отражают ее содержание и полученные результаты.

В первой главе диссертации рассмотрены основные системы легирования, структура, свойства антифрикционных сплавов и способы их получения. Особое внимание уделено алюминиевым сплавам, легированным легкоплавкими металлами.

Во второй главе приведены современные методики исследования. Стоит отметить объем, разнообразие и описание применяемых экспериментальных работ.

В третьей главе приведены результатов расчетного анализа фазового состава экспериментальных сплавов, полученных с помощью программы Thermo-Calc. Построение многокомпонентных фазовых диаграмм на основе алюминия системы Al–Cu–Si–Sn–Pb–Bi и анализ полученных результатов (построение фрагментов фазовых диаграмм: поверхности ликвидуса и солидуса, изотермические и политермические сечения) было проведено определение температур фазовых превращений и состава фаз.

В четвертой главе было экспериментально изучено влияние легирующих элементов на литую структуру и фазовый состав экспериментальных алюминиевых сплавов. Показано, что отжиг при 500 °С с последующей закалкой приводит к

существенным изменениям структуры, происходит сфероидизация избыточных фаз.

В пятой главе изучены экспериментально литейные, механические и трибологические свойства антифрикционных сплавов. Показано влияние добавления различных легирующих элементов и их количества на определяемые свойства. В работе представлена упрощенная технология проведения отборочных испытаний для оценки антифрикционных свойств. И экспериментальные исследования позволили выбрать сплавы с лучшими свойствами.

В шестой главе на основании результатов полученных на модельных сплавах частью работы было обоснование возможности создания антифрикционных сплавов с повышенным содержанием железа (до 1%Fe). Данный сплав был приготовлен из отходов сплавов собственного производства и дешевых шихтовых материалов. Несмотря на низкую себестоимость данный сплав системы Al-Si-Cu-Sn-Fe-Mn на основании проведенных трибологических испытаний по показаниям износостойкости не уступает бронзе и марочным алюминиевым антифрикционным сплавам, что свидетельствует о его удовлетворительных антифрикционных свойствах.

Достоверность результатов и выводов

Достоверность результатов подтверждается применением современных методов и методик исследования, сходимостью полученных расчетных и экспериментальных данных.

Основные положения данного исследования докладывались и обсуждались на международных конференциях, опубликованы 6 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК. Автором получено свидетельство о регистрации ноу-хау.

Все изложенное не составляет сомнений в положительной оценке диссертационной работы Столяровой О.О. в целом.

Однако необходимо сделать некоторые **замечания и рекомендации** по рассматриваемой диссертации:

1) Выбор составов сплавов 2-группы недостаточно обоснован. Прежде всего, это относится к концентрациям свинца и висмута. Было бы целесообразно ориентироваться на результаты расчета фазового состава.

2) Вывод 3, в котором диссертант утверждает о нецелесообразности введения в алюминиевые сплавы свинца и висмута в количестве более 1%, основывается в основном на расчете фазовых диаграмм. Экспериментальных подтверждений недостаточно. Кроме того, необходимо принять к рассмотрению то, многие промышленные сплавы содержат свинец в большем количестве (например, АО10С2 и АО11С3).

3) Из диссертации не ясно, почему сплавы 1 и 2 групп подвергались разным режимам термообработки. Это затрудняет их сравнение.

4) В табл.3.13 приведены параметры неравновесной кристаллизации только для двойных сплавов с оловом, в то время как вывод 9 относится ко всем легкоплавким элементам. Не ясно, почему экспериментально не определяли горячеломкость сплавов, содержащих свинец и висмут.

Указанные недостатки носят частный характер и не снижают общей положительной оценки данной диссертационной работы.

Заключение.

Диссертационное исследование Столяровой О.О. является законченной научно-исследовательской работой, имеет научную новизну и практическую значимость. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Результаты работы достаточно широко опубликованы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация «Обоснование состава и структуры литейных антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами», соответствует критериям ВАК, установленным Положением "О порядке присуждения ученых степеней" Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 г. Москва, а ее автор Столярова Ольга Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук

И.И. Колтунов

Приложение к отзыву Батышева К.А.

Батышев Константин Александрович – доктор технических наук по специальности 05.16.04 – «Литейное производство», докторская диссертация защищена в ученом совете НИТУ МИСиС, 2010 г.

Полное наименование организации, являющейся основным местом работы официального оппонента на момент представления им отзыва:

Федеральное государственное бюджетное образование учреждение высшего образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)», профессор кафедры «Машины и технологии литейного производства им. П.Н. Аксенова».

Почтовый адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38.

Тел.: 8-903-018-17-07, e-mail: konstbat@rambler.ru

Список основных публикаций Батышева К.А. за 2012-2016 г.г., близких по теме диссертации Столяровой О.О.:

1. Безпалько В.И., Батышев А.И., Батышев К.А., Смолькин А.А. Изготовление герметичных отливок из силуминов // Литейное производство. – 2012. – №1. – С. 29-30.
2. Батышев А.И., Смолькин А.А., Батышев К.А., Безпалько В.И., Гольцова С.В., Хорохорин Ф.П. Материаловедение и технология материалов. Учебное пособие // Издательство: Издательский Дом "Инфра-М" г. Москва, 2012. – 288 с.
3. Батышев А.И., Батышев К.А., Смолькин А.А., Безпалько В.И. Заготовки поршней, изготавливаемые литьем с кристаллизацией под давлением // Известия московского государственного технического университета МАМИ. – 2014. – Т.2. – №1. – С. 50-52.
4. Станчек Л., Ванко Б., Батышев А.И., Батышев К.А. Структура и механические свойства отливок из силумина, затвердевших под

давлением // Известия московского государственного технического университета МАМИ. – 2014. – Т.2. – №1. – С. 52-54.

5. Батышев А.И., Батышев К.А., Смолькин А.А., Егоров В.В., Исагулов А.З., Исин Д.К. Проектирование и производство отливок в машиностроении. Учебное пособие // Издательство: Карагандинский государственный технический университет (Караганда), 2014. – 389 с.
6. Батышев А.И., Батышев К.А., Станчек Л. Изготовление отливок из жидкотвердых и твердожидких сплавов // Литейное производство. – 2015. – №3. – С. 21-26.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Машины и
технологии литейного производства»
ФГБОУ ВО «Московский
государственный
машиностроительный университет
(МАМИ)», профессор, д. т. н.

Батышев К.А.



ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

СТОЛЯРОВОЙ Ольги Олеговны

«Обоснование состава и структуры литейных антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности

05.16.04 – Литейное производство

05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы: Неоспоримо, что возможность оценки пригодности использования новых материалов с высокими эксплуатационными характеристиками для решения проблем в движущихся парах - проблем износа - должна быть реализована, таким образом, диссертационная работа направлена на решение важной научной задачи. Актуальность подтверждена участием автора в ряде поддержанных грантовых работ и государственного контракта в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы.

Целью представленного на оппонирование труда, явилась разработка и обоснование состава и структуры антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами, для получения материала подшипниковых деталей методами фасонного литья.

Научная новизна работы заключается в том числе, в установлении Закономерностей фазо- и структурообразования в сплавах системы Al-Si-Cu-Sn-Pb-Bi в процессе кристаллизации и термообработки, а так же демонстрации результатов экспериментальных исследований физико-механических и триботехнических свойств алюминиевых многокомпонентных сплавов, содержащих легкоплавкие металлы.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается согласованием теоретических и экспериментальных исследований, использованием современных методов и испытательной аппаратуры, значительным объемом экспериментальных исследований, выполненных автором, а так же обоснованными рекомендациями по внедрению результатов работы.

В практической ценности необходимо выделить обоснование базовой композиции (Al-4%Cu-5%Si-6%Sn) для разработки экономнолегированных антифрикционных алюминиевых сплавов, которые способны заменить дорогостоящие материалы на основе меди (бронзы). А так же разработку регламента плавки и получение фасонных отливок модельного сплава с повышенным содержанием железа системы Al-Si-Cu-Sn-Fe-Mn. О чем получено свидетельство о регистрации НОУ-ХАУ (№4-004-2016 ОИС).

Структура работы. Текст диссертации включает введение, 6 глав основного текста, выводы, список литературы из 178 наименований и одного приложения. Диссертация изложена на 217 страницах, содержит 137 рисунков и 65 таблиц. Выводы по работе достаточно полно и логично отражают ее содержание и полученные результаты.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертационной работы.

Результаты работы доложены на 6 международных конференциях, освещены в 6 статьях в журналах рекомендованных ВАК. Основные положения диссертационного исследования отражены в опубликованных работах в достаточном объеме.

По автореферату и диссертационной работе имеются следующие замечания:

- тема, цель и ход работы предполагают замену материала при наличии экономического эффекта. Работу, несомненно, украсила бы глава с натурными или стендовыми испытаниями в условиях приближенных к реальным. Желателен акт о практическом использовании разработанных материалов в условиях современного производства с предполагаемым эффектом от внедрения нового материала;

- название главы 2 следовало бы сформулировать: «Объекты и методики исследования», тем более, что работа посвящена обоснованию состава сплавов и в тексте автореферата и в тексте диссертации внимания объектам исследования уделено достаточно;

- содержание главы 2 включает описание объектов исследования, но отсутствует четкое обоснование выбора элементного состава экспериментальных сплавов;

- в главе 2 при описании методов измерения твердости (пп.2.5.1) ценнее описания назначения и характеристик Микротвердомера Shimadzu HNV, было бы представление обоснований выбора метода и параметров замеров твердости для объектов исследования;

- в настоящее время принятыми единицами измерения для твердости по Виккерсу и по Бринеллю являются МПа, диссертант использует устаревшее кг/мм²: Табл. 5.1. 5.2. стр. 152-153, Рис. 5.1 и т.д. по тексту;

- вывод 1 не согласуется с сформулированными задачами, но является логичным в ходе работы и ценным с точки зрения достижения обозначенной цели;

- в выводах желательно указывать четкие, по возможности количественные показатели, так в выводе 4: нет конкретизации сплавов и режимов. При

формулировании использована констатация исследований и нет вывода, что из этого следует;

- вывод 7 требует более четкого представления соответствующей методики в работе;

- вывод 8, в автореферате представлен в сокращенном виде, тогда как в диссертации расширен комментарием по функционалу сформированной в процессе трения пленки вторичных структур. Что является ценным с точки зрения описания механизма триботехнического контакта рассматриваемых материалов;

- просматривается небрежность при оформлении работы, так: на странице 77 диссертации фраза: «...Данная температура выше температуры плавления легкоплавких металлов, входящих в состав сплава, но он мало влияет на структуру самих экспериментальных сплавов. Также она была взята для моделирования эксплуатационного предельного нагрева», требует пересмотра с точки зрения содержания и написания;

- в ряде пунктов списка литературы: 25, 27, 29, 30, 51, 144, 146 – инициалы прописаны перед фамилией авторов, п.10 и 105 – без указания издательства; 105 – без года и страниц.

Однако, считаю, что указанные недостатки не носят принципиального характера, а полученные автором результаты обладают необходимыми признаками диссертационной работы: актуальностью, научной новизной, практической значимостью.

Заключение

Анализ рассмотренной диссертации позволяет констатировать, что работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автореферат к диссертации полностью отражает существо работы и содержит основные результаты экспериментальных и теоретических исследований осуществляемых в работе.

Анализ публикаций Столяровой О.О. свидетельствует, что представленная диссертация выполнялась в течении ряда лет: опубликовано 26 печатных работ, в том числе 6 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Таким образом, диссертационная работа на тему: «Обоснование состава и структуры литейных антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами» отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Столярова Ольга Олеговна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство и 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Официальный оппонент:
доктор технических наук,
профессор кафедры «Материаловедение»
ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»



А.Т. МАТВЕЕВ

Курганова Ю.А.

23.05.2016

Приложение к отзыву Кургановой Ю.А.

Курганова Юлия Анатольевна - доктор технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы» в Институте Металлургии и Материаловедения им. А.А. Байкова РАН, 2008 г., профессор.

Полное наименование организации, являющейся основным местом работы официального оппонента на момент представления им отзыва:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), заместитель заведующего кафедрой по методической работе, руководитель лаборатории композиционных и неметаллических материалов, профессор кафедры "Материаловедение" МГТУ им. Н.Э. Баумана

Почтовый адрес: 105005 Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5 стр. 1

Тел.: +7 (499) 263-63-69

e-mail: kurganova_ya@mail.ru

Список основных публикаций Кургановой Ю.А. за 2012-2016 г.г., близких по теме диссертации Столяровой О.О.:

- 1.Курганова Ю.А. Перспективы развития металломатричных композиционных материалов промышленного назначения // Сервис в России и за рубежом. – 2012. – № 3 (30). – С. 235-240.
- 2.Курганова Ю.А., Чернышова Т.А., Курганов С.В., Толмачев К.С. Реализация потенциальных возможностей дисперсно-упрочненного алюмоматричного композиционного материала в реальных условиях

антифрикционного контакта // Технология металлов. – 2013. – № 6. – С. 41-47.

3.Курганова Ю.А., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И., Осипова М.В. О получении литой композиции дисперсноупрочненных композитов на основе алюминиевых сплавов // ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ. – 2012 – С. 106-108.

4.Березовский В.В., Соляев Ю.О., Лурье С.А., Бабайцев А.В., Шавнев А.А., Курганова Ю.А. Исследование механических свойств металлического композиционного материала на основе алюминиевого сплава, армированного дисперсными частицами карбида кремния // Деформация и разрушение материалов. – 2014. – № 12. – С. 12-16.

5.Березовский В.В., Шавнев А.А., Ломов С.Б., Курганова Ю.А. получение и анализ структуры дисперсноупрочненных композиционных материалов системы AL-SiC с различным содержанием армирующей фазы // Авиационные материалы и технологии. – 2014. – № S6. – С. 17-23.

6.Шавнев А.А., Березовский В.В., Курганова Ю.А. Особенности применения конструкционного металлического композиционного материала на основе алюминиевого сплава, армированного частицами SiC. // Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – № 3 (15). – С. 1-2.

Официальный оппонент,
профессор кафедры
"Материаловедение" ФГБОУ ВПО
«Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
профессор, д. т. н.



Курганова Ю.А.

**УТВЕРЖДАЮ**
Зам. директора ИМЕТ РАН
доктор техн. наук
Колмаков А.Г.
«26» 05 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации **Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН)** на диссертационную работу **Столяровой Ольги Олеговны «Обоснование состава и структуры литейных антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям **05.16.04 «Литейное производство»** и **05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»**

Для многих конструкций в машиностроении большое значение имеют материалы, используемые в трущихся деталях подшипников скольжения. Их эксплуатационные характеристики, в том числе срок службы, прежде всего, зависят от научно обоснованного выбора материалов пар трения. Кандидатская диссертация Столяровой О.О. посвящена научному обоснованию составов сплавов на базе многокомпонентной системы Al-Si-Cu-Sn-Pb-Bi , предназначенных для получения новых антифрикционных материалов. Ввиду того, что для получения подшипниковых материалов преимущественно применяются дорогостоящие сплавы, в основном на основе меди, **актуальной задачей** является создание более дешевых и стойких материалов. Сплавы на основе алюминия позволяют получить ощутимый экономический эффект, поскольку обладая неплохими антифрикционными характеристиками: низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью, а также высокой теплопроводностью, алюминиевые антифрикционные сплавы являются, вместе с тем, более дешевыми и доступными материалами, чем бронзы. Однако создание новых антифрикционных металлических материалов требует целенаправленного легирования несколькими элементами, поскольку данные добавки влияют на изменения структуры, механических и трибологических свойств, являясь частным случаем классической триады материаловедения «состав-структура-свойство». Поэтому **целью** работы Столяровой О.О. являлось обоснование состава и структуры антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами, для получения подшипниковых деталей методами фасонного литья.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, общих выводов, библиографического списка и 1 приложения. Она написана грамотным научным языком с содержанием достаточного количества рисунков и таблиц, облегчающих анализ результатов.

Во введении обоснована актуальность темы, определена цель и задачи ее решения, приведены основные положения и результаты, вынесенные на защиту.

В первой главе Столяровой О.О. в обзоре литературы представлены имеющиеся данные по антифрикционным сплавам, проанализированы основные методы их легирования и способы изготовления. Показаны структуры и свойства стандартных марочных сплавов, с некоторыми из которых в работе проводилось сравнение экспериментальных сплавов. Особое внимание диссертанта в этой главе уделено анализу двойных и тройных фазовых диаграмм «алюминий - легкоплавкие металлы», поскольку такие добавки повышают антифрикционные свойства материала, а также с другими металлами, повышающими прочностные свойства. Для оценки трибологических свойств необходимо проведение комплекса исследований, включающего различные методы проведения экспериментов по определенным схемам трения, которые были оценены автором в первой главе. Таким образом, основываясь на анализе литературных данных, сформулированы требования к антифрикционным сплавам и обосновано легирование алюминиевых сплавов установленными в ходе анализа элементами для получения оптимального сочетания эксплуатационных и технических свойств, при сравнительно невысокой стоимости.

Во второй главе приведены объекты исследования и методики изучения. Следует отметить объем и разнообразие проводимых экспериментальных работ. В этой главе подробно изложены методики синтеза экспериментальных антифрикционных алюминиевых сплавов, получаемых методом литья, определения физических, механических и трибологических свойств. Представлен метод комплексного микроскопического исследования образцов для полного изучения структуры и фазового состава алюминиевых сплавов.

В третьей главе приведены результаты расчетного анализа фазового состава экспериментальных сплавов системы Al-Si-Cu-Sn-Pb-Bi с использованием программы Thermo-Calc (базы данных TCAL1, TTAL7, TCAL4 и SNOB). Рассчитанные политермические и изотермические сечения фазовых диаграмм системы позволяют оценить влияние одного из компонентов на фазовый состав при разных температурах. Диссертантом показано, что в многокомпонентных системах алюминия наличие легкоплавких металлов, таких как Sn и Pb, приводит к значительному расширению интервала кристаллизации, а также к появлению области расслоения жидкой фазы, которая отсутствует в двойной системе

Al–Sn. Следовательно, обоснована нецелесообразность введения в алюминиевые сплавы рассматриваемой системы свинца и висмута в количестве более 1%, при стандартных условиях плавки и литья (без интенсивного перемешивания), поскольку из-за наличия значительной области расслоения жидкой фазы возможна ликвация по этим элементам в отливке.

В четвертой главе проанализировано влияние используемых легирующих элементов на структуру и фазовый состав на базе системы Al-Si-Cu-Sn-Pb-Bi. Показано, что фазовый состав экспериментальных сплавов сильно зависит как от концентраций легирующих элементов, так и от режимов термической обработки. Наиболее заметное изменение структуры сплавов выявлено после отжига при 500 °С с закалкой в воде и последующим старением. В результате этой термообработки происходит сфероидизация всех фаз, с существенным уменьшением количества включений фазы Al_2Cu по сравнению с литым состоянием, что связано с их значительным растворением в (Al) при отжиге. Показано, что олово, свинец и висмут практически нерастворимы как в алюминиевом твердом растворе, так и в фазах (Si) и Al_2Cu , при этом они образуют самостоятельную мягкую фазовую составляющую, которая повышает антифрикционные свойства. Полученные экспериментальные данные удовлетворительно согласуются с результатами расчета.

В пятой главе приведены физические, механические и трибологические свойства экспериментальных алюминиевых сплавов, которые сравнивались с эталонным сплавом на основе меди. Показано, что исследуемые сплавы, в состав которых входят Si и Cu, по своим механическим характеристикам превышают показатели бронзы. Трибологические испытания, проведенные в несколько этапов, позволили определить сплавы с лучшими антифрикционными свойствами, которые могут быть использованы в качестве потенциальных заменителей бронзы. Использование металлографических исследований поверхности сплавов, а также анализа изменений, происходящих в зоне контакта после трибологических испытаний, показали, что в процессе трения происходит массоперенос химических элементов, и это приводит к образованию плёнки вторичных структур. На основании этих результатов было показано влияние структурных составляющих на трибологические свойства сплавов.

В шестой главе диссертантом, базируясь на проведенных исследованиях, обоснована возможность создания антифрикционных алюминиевых сплавов, содержащих в своем составе железо. Такой подход позволяет изготавливать сплавы не из дорогостоящих чистых металлов, а используя более дешевые материалы и отходы собственного производства, что существенно снижает стоимость получаемой продукции. Исследованием структуры с помощью металлографического и микрорентгеноспектрального анализов показано, что железосо-

держащая фаза имеет более благоприятную, по сравнению с игольчатой, скелетообразную морфологию. Проведенные трибологические испытания позволили установить неплохие антифрикционные свойства полученного сплава, а исследования сплава на горячеломкость показали удовлетворительные литейные свойства.

В целом, анализируя представленную работу, можно сказать, что полученные диссертантом результаты обладают рядом признаков научной новизны, в частности:

- С использованием расчетных и экспериментальных методов был приведен количественный анализ фазового состава сплавов системы Al-Si-Cu-Sn-Pb-Bi, необходимый для обоснования составов многокомпонентных алюминиевых сплавов, способных заменить антифрикционные бронзы в качестве подшипниковых материалов.

- Изучено влияние на сплав системы Al-Si-Cu ряда легкоплавких элементов, таких как олово, свинец и висмут. Установлено, что олово повышает эффект дисперсионного упрочнения (за счет закалки и старения), а висмут и свинец не следует вводить в сплав больше чем 1%, при стандартных условиях плавки и литья.

Практическая ценность представлена в работе Столяровой О.О. решением актуальных и важных задач, связанных с разработкой на базе комплекса фундаментальных и прикладных исследований научных основ технологии экономнолегированных антифрикционных алюминиевых материалов, которые с найдут широкое применение в узлах трения, в частности подшипниках скольжения. Важным практическим результатом работы является оценка и установленная возможность создания антифрикционного материала на основе системы Al-Si-Cu-Sn-Fe-Mn, содержащего 1 % Fe, что в свою очередь повысит экономический эффект при практическом использовании новых сплавов.

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов обеспечены корректностью постановки задачи и подтверждается качественным согласованием теоретических исследований с экспериментальными данными. Автором в своей работе использованы аттестованные методы исследования, и современное оборудование.

Личный вклад автора - Столяровой О.О.- состоит в анализе проблемы, постановке задач, изучении фазовых диаграмм, выполнении работ по подготовке образцов, их металлографическом исследовании на различных этапах, как исходной структуры, так и после испытаний, проведении и обработке экспериментальных данных, анализе и оценке полученных результатов и планировании новых задач.

Основные результаты диссертационной работы были доложены на международных научно-практических конференциях и опубликованы в 26 работах, в том числе в 6 статьях в рецензируемых журналах из перечня ВАК.

Основные результаты диссертации достаточно полно освещены в опубликованных статьях, и автореферат соответствует ее содержанию.

Диссертационная работа и автореферат **оформлены** в соответствии с действующими требованиями.

Рецензируемая работа не свободна от некоторых недостатков, в частности:

1. В обзоре литературы приведены диаграммы с кадмием и индием, в которых, как и в системах с висмутом и свинцом, имеются обширные области расслоения жидкости. Однако для экспериментального исследования сплавы с этими добавками не рассмотрены без указания причин, которые необходимо указать.
2. В табл. 5.15 приведены значения удельной электропроводности для литого и закаленного состояния, но значения для состаренного состояния, когда достигается максимальное упрочнение, отсутствуют. Это несколько затрудняет сравнительный анализ экспериментальных сплавов, как между собой, так и с антифрикционной бронзой.
3. В табл. 5.16 приведены значения плотности экспериментальных сплавов, однако их состояние не указано. Вызывает также сомнение четвертый знак после запятой в значении плотности сплава $\text{Al}_{16}\text{Sn}_5\text{Si}_4\text{Cu}_2\text{Pb}_2\text{Bi}$.
4. В третьем выводе по главе IV качественно указывается на снижение содержания интерметаллида Al_2Cu в результате проведенной термической обработки, но не приводятся количественные характеристики содержания θ -фазы как в исходном сплаве, так и в термически обработанном.

Заключение. Отмеченные недостатки носят частный характер и не затрагивают суть диссертации, которая заслуживает самой высокой оценки. Работа написана хорошим литературным языком и выполнена на высоком экспериментальном уровне, содержит важные научные и практические результаты.

В целом диссертационная работа **Столяровой Ольги Олеговны** является законченной научно-исследовательской работой, вносит заметный вклад в материаловедение алюминиевых антифрикционных материалов, а по своему теоретическому, методическому и экспериментальному уровню, актуальности, научной новизне и практической значимости и объему соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертационная работа на тему «Обоснование состава и структуры литейных антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами», соответствует действующему положению ВАК, установленно-

му Положением "О порядке присуждения ученых степеней" Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 г., а автор работы - Столярова О.О. заслуживает присуждения ученой степени **кандидата технических наук** по специальностям 05.16.04 «Литейное производство» и 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Основные положения диссертационной работы Столяровой Ольги Олеговны и отзыв рассмотрены на секции Ученого совета ИМЕТ РАН «Неорганическая химия и керамические материалы» протокол № 2 от 28.04.2016 г.

Заведующий Лабораторией физикохимии ба-
ротермических процессов ИМЕТ РАН,

доктор хим. наук

119334, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 49.

e-mail: padalko@inbox.ru

тел.: 8(495)430-0011

Падалко А.Г.

Ученый секретарь секции Ученого
совета ИМЕТ РАН «Неорганическая химия
и керамические материалы»,

канд.хим.наук

119334, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 49.

e-mail: fadeeva_inna@mail.ru

тел.: 8(495)437-5122

И.В.Фадеева

Подписи А.Г.Падалко и И.В.Фадеевой заверяю.

Начальник отдела кадров ИМЕТ РАН



Г.А.Корочкина

Сведения о ведущей организации

по диссертации Столяровой Ольги Олеговны на тему «Обоснование состава и структуры литейных антифрикционных алюминиевых сплавов, легированных легкоплавкими металлами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.16.04 «Литейное производство» и 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН им. А.А. Байкова).

Россия, г. Москва

119334, Ленинский проспект, 49.

Телефон: +7 (495) 135 2060

Факс: +7 (495) 135 8680

Электр.почта: imet@imet.ac.ru

Официальный веб-сайт: <http://www.imet.ac.ru/>

Список основных публикаций работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Падалко А.Г., Таланова Г.В., Пономарева Е.Ю., Талят-Келпш В.В., Шворнева Л.И., Зубарев Г.И., Федотов В.Т., Сучков А.Н., Баклан В.А. Баротермический анализ и структура эвтектического сплава Al+ Ni (2.7 ат. %) // Неорганические материалы. – 2012. – Т: 48. – № 6. – С. 674.
2. Падалко А.Г., Таланова Г.В., Пономарева Е.Ю., Талят-Келпш В.В., Зубарев Г.И., Федотов В.Т., Сучков А.Н., Шворнева Л.И., Баклан В.А. Фазовые превращения при высоких давлениях и температурах и структура доэвтектического сплава 1Ni-99Al // Металлы. – 2012. – № 5. – С. 46.

3. Падалко А.Г., Эллерт О.Г., Ефимов Н.Н., Новоторцев В.М., Таланова Г.В., Зубарев Г.И., Федотов В.Т., Сучков А.Н., Солнцев К.А. Баротермический анализ фазовых превращений, структура и магнитные свойства сплава Al с Ni (15 ат. %) // Неорганические материалы. – 2013. – Т. 49. – № 11. – С. 1178.
4. Падалко А.Г., Эллерт О.Г., Ефимов Н.Н., Новоторцев В.М., Таланова Г.В., Зубарев Г.И., Федотов В.Т., Сучков А.Н., Солнцев К.А. Фазовые превращения при высоких давлении и температуре, микроструктура и магнитные свойства заэвтектического сплава Al с Ni (10 ат. %) // Неорганические материалы. – 2013. – Т. 49. – № 11. – С. 185.
5. Падалко А.Г., Акопян Т.К., Дедяева Е.В., Таланова Г.В., Шворнева Л.И., Зубарев Г.И., Федотов В.Т., Сучков А.Н. Фазовые превращения в двойном сплаве с 10 ат.%Si-90 ат.%Al при высоких давлениях и температурах // Металлы. – 2014. – № 3. – С. 15-21.
6. Падалко А.Г., Дедяева Е.В., Акопян Т.К., Таланова Г.В., Шворнева Л.И., Зубарев Г.И., Федотов В.Т., Сучков А.Н. Влияние давления на фазовые превращения и структуру сплава Al с 12 ат. % Si // Неорганические металлы. – 2014. – Т. 50. – № 7. – С. 719.
7. Дедяева Е.В., Акопян Т.К., Падалко А.Г., Федотов В.Т. Баротермография фазовых превращений и структура заэвтектического сплава Al - 16 % (ат.) Si // Цветные металлы. – 2014. – № 7 (859). – С. 76-80.

ЗАВЕРЯЮ:
Сведения о ведущей организации

Ученый Секретарь ИМЕТ РАН
к.т.н.



Фомина О.Н.