

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Саидзода Рахимджона Хамро (Саидова Рахимджона Хамрокуловича) на тему: «СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛЕГКИХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (в машиностроении)

Актуальность. Диссертационная работа Саидзода Р.Х. посвящена сложной, жизненно важной и актуальной проблеме – созданию композиционных систем для снижения шумов и вибрации механической природы путём разработки и внедрения лёгких алюминиевых сплавов различной модификации. Данная проблема актуальна не только для машиностроительной отрасли, а также и для металлургии и других отраслей экономики. Сложность данной проблемы обусловлена тем, что она по сути междисциплинарная, относится и к фундаментальным, а также и прикладным – техническим наукам, а потому и требует от исследователя владения знаниями как по теории и практике структурообразования твёрдых тел, так и экспериментальным исследованиям их физико-химических и теплофизических свойств.

Высказанное диссертантом мнение о том, что поиск путей научно-обоснованных способов по разработке новых сплавов с системным подходом к составу лёгких алюминиевых сплавов, легированными редкоземельными и щёлочноземельными металлами (РЗМ и ЩЗМ), имеет большое научно-теоретическое и практическое значение, заслуживает полное право на существование. В силу вышеизложенного, тема диссертационной работы Саидзода Р.Х. актуальна как с научной, так и с практической точки зрения. Таким образом, реализация комплекса научных и практических исследований по разработке лёгких алюминиевых сплавов с РЗМ и ЩЗМ, с применением совершенных методов исследования их свойств, обеспечивающих достоверности их существования и реализации, является **актуальной задачей** развития научного направления, имеющего крупное народнохозяйственное значение.

Достоверность результатов и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность научных результатов подтверждена результатами лабораторных и натурных исследований, а также сравнением некоторых полученных результатов с данными других исследователей.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе Саидзода Р.Х., обоснованы, объективно отражают содержание работы и подкреплены огромным объёмом теоретических и экспериментальных данных, полученных лично автором и детальным анализом имеющихся литературных источников по тематике работы. Обоснованность результатов основана на согласованности данных лабораторных научных выводах.

Новизна полученных результатов.

Научная новизна диссертационной работы Саидзода Р.Х. является несомненной и заключается во внесении вклада в решение проблем создания структурно-устойчивых систем, разработанных лёгких алюминиевых сплавов, легированных РЗМ и ЩЗМ, с учётом специфических особенностей их структурообразования и физико-химических свойств:

1. Впервые построены диаграммы фазовых равновесий систем Al-Be-Pr (Nd, Sm), определены значения температур плавления тройных интерметаллидов $Al_{57}Be_{23}Pr_{20}$ (D_3), $Al_{57}Be_{23}Nd_{20}$ (D_4) и $Al_{57}Be_{23}Sm_{20}$ (D_5), а также и построены квазибинарные разрезы Al- D_n , Al-РЗМBe₁₃, РЗМBe₁₃- D_n , РЗМBe₁₃-РЗМAl₂, РЗМAl₂- D_n , произведена сингулярная триангуляция исследуемых систем, а также построены проекции поверхностей ликвидуса сплавов систем Al-Be-Pr (Nd, Sm), в области 0-33,3 ат.% РЗМ.

2. Определены составы новых алюминиево-бериллиевых сплавов, легированных микродобавками РЗМ (0,01-0,5 вес.%), обладающих высокими акустодемпфирующими свойствами.

3. Установлена температурная зависимость термодинамических свойств (энтальпии, энтропии и энергии Гиббса) исследованных металлов и сплавов на основе проведённых систематических исследований теплофизических характеристик алюминия марки А5N и его сплавов в широком интервале температур.

4. Впервые определены на экспериментальной основе коэффициенты теплоотдачи металлов - алюминия марки А5N, меди, цинка и сплавов АК1 и АК1М2, а также теплоёмкости сплавов АК1 и АК1М2, легированных РЗМ, в интервале температур 293÷873 К и выявлено влияние концентрации Sc, Y, Pr и Nd на теплофизические характеристики сплава АК1М2.

5. Определено влияние добавок РЗМ, кремния, титана и магния на кинетику окисления сплавов Al4Ba и Al4Sr на основе метода термогравиметрии. Показано, что легирование сплавов указанными металлами уменьшает его окисляемость. Методом ИКС определены продукты окисления исследуемых сплавов и показана доминирующая роль оксидов РЗМ, а также SrO в протекании процесса окисления.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов.

Теоретическая значимость диссертационной работы Саидзода Р.Х. состоит: в развитии теоретических основ структурообразования многокомпонентных сплавов; построении впервые диаграмм фазовых равновесий систем Al-Be-Pr (Nd, Sm) и определении значения температур плавления тройных интерметаллидов с построением квазибинарных разрезов Al- D_n , Al-РЗМBe₁₃, РЗМBe₁₃- D_n , РЗМBe₁₃-РЗМAl₂, РЗМAl₂- D_n .

Практическая значимость полученных результатов исследований заключается в том, что определенные для сплавов систем Al-Be-Pr (Nd, Sm) температуры фазовых превращений и проекции поверхностей ликвидуса могут быть использованы для термообработки и литья изделий, изготовленных из данных сплавов; выявленные высокие демпфирующие свойства сплавов

алюминия с бериллием, легированные РЗМ, могут служить основой для разработки новых сплавов; экспериментально полученные данные по температурной зависимости коэффициента теплоотдачи, теплоёмкости и термодинамических функций сплавов АК1М2 - Sc (Y, Pr, Nd) пополнят банк справочных информации; созданная экспериментальная установка на основе Малого патента Республики Таджикистан №ТJ510 для измерения теплоёмкости твёрдых тел используется как в научных, так и учебных процессах на физическом факультете Таджикского национального университета и в Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими; разработан способ введения алюминиево-стронциевых лигатур в условиях промышленного производства при плавке в печах типа ИАТ-2,5/1, предусматривающий переход на легкоплавкие лигатуры, содержащие 5-10 мас.% Sr.

Таким образом, соискателем получен ряд новых научно-обоснованных решений по сформулированной проблеме, внедрение которых вносит значительный вклад в экономическое развитие Республики Таджикистан и имеет несомненное **практическое значение**.

Реализация результатов исследований.

Основные результаты исследований внедрены: в ДМЗ г. Душанбе проведены опыты по улучшению свойств алюминиевых сплавов, содержащих 0,01-0,5% бериллия с добавками РЗМ (празеодима, неодима и самария) для установления их демпфирующих свойств, также использования их для корпусов многоцелевого двигателя внутреннего сгорания с объёмом рабочего цилиндра 50 см³; в ГУПО «Таджиктекстильмаш» Министерства энергетики и промышленности РТ проведены испытания материалов на основе деформируемых алюминиевых сплавов для внедрения в производство слоистых металлических композиций; в ТТУ имени академика М.С. Осими Минобрнауки РТ при разработке комплексного модуля НИР по новым материалам, конструкциям и технологиям.

Публикация основных результатов работы.

По теме диссертации опубликованы 62 научные работы, в том числе в 30 статьях, в изданиях, рекомендованных ВАК РТ и индексируемых РИНЦ, в 3 монографиях, 19 статьях, опубликованных в материалах конференций, в 3 патентах и 7 статьях в других изданиях. Автором единолично опубликовано 1 монография и 5 статей.

Структура диссертационной работы адекватна её содержанию. Диссертационная работа изложена на 293 стр. компьютерного текста, из них 280 стр. основного текста, и состоит из введения, 5 глав, основных результатов и выводов. В работе содержится 135 рисунков и 57 таблиц. Список использованной литературы включает 284 наименования, в том числе 45 на иностранных языках. Автореферат и диссертация оформлены согласно действующим нормативным и рекомендательным требованиям ВАК РТ.

Оценка содержания диссертации, её завершенность.

Диссертация Саидзода Р.Х. состоит из введения; пяти глав: анализа степени изученности проблемы, выводов; списка цитируемых литературных источников и приложений, включающего полученные соискателем патенты и

акты внедрения результатов диссертационной работы в производство и в учебный процесс.

Во введении обоснована актуальность работы, изложены цель и задачи исследования, приведены основные положения выносимые на защиту, представлены научная новизна и практическое значение полученных результатов, приводится общая характеристика и структура работы, краткое содержание диссертации, а также сведения по её апробации, показан личный вклад автора в исследуемую проблему.

Первая глава диссертации посвящена анализу и оценке состояния проблемы и определению направления исследований, т.е. проведен обзор литературы, в которой рассмотрены: структура и свойства сплавов систем алюминий-редкоземельный металл (РЗМ); структура и свойства сплавов систем Ве-РЗМ; тройные системы алюминий-бериллий-редкоземельный металл; теплофизические свойства алюминия и его сплавов; температурная зависимость термодинамических свойств скандия, иттрия, празеодима, неодима и европия; теория теплоёмкости металлов и сплавов; температурная зависимость теплоёмкости алюминия, меди, кремния и цинка и сравнение с теорией Дебая.

Во второй главе «Объекты, оборудования и методики исследований» рассмотрены: объекты исследований для получения сплавов систем Al-Ве-РЗМ; объекты исследований для измерения теплофизических свойств сплавов АК1, АК1М2, легированных скандием, иттрием, празеодимом и неодимом; аппаратура и методика исследований физико-химических свойств объектов исследования; методы РФА и ДТА; аппаратура и методика исследований теплофизических свойств объектов исследования; основные методы измерения теплоёмкости твёрдых тел; установка для измерения теплоёмкости твёрдых тел в режиме «охлаждения»; температурная зависимость коэффициента теплоотдачи меди, алюминия и цинка; аппаратура и методика исследований акустодемпфирующих свойств объектов исследования.

В третьей главе «Структурообразование сплавов алюминия с бериллием и РЗМ» приведены результаты следующих исследований: диаграмма состояния системы алюминий-бериллий-празеодим; диаграмма состояния системы алюминий-бериллий-неодим; диаграмма состояния системы алюминий-бериллий-самарий; обсуждение результатов исследования систем алюминий-бериллий-редкоземельный металл.

Диссертант, на основе проведённых исследований отмечает, что в системах Al-Ве-Pr (Nd, Sm), разрезы РЗМВе₁₃-РЗМА₁₂, D-РЗМА₁₂, D-РЗМВе₁₃ (кроме NdВе₁₃) тоже относятся к системам эвтектического типа. Температура эвтектического превращения в системах Al-РЗМВе₁₃ и РЗМВе₁₃-РЗМА₁₂ при увеличении заряда ядра РЗМ сначала уменьшается, а потом увеличивается (табл. 3.7, стр. 143 диссертации и табл. 4, стр. 22 автореферата), что коррелируется с температурой плавления тройных соединений (табл. 3.6, стр. 142 диссертации и табл. 3, стр. 21 автореферата). В двойных системах D-РЗМА₁₂ наблюдается обратная зависимость, т.е. при переходе от празеодима к самарию повышается температура невариантного превраще-

ния. Подобный характер изменения температуры больше коррелируется с температурой плавления двойных интерметаллидов D-РЗМВе₁₃, которая при переходе от празеодима к самарию повышается.

В четвёртой главе «Физические свойства и термодинамические функции сплавов Al-Be-Pr (Nd, Sm) и особочистого алюминия с кремнием, медью и некоторыми редкоземельными металлами» рассмотрены: влияние фазового состава сплавов систем Al-Be-Pr (Nd, Sm) на их демпфирующие свойства; температурная зависимость теплоёмкости алюминия марки А5N и АК1; температурная зависимость теплоёмкости сплава АК1М2, легированного скандием, иттрием, празеодимом и неодимом; температурная зависимость термодинамических функций сплава АК1М2 и сплавов, легированных РЗМ.

На основе проведённых соискателем исследований и материалов изложенных в четвёртой главе, диссертации, ударным методом возбуждения в образце свободных звуковых колебаний исследованы демпфирующие свойства алюминиево-бериллиевых сплавов, легированных празеодимом, неодимом и самарием. Выявлено, что добавки РЗМ увеличивают демпфирующие свойства сплавов. Наиболее эффективным легирующим компонентом в этом плане являются добавки самария. На основе проведенных исследований разработаны новые алюминиевые сплавы, содержащие 0,01-0,5 мас.% бериллия и 0,01-0,5 мас.% РЗМ. Проведены их опытно-промышленные испытания на Душанбинском машиностроительном заводе в качестве корпуса многоцелевого двигателя внутреннего сгорания (объём рабочего цилиндра 50 см³). Установлено, что использование сплавов, взамен существующих корпусов из алюминия, улучшает демпфирующие свойства на 57%. Экономический эффект от использования данного предложения составляет 1150 долларов США в год, за счёт увеличения долговечности и снижения шума в работе двигателя.

В пятой главе «Разработка и внедрение в производство алюминиевых лигатур и сплавов, содержащих стронций, барий и редкоземельные металлы» рассмотрены: исследования влияния добавок различных элементов на кинетику окисления алюминиево-стронциевого сплава состава Al₄Sr; стабильность и влагоёмкость алюминиево-бариевого сплава состава Al₄Ba, легированного кремнием, магнием и титаном; модифицирование алюминиево-кремниевых сплавов стронцием и разработка новых литейных алюминиевых сплавов с гарантированной структурой; особенности введения алюминиево-стронциевых лигатур в литейные алюминиевые сплавы; исследование влияния модифицирования алюминиево-стронциевой лигатурой на активность кислорода в силуминовом расплаве; коррозионно-электрохимическое поведение силуминов, модифицированных стронцием; модифицирование стронцием силуминов с добавками магния и марганца; модифицирование стронцием силуминов с добавками меди, цинка и других легирующих элементов; исследование модифицирующих свойств стронция в сплавах системы алюминий-германий; модифицирование литейных алюминиевых сплавов барием.

Методом термогравиметрии автором исследовано влияние добавок РЗМ, кремния, титана и магния на кинетику окисления сплава Al₄Sr. Показано, что

легирование сплава Al_4Sr указанными металлами уменьшает его окисляемость. Методом ИКС определены продукты окисления сплавов и показана доминирующая роль оксидов алюминия и РЗМ, а также SrO в протекании процесса окисления. Исследована стабильность сплава Al_4Sr , легированного РЗМ (Sc, Nd), с титаном, кремнием путём взаимодействия порошков сплавов с водой. Показан значительный рост стабильности активного сплава Al_4Sr при легировании указанными добавками. Исследованием влияния добавок кремния, магния и титана на стабильность и влагоёмкость сплава Al_4Ba показан значительный рост устойчивости исходного сплава при его легировании.

Изучено влияние модифицирования стронцием на коррозионно-электро-химическое поведение силуминов марок АК7 и АК12 в среде электролита $NaCl$. Показан значительный рост коррозионной стойкости у сплавов, содержащих 0,01-0,1 мас. % стронция. Методом симплексного планирования эксперимента получены математические модули концентрационной зависимости механических свойств медистых и цинковистых силуминов. На поверхности симплекса определены оптимальные составы сплавов до- и после модифицирования их стронцием, а также до- и после термообработки по режиму Т6.

В выводах сформулированы основные результаты проведенного исследования.

Опубликованные работы автора отражают основное содержание диссертационной работы.

В диссертационной работе Саидзода Р.Х. цитирование оформлено корректно, ссылки на авторов, источники заимствования, соавторов оформлены в соответствии с критериями, установленными пунктом в Положении о порядке присуждения учёных степеней ВАК РТ.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации и соответствие диссертации заявленной специальности и отрасли наук.

Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертации. Структура, содержание, а также оформление списка цитируемой литературы соответствуют ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. -М.: Стандартинформ, 2012».

Диссертационная работа Саидзода Р.Х. соответствует специальности 05.02.01 – Материаловедение (в машиностроении) (технические науки). Решенные задачи и полученные результаты диссертации относятся к пунктам пп. 1, 3, 4, 6, 9, 10 паспорта этой специальности.

Недостатки диссертационной работы.

Наряду с несомненными достоинствами диссертационная работа не лишена некоторых недостатков:

1. Первая глава диссертационной работы (стр. 18-73 диссертации и стр. 8-9 автореферата) имеет обзорный характер. Но, на мой взгляд, обзор имеет больше физико-химический характер, нежели материаловедческий, чего следовало бы учесть в работе.

2. На стр. 95 диссертации представлено, что для прибора Digital Multimeter UT71B, точность измерения составляет $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, что является его разрешающей способностью, а точность измерения для данного прибора в диапазоне температур $-40^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ составляет $\pm 1\%$. В этой связи сложно судить о достоверности измерений.

3. На стр. 157 диссертации и стр. 24 автореферата приводятся результаты компьютерной обработки зависимости удельной теплоёмкости алюминия, марки А5N, от температуры, но в дальнейших исследованиях не нашли свои отражения результаты, обнаруженные в процессе охлаждения двух времен релаксации.

4. При рассмотрении и анализа результатов исследований температурной зависимости сплава АК1 (п. 4.2.2, стр. 162-167 диссертации) недостаточно проработан вопрос об отдельном определении теплоёмкости и коэффициента теплоотдачи.

5. На наш взгляд, учитывая то, что в пятой главе диссертации, при обсуждении результатов исследования по определению скорости окисления Al_4Sc в интервале температур 1373-1473 К ($1000-1100^{\circ}\text{C}$), следовало бы уточнить механизмы изменения скорости окисления Al_4Sc в других интервалах температур.

6. Было бы не лишним дать основные рекомендации по использованию легких алюминиевых сплавов с редкоземельными и щёлочноземельными металлами в машиностроительной и металлургической отраслей.

7. В диссертации не уделено внимание вопросам экологической чистоте легких алюминиевых сплавов с редкоземельными металлами.

8. Желательно было бы в диссертации дать экономическую эффективность с разработкой оптимальной себестоимости предложенных модифицированных алюминиевых сплавов с редкоземельными и щёлочноземельными металлами.

9. Диссертация и автореферат не лишены технических, грамматических и стилистических ошибок.

Отмеченные упущения и замечания не снижают научной ценности и практической значимости проведенных диссертантом исследований. Диссертация Саидзода Р.Х. представляет собой глубокое научное исследование и является научно-квалификационной работой, с логичностью построения и доведения результатов исследований до практической реализации.

Заключение

Диссертационная работа Саидзода Рахимджона Хамро (Саидова Рахимджона Хамрокуловича) на тему «Структурообразование и физико-химические свойства легких алюминиевых сплавов с редкоземельными и щелочноземельными металлами», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (в машиностроении), является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на современном научно-техническом уровне, в котором изложены новые научно-обоснованные теоретические, технические и технологические решения в области материаловедения машиностроительной отрасли, путём внедрения разработки новых лёгких алюми-

ниевых сплавов с редкоземельными и щелочноземельными металлами, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие машиностроительной и металлургической отраслей Республики Таджикистан.

Диссертация соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней ВАК РТ, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор **Саидзода Рахимджон Хамро**, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности **05.02.01 - Материаловедение (в машиностроении)**.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
и.о. профессора кафедры машины
и аппараты пищевых производств
Технологического университета
Таджикистана



Гафаров А.А.

Подпись Гафарова Абдулазиза
Абдуллофизовича заверяю:
Заведующий Отдела кадров
и специальной работы ТУТ

Н.А. Бухориев

02.10.2017

Технологический университет Таджикистана,
734061, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н. Карабаева, 63/3,
Тел.: (+992 37) 234 79 87, Факс: (+992 37) 234 79 88, E-mail: rectorat@tut.tj