

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.252.01,  
НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРАНАУКИ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 24 декабря 2019 г. №153

О присуждении Малюх Марине Александровне, гражданке РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка составов легких сплавов системы Al–Si–Cu с регламентированным температурным коэффициентом линейного расширения» по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов принята к защите 21.10.2019 г., протокол № 152, диссертационным советом Д 212.252.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» Минобрнауки РФ, 654007, г. Новокузнецк, Кемеровская обл., ул. Кирова, 42, приказом №105/нк от 11.09.2012 г.

Соискатель Малюх Марина Александровна, 1976 года рождения, в 1998 году окончила ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» по специальности «Физика металлов», инженер-физик. Работает с 1999 года в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» в должности старшего методиста, в 2012 г. окончила обучение в аспирантуре ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» по научной специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения, литейного и сварочного производства ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, Попова Марина Владимировна, гражданка РФ, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный универси-



тет», кафедра материаловедения, литейного и сварочного производства, профессор.

Официальные оппоненты:

Кондратьев Сергей Юрьевич – гражданин РФ, д.т.н., профессор, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа физики и технологий материалов, профессор;

Меркулова Галина Александровна – гражданка РФ, к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Сибирский Федеральный университет», кафедра металловедения и термической обработки металлов имени В.С. Биронта, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, в своем положительном заключении, подписанном Носовой Екатериной Александровной, к.т.н., доцентом кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения, доцентом, Ворониным Сергеем Васильевичем, к.т.н., доцентом кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения, доцентом, утвержденном Прокофьевым Андреем Брониславовичем, д.т.н., первым проректором – проректором по научно-исследовательской работе Самарского университета, доцентом, указала, что диссертация Малюх М.А. представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения актуальной проблемы создания материалов с требуемыми свойствами для наукоемких отраслей промышленности, а именно, разработке легких сплавов системы Al–Si–Cu с регламентированным температурным коэффициентом линейного расширения в заданном интервале температур эксплуатации. Диссертационная работа соответствует критериям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Малюх Марина Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Соискатель имеет 35 опубликованных работ по теме диссертации, из них 9 работ в изданиях, рекомендованных ВАК, 4 работы в научных журналах, индексируемых в



базе данных Scopus и Web of Science, а также свидетельство о государственной регистрации базы данных. Общий объем публикаций составляет 8,8 печатных листов. В публикациях отражены основные научные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы. В публикациях, включенных в список основных по теме диссертации и подготовленных в соавторстве, вклад соискателя составляет от 50 до 70%. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем ученой степени.

Наиболее значимые работы по диссертации:

1. Особенности влияния меди на линейное расширение алюминия А7 / В. К. Афанасьев, А. В. Горшенин, М. А. Старостина (М. А. Малюх), И. В. Дегтярева, Е. В. Первакова // *Металлургия машиностроения*. – 2010. – № 3. – С. 30–34.

2. О влиянии кремния на тепловое расширение алюминия А7 / В. К. Афанасьев, А. В. Горшенин, М. В. Попова, А. Н. Прудников, М. А. Старостина (М. А. Малюх) // *Металлургия машиностроения*. – 2010. – № 6. – С. 23–26.

3. Тепловое расширение сплавов Al-Cu после обработки расплава и термообработки / В. К. Афанасьев, М. А. Малюх, М. В. Попова, В. А. Лейс, С. В. Долгова // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2016. – № 2. – С. 87–94.

4. Features of thermal expansion of special-purpose aluminum alloys after treatment of melt and heat treatment / V. K. Afanasyev, M. V. Popova, M. A. Malyukh, A. N. Prudnikov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineerin*. – 2018. – Vol. 411 [012010, 7 p.]. – doi:10.1088/1757-899X/411/1/012010.

На автореферат поступили 17 отзывов, все отзывы положительные.

Три отзыва без замечаний от: 1) Ковенского Ильи Моисеевича, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой материаловедения и технологии конструкционных материалов ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»; 2) Муравьева Василия Илларионовича, д.т.н., профессора кафедры машиностроения и металлургии ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»; 3) Бурова Владимира Григорьевича, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой материаловедения в машиностроении ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

Отзывы с замечаниями от: 1) Белова Николая Александровича, д.т.н., профессора, главного научного сотрудника кафедры обработки металлов давлением НИТУ «МИСиС»:

1. Полученные автором экспериментальные данные по тепловому расширению представлены на графиках в виде трехмерной поверхности, построенных с помощью программы StatSoft Statistica 6.0. Однако, автор не упомянул в методике об этой программе; 2. Следовало уточнить, для каких



видов изделий разработаны рекомендации по практическому применению предложенных составов легких сплавов. Какие из сплавов в большей мере подходят для приборостроения, а какие для пайки со стеклом; 3. Требуют уточнения зависимости и закономерности влияния микроструктуры, элементного и фазового составов на тепловое расширение тройных сплавов системы Al-Si-Cu; 4. На фотографиях микроструктур очень мелкие масштабные штрихи; 2) Гуревича Леонида Моисеевича, д.т.н., заведующего кафедрой материаловедения и композиционных материалов, старшего научного сотрудника, доцента ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»: К недостатку можно отнести лаконичность формулировок научной новизны, затрудняющая понимание того, какие конкретно полученные законы, закономерности, зависимости, свойства, явления, по мнению автора, являются новыми;

3) Шляпина Анатолия Дмитриевича, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой материаловедения ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет (МАМИ)»: В качестве замечания по автореферату можно отметить отсутствие данных об изменении ТКЛР с течением времени эксплуатации сплавов. В связи с тем, что состояние сплавов, изученных в работе, далеко от равновесного выдержка при повышенной температуре и термоциклировании могут привести к изменению этого коэффициента; 4) Кудрякова Олега Вячеславовича, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой физического и прикладного материаловедения ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»: 1. На 10 странице автореферата в таблице 2 приведены значения механических характеристик двойных сплавов Al-Si после пластической деформации, однако в разделе «Методология и методы исследования» нет информации по оборудованию, на котором проводилась горячая пластическая деформация. Также отсутствуют данные по оборудованию для проведения испытаний на статическое растяжение; 2. На рисунках 9 и 11 очень мелкие обозначения, что делает их практически нечитаемыми; 5) Мордасова Дениса Михайловича, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой материалов и технологии и Шелохвостова Виктора Прокопьевича, доцента, д.т.н., доцента кафедры материалов и технологии ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»: В качестве замечания необходимо отметить, что в тексте автореферата в явном виде не выделены параметры структуры сплавов, ответственные за изменение значений ТКЛР; 6) Крыловой Светланы Евгеньевны, д.т.н., доцента, профессора кафедры материаловедения и технологии материалов ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»: 1. Фотографии микроструктур образцов, закристаллизованных с разной скоростью, следовало расположить по мере увеличения скорости кристаллизации (рисунок 4); 2. На некоторых фотографиях микроструктур отсутствуют масштабные штрихи, либо они очень мелкие; 3. На рисунке 10 приведены данные распределения химических элементов по структурным составляющим, но отсутствуют пояснения по цветовому обозначению элементов; 7) Бабкина Владимира Григорьевича, д.т.н., профессора кафедры материаловедения и технологии обработки материалов ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»: К недостатку работы следует отнести следующее. Для выявления эффективности разработанных сплавов с низким ТКЛР следовало бы оценить их механические свойства в сравнении со сплавами аналогичного назначения; 8) Копцевой Натальи Васильевны, д.т.н., профессора кафедры литейных процессов и материаловедения и Ефимовой Юлии Юрьевны, к.т.н., доцента кафедры технологий обработки материалов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»: 1. Одной из задач работы автором поставлено теоретическое обоснование выбора системы Al-Si-Cu в качестве основы для создания легких сплавов с регламентированным ТКЛР, однако в тексте автореферата и в заключении нет четкого критерия выбора данной системы сплавов. В пункте 3 научной новизны указано, что «научно обоснован механизм влияния на ТКЛР совместного легирования кремнием и медью в количествах, превышающих пределы растворимости». Однако отсутствует четкая формулировка сущности этого механизма; 2. В тексте автореферата некорректно используются



термины при описании микроструктуры. Например, используются термины «кремний», «первичные кристаллы кремния», «кремнистая фаза» (стр. 12, 13) для описания одной и той же, очевидно, структурной составляющей. Словосочетания «укрупнение эвтектической составляющей» (стр. 9) или «эвтектика более крупного строения» (стр. 12) неприемлемы для характеристики строения эвтектики, поскольку непонятно, что имел в виду автор: увеличение объемной доли эвтектики или увеличение линейных размеров кристаллов фаз, входящих в ее состав; 3. Вызывает вопросы представление результатов растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа, приведенные на рис. 9 и 10 (стр. 13). Так, на рис. 9а и 9б кристаллы кремния, если исходить из приведенных спектров, имеют не игольчатую, а компактную форму. Спектр, приведенный на рис. 9б, получен не с участка эвтектики, содержащей фазу  $\text{CuAl}_2$ , как указано в тексте, а с участка аналогичного участку на рис. 9а. Подрисуночные надписи к рис. 9 говорят, что оба они иллюстрируют одну и ту же фазу  $\text{CuAl}_2$ , в то время, как спектры получены с участков разных структурных составляющих; 4. В тексте автореферата есть ряд неточностей, например: - на стр.10 в тексте «Показано, что легирование медью от 5 до 15 % приводит к резкому увеличению ТКЛР алюминия...», хотя имелось в виду, видимо ТКЛР сплава; - на рис. 1 (стр. 7) не подписана одна из осей и не совсем понятно обозначение температуры  $t_{\text{зал}}$ ; 9) Халимановича Владимира Ивановича, к.ф.-м.н., директора Отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых систем – зам. генерального конструктора по механическим системам АО «ИСС им. Академика Решетнева»: 1. На фотографиях микроструктур отсутствуют или плохо различимы масштабные метки, что затрудняет оценку размеров структурных составляющих; 2. Не приведены результаты определения механических свойств разработанных сплавов с низким ТКЛР, что существенно обогатило бы работу; 3. В автореферате не указано, для каких конкретно изделий можно использовать разработанные сплавы и в каком диапазоне температур; 10) Харчука Михаила Дмитриевича, к.т.н., доцента УрФУ, генерального директора ООО НПЦ «Линвар»: 1. Из текста автореферата не понятно, почему автор выбрал для модифицирования сплавов такие составы как: смесь ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), смесь ( $\text{LiH} + \text{Cu}_3\text{P}$ ), выстайвание расплава в атмосфере водяного пара; 2. На рисунке 2, представленном в виде трехмерной поверхности, не понятно о какой скорости кристаллизации при охлаждении расплава идет речь; 3. Не понятно, для каких видов изделий разработаны рекомендации по практическому применению предложенных составов легких сплавов с заданным ТКЛР; 4. Для подтверждения сделанных выводов, следовало привести конкретные значения плотности предложенных новых сплавов при сравнении их с известными промышленными инварами; 11) Хромовой Людмилы Потаповны, к.т.н., генерального директора ООО НПЦ «ИНОР»: 1. В автореферате нет сведений о ферромагнитных инварных сплавах применяемых в промышленности, а также анализа экспериментальных данных указывающих на механизм процесса создания требуемого значения ТКЛР в этих сплавах и возможность подобного механизма в исследуемых сплавах; 2. Не ясно на основе, каких результатов проведен сравнительный анализ влияния обработки смесью карбонатов, так как указываются свойства сплавов Al-Si, обработанных смесью карбонатов, но не приведены данные без подобной обработки. При этом, нет характеристики влияния обработки смесью карбонатов (одного химического состава) на сплав А7, которая приводит к возникновению аномальной зоны малого значения ТКЛР при температуре 300°C (Рис. 1 А7, обработка,  $t_{\text{зал}} = 670^\circ\text{C}$ ), и при температуре 200°C (Рис. 1 А7, обработка,  $t_{\text{зал}} = 820^\circ\text{C}$ ). Не указано, проводилась ли закалка А7 для данных (Рис. 1 А7, без обработки). Поэтому сравнение результатов без дополнительных комментариев довольно затруднительно, так как представленные данные получены при измерении образцов находящихся в различных структурных состояниях. Аналогичные замечания имеются и к другим результатам, которые возможно в работе охарактеризованы более полно; 3. Не достаточно представлены данные о структурной схеме процесса получения сплавов систем Al-Si, Al-Cu



и Al–Si–Cu от параметров ведения плавки и кристаллизации принятая в работе, которая позволила бы построить строгую аналитическую и вероятностную взаимосвязь входных и выходных параметров, изучаемых в работе; 12) Мартюшева Никиты Владимировича, к.т.н., доцента отделения материаловедения и Клименова Василия Александровича, д.т.н., профессора отделения материаловедения «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»: К недостаткам изложенной информации в автореферате следует отнести то, что не на всех фотографиях микроструктуры (рис. 4, рис. 5, рис. 7) указаны масштабные линейки, а на графиках отсутствует достоверная вероятность или погрешность измерения. Это усложняет задачу сравнения параметров микроструктуры с литературными данными;

13) Иванова Сергея Геннадьевича, к.т.н., старшего научного сотрудника Проблемной научно-исследовательской лаборатории СВС им. В.В. Евстигнеева ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»: 1. Отсутствие либо слабая видимость на некоторых фотографиях микроструктур масштабной линейки (например, рисунок 4), в результате чего сложно судить о размерах структурных составляющих, так как сомнительно, что приведенному на рисунках коэффициенту увеличения микроскопа соответствуют реальные размеры изображений в автореферате; 2. Рисунок 10, вероятно, было бы корректнее назвать «...картой распределения элементов по структурным составляющим...», чем на самом деле представленные изображения и являются. Кроме того, желательно также было бы привести легенду цветов, соответствующих элементам; 14) Абабкова Николая Викторовича, к.т.н., доцента кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»: 1. В автореферате говорится об измерении микротвердости и приводится оборудование, на котором проводились измерения, однако в тексте отсутствуют сведения об измеренных значениях данной величины; 2. Графики на рисунках 9, 10 и 11 нечитаемые.

В отзывах отмечены актуальность, большой объем проведенной научной работы, значимость полученных результатов. Отмечается, что замечания не снижают общего положительного впечатления о работе.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, научной квалификацией, достижениями в области исследований методами современного металловедения по установлению влияния различных технологических факторов на формирование структурно-фазовых состояний и свойств металлов и сплавов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея, обогащающая научную концепцию структурообразования и теплового расширения тройных сплавов системы Al–Si–Cu;

предложены оригинальные суждения о взаимосвязи процентного соотношения кремния и меди со структурными составляющими высоколегированных тройных сплавов системы Al–Si–Cu;

доказана перспективность использования совместного легирования алюминия кремнием



и медью в количествах, многократно превышающих их предел растворимости в алюминии, для получения низких и практически постоянных значений температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о природе происхождения частиц кремнистой фазы и интерметаллидов, расширяющие представления о структурных преобразованиях в литых алюминиевых сплавах, легированных кремнием и медью;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы апробированные методы исследования, применяемые в современном металловедении, в том числе методы оптической и растровой электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа, качественного рентгенофазового анализа, дифференциальной оптической дилатометрии, определения плотности и микротвердости;

изложены доказательства эффективности совместного легирования кремнием и медью в количествах, многократно превышающих предел растворимости их в алюминии, с целью снижения температурного коэффициента линейного расширения сплавов системы Al–Si–Cu;

раскрыты механизмы влияния совместного легирования кремнием и медью на структурообразование, фазовый состав и величину ТКЛР тройных сплавов;

изучены связи между количественными значениями вводимых легирующих элементов и характером структурообразования тройных сплавов системы Al–Si–Cu;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и рекомендованы к промышленному внедрению составы сплавов на основе алюминия технической чистоты, обработанные смесью карбонатов щелочноземельных металлов; разработанные сплавы предназначены для производства деталей приборной техники, для которых необходимо сочетание высокой стабильности размеров в широком интервале температур и малого удельного веса; научные результаты диссертационной работы используются в учебном процессе при подготовке магистрантов, обучающихся по направлению 22.04.01 – Материаловедение и технологии материалов;



определены перспективы практического использования новых составов легких сплавов системы Al-Si-Cu с заданными значениями ТКЛР;

создана база данных «Тепловое расширение алюминиевых сплавов, легированных кремнием и медью», которая может быть использована для проведения научных исследований в области теплового расширения металлов и сплавов и для совершенствования технологии получения алюминиевых сплавов специального назначения;

представлены рекомендации по практическому применению предложенных составов легких сплавов системы Al-Si-Cu с заданными значениями ТКЛР для изготовления деталей специального приборостроения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании; показана воспроизводимость результатов экспериментальных исследований в различных условиях;

теория согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении литературных данных и анализе результатов теоретических и экспериментальных исследований, проведенных ранее при изучении особенностей теплового расширения алюминиевых сплавов;

использовано сравнение полученных авторских данных с результатами других исследователей по теме диссертации;

установлено качественное совпадение результатов работы с результатами, представленными в литературных источниках по теме диссертации;

использованы современные методики сбора и обработки информации с обоснованием подбора объектов наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач исследования; подготовке и проведении экспериментальных исследований; анализе полученных результатов; подготовке научных статей к публикации; апробации результатов исследований, формулировании основных выводов.

Диссертация соискателя Малюх М.А. «Разработка составов легких сплавов системы Al-Si-Cu с регламентированным температурным коэффициентом линейного расширения»



является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научные разработки и технологические решения, имеющие существенное значение для изготовления деталей и изделий специального назначения. Представленная диссертация соответствует требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученой степени (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней».

На заседании 24.12.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Малюх М.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,  
д.т.н., профессор

  
Протопопов Евгений Валентинович

Ученый секретарь диссертационного совета,  
д.т.н., профессор

  
Нохрина Ольга Ивановна

24 декабря 2019 г.

