

Ученому секретарю диссертационного
совета при ФГБОУ ВО «Сибирский
государственный индустриальный
университет» Д 212.252.01
Нохриной О.И.
654007, г. Новокузнецк, Кемеровская обл.,
ул. Кирова, д. 42

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Малюх Марины Александровны «Разработка составов легких сплавов системы Al-Si-Cu с регламентированным температурным коэффициентом линейного расширения».

на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01- «Материаловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Диссертационная работа Малюх Марины Александровны, посвящена комплексному исследованию и выбору оптимального состава алюминиевого сплава, в зависимости от содержания кремния и меди, а также различных способов модифицирующей обработки сплавов систем Al-Si, Al-Cu и Al-Si-Cu, для обеспечения заданной величины температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР), повышающих качество изделий на основе совместимости по ТКЛР пары «стекло-металл».

Актуальность работы. Непрерывно возрастающие требования, предъявляемые к металлическим материалам, применяемым для изготовления наиболее ответственных деталей, ставят задачу разработки легких сплавов, способных работать при изменении температуры окружающей среды, за счет высокой стабильности размеров металлических деталей и изделий, имеющих постоянный требуемый конструкцией расчетный ТКЛР.

Разработанные и широко применяемые в настоящее время сплавы с заданным значением ТКЛР (инвары) созданы на основе систем железо - никель, железо- платина, железо – никель - кобальт, железо – кобальт - хром, никель – молибден и т.п., в которых в области температур от минус 70 до 100°С наблюдается постоянное значение ТКЛР, величина которого в зависимости от состава сплава имеет значение в широком интервале ($1 \div 22 \cdot 10^{-6}, K^{-1}$).

Несмотря на широкий выбор сплавов на основе железо-никель и никель-молибден не все они могут использоваться при создании новых изделий. Это связано с тем, что сплавы на основе железа имеют высокую плотность, не достаточно высокие механические свойства, низкую коррозионную стойкость, узкий диапазон рабочих температур. Помимо этого они являются ферромагнитными сплавами и в ряде случаев при их применении возникают проблемы по устранению влияния внешних магнитных полей.

Развитие же приборостроения, радиотехники и машиностроения в целом, требует разработки металлических материалов с регламентированным ТКЛР на неферромагнитной основе. Сплавы на железоникелевой основе, как указывалось выше, не могут быть использованы в устройствах, где возникает магнитное поле, наводимое остаточным ферромагнетизмом.

Находят применение и вновь разрабатываемые сплавы инварного класса на основе титана, хрома, циркония, никеля в зависимости от условий эксплуатации изделий.

В ряде специальных изделий, особенно когда деталь из алюминиевого сплава работает в паре с другим материалом: сталь, керамика и т.п. важно иметь сплав на основе алюминия с ТКЛ максимально приближенный к ТКЛР материала контактной пары. В настоящее время для этих целей применяют сплавы на основе системы алюминий- кремний, получаемые методом металлургии гранул и имеющих маркировку САС-1, САС-2 САС-3, имеющих более низкую, чем у алюминиевых сплавов величину ТКЛР, а именно $(13,5-15,5) \cdot 10^{-6}$ 1/К; $(15,0-16,0) \cdot 10^{-6}$ 1/К; $(15,0-16,5) \cdot 10^{-6}$ 1/К; соответственно. Однако, для ряда изделий нового поколения необходимы алюминиевые сплавы с еще более низкой величиной ТКЛР. Кроме того, сплавы САС имеют низкую коррозионную стойкость в атмосферных условиях и требуют тщательную защиту от коррозии, а процесс изготовления достаточно трудоемок, имеет дополнительные этапы связанные с производством гранул, сепарирования, прессования, спекания, что сказывается на их стоимости в отличие от литого металла.

Перспективы получения сплавов на основе систем Алюминий- кремний, методом плавки есть и решаются оптимизацией химического состава с увеличением содержания кремния, введения легирующих добавок (меди, хрома, никеля и пр.), а также управлением ведения плавки, (например, повышение скорости охлаждения сплавов при кристаллизации), или другими параметрами ведения плавки, которые позволят создать структуру обеспечивающую заданный уровень свойств.

Автором представлен анализ существующих сплавов инварного класса. Показано, что, выбрав в качестве объекта исследования сплавы системы Al-Si-Cu (САС-1, единственный сплав на основе алюминия внедренный в производство) и установив направления исследования структуры и свойств сплава полученного кристаллизацией из расплава автор определил параметры, определяющие существенное влияние на управление образованием требуемой структуры, обеспечивающей заданный ТКЛР.

Проведен анализ и выбраны параметры плавки, которые существенно отвечают за формирование требуемой структуры, заключающиеся в необходимости проведения исследований по влиянию изменению скорости кристаллизации и применения различных модификаторов, при прочих равных условиях на ТКЛР.

Поэтому, разработка сплавов с минимальным ТКЛР, высокими механическими свойствами, низкой плотностью и являющимися не магнитными,

т. е. не обладающих ферромагнетизмом, а так же анализ полученных результатов, на основе изучения структурных изменений при различных параметрах ведения плавки при выявлении взаимосвязи величины ТКЛР от режимов плавки является одной из задач, которая решалась в данной работе.

Кроме того, повышение производительности процесса изготовления ответственных изделий точного машиностроения удовлетворяющих требованиям новой техники, за счет удешевления и оптимизации процесса изготовления алюминиевого сплава с низким значением ТКЛР имеет большое практическое значение. А так как, до настоящего времени реальная физическая природа влияния входных параметров на выходные до конца не выявлена, то связь между первыми и вторыми можно рассматривать как «черный ящик», функциональные параметры которого определяются совокупным действием процесса плавки и физических явлений, вызванных этим процессом, то исследования проведенные в данной работе имеют научное значение, позволяющее приблизиться к разгадке механизма получения сплавов с требуемым уровнем свойств.

Значимость полученных результатов для науки и производства

Полученные в диссертационном исследовании результаты имеют научную значимость, которая состоит в установлении закономерностей влияния химического состава и параметров модифицирующей обработки на формирование структуры, обеспечивающей величину ТКЛР.

Кроме этого, исследованы важные для управления процессом плавки сплавов алюминия, процент легирования которого кремнием и меди в процентах многократно превышающих предел растворимости этих элементов в алюминии.

Значимость результатов для производства состоит в том, что основании установленных закономерностей, основанных на изучении фазового состава Al-Si-Cu сплава, разработан оптимальный режим термической обработки.

Не менее важно и то, что, повышение производительности процесса изготовления ответственных изделий точного машиностроения удовлетворяющих требованиям новой техники, за счет удешевления и оптимизации процесса изготовления алюминиевого сплава с низким значением ТКЛР имеет большое практическое значение. А так как, до настоящего времени реальная физическая природа влияния входных параметров на выходные до конца не выявлена, то связь между первыми и вторыми можно рассматривать как «черный ящик», функциональные параметры которого определяются совокупным действием процесса плавки и физических явлений, вызванных этим процессом, то исследования проведенные в данной работе имеют научное значение, позволяющее приблизиться к разгадке механизма получения сплавов с требуемым уровнем свойств.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций исследования

Диссертация выполнена с использованием современных теоретических и экспериментальных методов исследования. Достоверность подтверждается значительным объемом экспериментальных исследований с использованием измерительных средств, а также положительными отзывами полученными при опробовании разработок на предприятиях- АО «РУСАЛ Новокузнецк» и включены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет».

Результаты исследований рекомендуется использовать на предприятиях точного машиностроения, использующих в изделиях сплавы инварного класса с целью улучшения технических характеристик приборов и изделий, а так же уменьшения их габаритов в связи с исключением магнитных экранов.

Кроме того, сплавы на основе алюминия имеют меньшую стоимость и обладают меньшей плотностью, что является их существенным дополнительным преимуществом по сравнению со сплавами инварного класса на основе железа.

Содержание диссертации, автореферата и публикаций

Представленная диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, библиографического списка из 166 наименований. Объем диссертации составляет 176 страниц машинописного текста, 67 рисунок, 20 таблиц и приложения на 3 страницах.

Автореферат правильно передает содержание диссертации. Основные сведения, содержащиеся в диссертации, опубликованы в тридцати пяти печатных работах. Девять, из которых опубликованы в изданиях, включенных в список рекомендованный ВАК, при этом, в системе цитирования «Scopus»- четыре работы. Кроме того получено 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных.

По диссертации можно высказать следующие замечания:

1. В автореферате нет сведений об 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, $t_{\text{зак}} = 670^\circ\text{C}$), и при температуре 200°C (Рис. 1 А7, обработка, $t_{\text{зак}} = 820^\circ\text{C}$). 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 принятой в работе, которая позволила бы построить строгую аналитическую и вероятностную взаимосвязь входных и выходных параметров, изучаемых в работе.

Отмеченные замечания не снижают общей значимости работы и важности полученных результатов, их следует рассматривать как пожелание для дальнейшего развития исследований в этом направлении.

Заключение

Работа изложена последовательно, логично, современным языком. Апробация работы достаточна, основные ее материалы опубликованы полно, достоверность полученных результатов обоснована.

Работа М.А. Малюх «Разработка составов легких сплавов системы Al-Si-Cu с регламентированным температурным коэффициентом линейного расширения» выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне, имеет существенное теоретическое и практическое значение, отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Хромова Людмила Потаповна

141070, РФ, г. Королев, Московская область, ул. Сакко и Ванцетти, д. 30б, кв. 104,
Кандидат технических наук по специальностям:

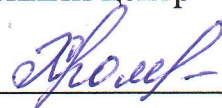
15.02.23 – «Стандартизация и управление качеством продукции»

05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»,

Генеральный директор ООО Научно- производственный центр

«Инновации наукоемких опытных разработок»

(ООО НПЦ «ИНОР»)



Л. П. Хромова

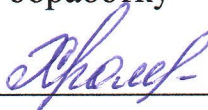
Юридический и почтовый адрес ООО НПЦ «ИНОР»: 141090, РФ, Московская область, г. Королев, мкр. Юбилейный, ул. Ленинская, д. 12, пом. 055.

тел. 8-915-314-83-08, 8-495-513-40-62, тел./факс 8-495-513-43-11

E-mail: npc-inor@mail.ru

Я, Хромова Людмила Потаповна, даю согласие на включение персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Малюх Марины Александровны, и их дальнейшую обработку

Подпись руки Хромовой Л.П. заверяю
16 декабря 2019 г.



Специалист по кадрам



Т.Н.Алехина