

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

660041, Россия, Красноярск, проспект Свободный, 79
телефон (391) 244-82-13, факс (391) 244-86-25
<http://www.sfu-kras.ru> e-mail: office@sfu-kras.ru

№ _____
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

проректор по образовательной
деятельности ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный
университет»



Алена Александровна Ступина

« 7 » мая 20 18 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Коротковой Натальи Олеговны
«Обоснование состава и режима термообработки проводниковых
наноструктурных экономнолегированных алюминиевых сплавов с добавкой
циркония»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и
сплавов

Актуальность для науки и практики

В настоящее время для практического использования в электроэнергетическом секторе Российской Федерации назрела потребность в повышении пропускной способности воздушных линий электропередач (ВЛ). Указанная задача может быть решена за счет использования проводов, способных выдерживать нагревание до высоких температур. Этому условию удовлетворяют алюминиевые сплавы, дополнительно легированные цирконием, обеспечивающим повышение термостойкости. Поскольку цирконий является относительно дорогим легирующим элементом, снижение себестоимости выпускаемой продукции, а также уменьшение затрат на ремонт линий

электропередач может быть достигнуто за счет расширения диапазона используемых в производстве шихтовых материалов из вторичного сырья. Актуальность темы диссертационной работы Н.О. Коротковой определяется недостаточной разработкой вопросов использования вторичного сырья, а именно ломов и отходов по ГОСТ Р 54564-2011 групп А1, А2, А3, А4 (в виде строительных профилей и конструкций из сплавов 6063 и 6061) при производстве термостойкой кабельной продукции для ВЛ, минимизации вредного влияния примесных элементов на показатели электропроводности кабельной продукции, а также проработкой вопроса рассмотрения более сложных систем легирования на основе алюминия с целью оптимизации основных характеристик проводниковых сплавов – удельного электросопротивления и прочности, которые, как правило, величины обратно пропорциональные.

Основное внимание в работе уделено исследованию важной задачи оптимизации химического состава и режима деформационной термической обработки полуфабрикатов, обеспечивающих благоприятный фазовый состав в структуре за счет связывания примесных элементов, повышающих основную характеристику проводникового сплава - удельное электросопротивление, в фазы, морфология которых не снижает технологичности при обработке давлением, а твердый раствор максимально свободен от примесей. Также значительная часть работы посвящена исследованию влияния кремния на процесс распада твердого раствора на основе циркония при термической обработке с выделением метастабильных наноразмерных частиц фазы Al_3Zr , обеспечивающих повышение механической прочности.

Для успешного решения указанных задач Н.О. Коротковой использовано компьютерное моделирование фазовых отношений в четырехкомпонентной системе Al-Fe-Si-Zr с помощью современного программного пакета Thermo-Calc, позволившее выбрать режимы деформационной и термической обработки полуфабрикатов. Для экспериментального исследования физико-механических свойств и структуры образцов проводниковых сплавов выполнены обширные измерения их основных характеристик с использованием

надежных и опробованных методик и современного исследовательского оборудования.

Исследование структуры сплавов выполняли с использованием световой, электронной сканирующей и просвечивающей микроскопии, что позволило проследить закономерности образования структурных составляющих и проанализировать локальный химический состав экспериментальных образцов исследуемых систем легирования.

Полученные в диссертационной работе результаты и сделанные по ним выводы имеют большое практическое значение для технологии проводниковых алюминиевых сплавов с использованием вторичного сырья, обладающих высокими физико-механическими свойствами.

Новизна основных научных результатов и их значимость для науки и производства

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Обнаружено и исследовано положительное влияние кремния в количестве 0,2-0,3 мас.%, которое объясняется образованием в сплаве фазы, полностью связывающей вредные примеси железа и кремния, не снижающей технологичности сплава при его обработке давлением, а также позволяющей обеспечить минимальное содержание кремния в твердом растворе.

2. Экспериментально установлена нелинейная зависимость удельной электропроводности от содержания кремния и циркония в сплаве после различных режимов многоступенчатой термической обработки.

3. Получен массив экспериментальных данных по влиянию режимов деформационно-термической обработки сплавов системы Al-1%Fe-Si-Zr с различным содержанием Si (0-1 мас. %) и Zr (0-0,6 мас. %) на их удельную электропроводность. Эти результаты могут быть использованы при выполнении опытно-технологических работ по внедрению исследованных проводниковых сплавов с повышенным содержанием примесных элементов в производство.

4. Показано, что в качестве сплава электротехнического назначения может быть использован сплав повышенной прочности системы Al-Cu-Mn-Fe-Si-Zr,

имеющий высокое (до 670 МПа) значение временного сопротивления разрыву – основного механического свойства, регламентируемого стандартами по производству проволоки и катанки.

5. Установлено, что добавление кальция в проводниковые сплавы оказывает благоприятное влияние на их структуру и фазовый состав, за счет образования мелкодисперсной эвтектики, а также формирует комплекс высоких физико-механических свойств ($УЭС - 30 \text{ мкОм} \cdot \text{мм}$, σ_b около 150 МПа, потеря прочности при нагреве до 300 °С в течение 1 часа - менее 10%).

Практическое значение диссертационной работы Н.О. Коротковой определяется тем, что по результатам выполненных исследований разработан проект технологической инструкции на получение катанки с повышенным содержанием примесей железа и кремния для условий предприятия АО «Цветлит». Полнота представления результатов по теме исследования подтверждена 13-ю публикациями, в том числе 6 статьями в рецензируемых журналах из перечня ВАК.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаем целесообразным продолжить работу по исследованию возможности использования вторичного алюминиевого сырья в производстве сплавов электротехнического назначения, в частности, в производстве проволоки. Перспективным для промышленного использования являются полученный массив данных по величине удельного электросопротивления после различных режимов термической обработки литой заготовки, имитирующей литую заготовку трапецеидального сечения, и деформированных полуфабрикатов, имитирующих катанку и проволоку. Этот результат представляет практический интерес, как для внедрения разработанных сплавов, так и для создания новых термостойких проводниковых материалов. Также целесообразным представляется дальнейшее исследование многокомпонентных систем легирования, содержащих магний, с целью использования лома и отходов при промышленном производстве проволоки для ВЛ.

Общие замечания

1. Как недостаток отмечаем, что в работе не нашло отражение применение интенсивной пластической деформации при производстве проводниковой продукции на базе сплава АЛТЭК. Приведенные данные по высоким механическим свойствам не позволяют воспроизвести технологию в промышленных масштабах.

2. Следует отметить, что использование лома и отходов, в частности, баночного лома, предполагает присутствие магния в шихтовых материалах, тогда как в работе не освещен вопрос влияния магния на удельную электропроводность исследуемых сплавов.

3. Исходя из темы работы, разрабатываемые и исследуемые сплавы должны содержать недорогие добавки. Однако в диссертации рассмотрен сплав на базе системы Al-Ca-Fe-Si-Zr-Sc, содержащий достаточно дорогой элемент скандий, который не удовлетворяет условию экономного легирования.

4. Деформированными полуфабрикатами, моделирующими катанку и проволоку, являлись листы после горячей и холодной деформации со степенью обжатия, идентичной производственной. Целесообразней было бы при моделировании имитировать процесс получения проволоки.

5. Для проведения структурных исследований, в частности, идентификации химических соединений, следовало бы провести рентгеноструктурный анализ, характеризующийся более высокой точностью относительно применяемого в работе метода.

Указанные замечания имеют характер пожеланий и не снижают общей научной ценности и практической значимости диссертационной работы.

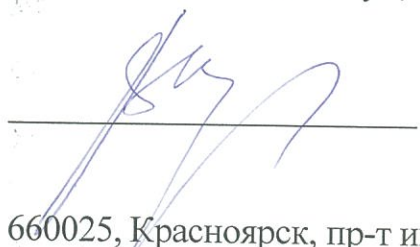
Заключение

Диссертация Натальи Олеговны Коротковой является научно-квалификационной работой на актуальную тему, в которой содержится решение задачи обоснование химического и фазового составов термически стабильных проводниковых алюминиево-циркониевых сплавов с повышенным

содержанием примесей (прежде всего железа и кремния) и изложены научно обоснованные технологические режимы их деформационно-термической обработки, имеющей существенное значение для металловедения и технологии проводниковых алюминиевых сплавов воздушных линий электропередач. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и для организации производства термостойкой кабельной продукции, получаемой из экономнолегированных алюминиевых сплавов. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры "Металловедение и термическая обработка металлов им. В.С. Биронта" Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Сибирский федеральный университет" (25 апреля 2018 г., протокол № 8)

Заведующий кафедрой "Металловедение и термическая обработка металлов им. В.С. Биронта" ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет",
доктор химических наук, доцент



Жереб Владимир Павлович

660025, Красноярск, пр-т им. газеты "Красноярский рабочий, 95,

Институт цветных металлов и материаловедения СФУ, Жереб Владимир Павлович.

Тел. 8(391)206 3675, e-mail: VZhereb@sfu-kras.ru

Подпись В. П. Жереба заверяю
делопроизводитель общего отдела СФУ



Е.А.Малахова