

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу **Рахматуллоевой Гулнозы Мухриевны** на тему: **«Влияние щелочных металлов на физико-механические и химические свойства алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1»**, представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17-Материаловедение (технические науки).

Актуальность темы. Алюминий и его сплавы занимают важное место в современной электротехнической промышленности. Благодаря сочетанию таких свойств, как высокая электрическая проводимость, малый удельный вес, хорошая коррозионная стойкость, технологичность и сравнительно низкая стоимость, алюминий широко используется при производстве различных электротехнических изделий. Эти преимущества делают его одним из наиболее перспективных материалов для передачи и распределения электрической энергии.

Одним из главных преимуществ алюминия является его высокая электрическая проводимость. Хотя по этому показателю он уступает меди, но имеет значительно меньшую плотность, по сравнению с медью примерно в три раза. Это позволяет уменьшить массу проводников и снизить нагрузку на опоры линий электропередачи. Кроме того, алюминий является более доступным и экономически выгодным материалом. По этой причине алюминиевые проводники широко применяются в энергетике, особенно при строительстве воздушных линий электропередачи.

В электротехнике широко используются также алюминиевые кабели различного назначения. Они применяются в промышленных предприятиях, жилых зданиях, энергетических установках и других объектах. Алюминиевые кабели используются для передачи и распределения электрической энергии в низковольтных и высоковольтных сетях. Их применение позволяет снизить стоимость кабельной продукции и уменьшить общий вес электрических систем.

Большое значение в электротехнике имеют алюминиевые сплавы. В отличие от чистого алюминия, сплавы обладают более высокой механической прочностью и лучшими эксплуатационными характеристиками. Добавление различных легирующих элементов, таких как магний, кремний, титан и другие, позволяет улучшить свойства алюминия и расширить области его применения. Алюминиевые сплавы широко используются при изготовлении проводников, токопроводящих шин, контактных элементов и других деталей электротехнического оборудования.

Исследование физико-химических, термодинамических и теплофизических свойств алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с литием, натрием и калием - важная актуальная задача, которая позволяет научно обосновать выбор состава двух-многокомпонентных сплавов для различной техники.

Достоверность результатов, структура, содержание и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и приложения, изложена на 152 страницах компьютерного набора, включает 61 рисунок, 46 таблиц, и списка литературы из 153 наименования.

Диссертация написана согласно общим требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. Она включает в себя обзор литературы, в котором критически рассматриваются, в достаточном объёме публикации других исследователей, имеющих отношение к работе, проведённой диссертантом, и пять глав, в которых представлены собственные исследования. Изучена микроструктура, механические свойства алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с литием, натрием и калием, теплофизические свойства и термодинамические функции алюминиевых сплавов, кинетика их окисления и электрохимических свойств. Заканчивается диссертация выводами.

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель и задачи исследования, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены защищаемые положения.

В первой главе представлен обзор литературы по теме исследования. Описаны использование алюминия и его сплавов в электротехнике; теплоёмкость алюминия, титана и щелочных металлов; особенности окисления алюминия и его сплавов с щелочными металлами; коррозионно-электрохимическое поведение сплавов алюминия с титаном и щелочными металлами.

Во второй главе автором представлены материалы и методы исследования физико-механических и химических свойств сплава AlTi0.1 с литием, натрием и калием. Описаны: металлографический анализ микроструктуры, метод Бринелля для определения твёрдости, исследование теплоёмкости в режиме охлаждения с автоматической регистрацией температуры, термогравиметрический метод изучения кинетики окисления, рентгенофазовый анализ продуктов окисления и потенциостатический метод изучения анодных свойств сплавов.

Таким образом, в связи с отсутствием систематических данных о физико-механических и химических свойствах алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1, последние были взяты в качестве объекта исследования в данной диссертационной работе.

Остальные главы диссертации посвящены экспериментальному исследованию твёрдости, микроструктуры, теплоёмкости и термодинамических функций, кинетики окисления и электрохимического поведения алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с щелочными металлами.

Диссертационная работа завершается общими выводами, списком цитированной литературы и приложением.

Степень обоснованности и достоверности основных результатов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Выводы и положения, сформулированные соискателем, обоснованы как теоретически, так и полученными практическими результатами.

Экспериментальные исследования выполнены с помощью известных научных оборудований: импульсного потенциостата ПИ-50-1.1; термогравиметрических весов; прибора для измерения теплоёмкости твёрдых тел в режиме «охлаждения»; металлографического микроскопа КР-Л3230-2К; твердомер марки HBRV-187.5D для определения твёрдости металлов по Бринеллю; прибор ВЭ-27НЦ для измерения удельной электропроводимости при комнатной температуре.

В проведенных Рахматуллоевой Г. М. исследованиях получены важные научные результаты, среди которых следует отметить следующие:

- методом металлографии показано, что добавки лития, натрия и калия, особенно от 0,01 до 0,5 мас. % значительно измельчают структурные составляющие алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1;

- стандартными методами измерения (метод Бринелля) твёрдости металлов показано, что добавка до 0,5 мас. % щелочных металлов (Li, Na, K) увеличивают твёрдость и прочность сплава AlTi0.1;

- в режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из алюминия марки А5N определена теплоёмкость проводникового сплава AlTi0.1 с добавками лития, натрия и калия.

- методом термогравиметрии установлено, что с повышением температуры и содержания лития, натрия и калия в алюминиевом проводниковом сплаве AlTi0.1 скорость его окисления незначительно возрастает. Определены закономерности изменения кинетических характеристик окисления сплавов в твёрдом состоянии в воздушной среде;

- методом рентгенофазового анализа определено, что при окислении исследованных сплавов образуются простые оксиды и оксиды типа шпинелей: Al_2O_3 , Ti_3O_5 , TiO_2 , $Li_{2.03}Ti_{3.43}O_8$, $Na_2Al_{22}O_{34}$, $Al_{21.86}K_{2.59}O_{34}$. Установлена роль модифицирующих элементов в формировании фазового состава продуктов окисления и механизма процесса окисления сплавов;

- потенциостатические исследования в потенциодинамическом режиме показали, что добавки щелочных металлов (Li, Na, K) в сплав AlTi0.1 смещают потенциалы свободной коррозии, питтингообразования и репассивации в положительную область. При введении 0,01–0,5 мас.% Li, Na и K скорость коррозии снижается на 10–20 %. Увеличение концентрации хлорид-ионов в растворе NaCl приводит к росту скорости коррозии и смещению электрохимических потенциалов в отрицательную область.

Публикация основных результатов, положений и выводов, приведённых в диссертации. По результатам исследований опубликовано 19 научных публикаций, из которых 9 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации: «Журнал Материаловедение», «Известия ВУЗов. Цветная металлургия», «Физикохимия поверхности и защита материалов», «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение», «Вестник Саратовского государственного технического университета», «Вестник Кузбасского государственного технического университета», «Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования», «Известия

вузов. Технология лёгкой промышленности 2025» и 10-тезисов в материалах международных и республиканских конференций.

Личный вклад автора заключается в анализе литературных данных, постановке и решении исследовательских задач, проведении лабораторных экспериментов, анализе полученных результатов и формулировке основных положений и выводов диссертации.

Практическая значимость работы.

1. На основании проведённых физико-механических и химических исследований научно обоснованы границы легирования алюминиевого проводников сплава AlTi0.1 с литием, натрием и калием. В частности, показано, что оптимальное количество легирующих элементов (литий, натрий и калий) в алюминиевом сплаве AlTi0.1 соответствует концентрации 0,01–0,5% по массе.

2. Разработанные сплавы и способы их получения рекомендуются для использования промышленными предприятиями и научными центрами работающим в данном направлении.

3. Диссертантом на основе проведённых исследований разработаны составы новых сплавов, которые защищены малым патентом Республики Таджикистан TJ № 1443 от 24.11.2023 г., которые прошли опытно-промышленное испытание в ГУП «Коргохи мошинасози» (акт от 12.03.2025г.). Экономическая эффективность от использования 1000 т. разработанного сплава при утончении сечения проводов на 10% составляет 300 000\$ США.

Диссертация Рахматуллоевой Г.М. соответствует *паспорту специальности* 2.6.17 –Материаловедение (технические науки) по следующим пунктам п.1; п.2; п.3 и п.6.

Замечания по диссертационной работе

1. Автором недостаточно полно разъясняется причины роста или уменьшения механических свойств сплавов при их легировании щелочными металлами?

2. Изучение кинетики окисления в жидком состоянии и сравнение результатов с полученными в твердофазном состоянии данными повысило бы научную ценность работы?

3. Анодное поведение сплавов во многом определяется присутствием в электролите растворённого кислорода воздуха. Из текста диссертации не понятно, учитывал ли автор данный факт?

4. В работе не изучены коррозионно-электрохимическое поведение сплавов в кислых и щелочных средах, изучены только в нейтральной среде.

5. В тексте диссертации не представлен полный химический состав изученного алюминиевого сплава AlTi0.1 с 1.0 мас. % лития, натрия и калия.

Отмеченные замечания носят рекомендательный характер и не снижают высокий научный уровень и, в целом, положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Рахматуллоевой Гулнозы Мухриевны на тему: «Влияние щелочных металлов на физико-механические и химические свойства алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1» является законченной научно-исследовательской работой.

Публикации автора вполне отражают содержание диссертационной работы, которые опубликованы в ведущих научных рецензируемых журналах. Текст автореферата согласуется с диссертацией.

Диссертация по объёму и качеству представленного материала, научной новизне и практической ценности соответствует требованиям, указанным в «Положении о присуждении учёных степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 с изменениями, внесёнными постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. №335), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Рахматуллоева Гулноза Мухриевна – заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Металлургия» Таджикского технического
университета имени академик М.С. Осими



Ходжаев Ф. К.

Адрес: Республика Таджикистан, 734042, г. Душанбе, ул. академиков Раджабовых, 10, Таджикский технический университет имени академик М.С. Осими. Сайт: <https://www.ttu.tj>. Телефон: +992 (37) 221-35-11, Адрес электронной почты firuz1083@mail.ru, Телефон: (+992) 937-45-71-71 (моб.)

Подпись к.т.н., доцента Ходжаева Ф. К. заверяю:

Начальник ОК и СР ТТУ им. акад. М.С. Осими



Кодирзода Н. Х.

28.05.2026г.