

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Таджикского национального  
университета, д.э.н., профессор  
К.Х. Хушвахтзода  
2023 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

**Мухаббатова Хамрохона Курбоновича на тему:**

«Физико-химические свойства алюминиевых электротехнических низколегированных сплавов», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки)

**Актуальность темы диссертации.** Для создание новых и совершенствование уже существующих областей техники необходимо разработать и внедрять в производство новых металлических материалов, обладающих определенным комплексом физико-химических, механических и технологических свойств. Вопрос экономии дефицитных материалов и снижение материоемкости изделий используемых при производстве кабелей приобретает большое значение, так как страны СНГ располагают разветвленной сетью кабелей связи различного назначение. Использование алюминиевых сплавов в данном направление учитывает как материалы, применяемые для производства металлических оболочек и токопроводящей проволоки, так и материалы используемые в качестве защитных оболочек и изолирующие материалы. В данном случае можно получить экономический эффект за счет применения современных материалов используемых для изготовления оболочек кабеля с увеличенной коррозионной стойкостью. Известно, что в большинство производств для изготовления оболочек кабеля применяют остро- дефицитный свинец, однако возможно применение

алюминия в место свинца. Так как оболочки изготовленные из материалов на основе алюминия являются более герметичными и их прочность по сравнению со свинцовыми оболочками в несколько раз выше, алюминиевых кабелей наряду с этими имеют и другие положительные качества как высокую стойкость к вибрационным нагрузкам по сравнению с материалами из других металлов. Оболочки кабеля изготовленные на основе сплавов алюминия имеют значительно меньшую массу, чем кабель в свинцовой оболочке. Алюминиевые оболочки по сравнению с свинцовой имеют относительно высокую коррозионную стойкость. На основании отечественных публикаций и зарубежных данных известно что ранее разработанные сплавы алюминия невозможно использовать в кабельной промышленности в силу высокой твердости, низкой прочности и повышенной стоимости. Возникшая проблема решается путем разработки специальных сплавов на основе алюминия технической чистоты, путём легирования малоизученными металлами.

Для этих целей приемлемо использование в качестве микродобавок редкоземельные и щелочноземельные металлы, которые обладают модифицирующим и рафинирующим действием, улучшив физико-химические свойства алюминиевых сплавов.

Поэтому представляет интерес применение комплексного легирования алюминия переходными и поверхностно-активными, т.е. анодными металлами из группы щелочноземельных и редкоземельных металлов, что, несомненно, является актуальной задачей.

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, в соответствии с которой сформирована цель и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, а также представлены положения, выносимые на защиту, обоснованы достоверность и апробация результатов работы, приведены сведения о публикациях и личном вкладе автора.

**В первой главе** диссертации (обзор литературы) приведены публикации, посвященные изучению традиционных и новых подходов улучшения физико-механических свойств проводниковых материалов на основе алюминия. Большое внимание удалено основным группам проводниковых алюминиевых сплавов, последним достижениям по улучшению их свойств и границам их применимости. В частности, отмечены недостаточно хорошо изученные области. Кроме того, проведен анализ публикаций по установлению взаимосвязи структуры и свойства сплавов алюминия с цирконием, магнием, щелочноземельными металлами и церием. По результатам литературного обзора сформулированы цель настоящего исследования и основные задачи, необходимые для ее достижения.

**Во второй главе** диссертации представлены результаты исследования и построены диаграммы фазовых равновесий систем Al–Zr–Ca (Sr, Ba). Создание новых и совершенствование уже существующих алюминиевых сплавов для оболочек кабеля требует привлечения к исследованию различных легирующих добавок. Комбинации легирующих элементов практически безграничны, поэтому при разработке сплавов необходимо заранее знать какое влияние на свойства оказывает та или иная добавка и обусловленная ею структура.

Для решения поставленной задачи диссидентом были использованы основные методы физико-химического анализа: рентгенофазовый, дифференциально-термический, микроструктурный в сочетании с измерением микротвердости структурных составляющих фаз сплавов, измерения электросопротивления и др.

Для исследования влияния различных элементов на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевых сплавов автором применялись электрохимический и гравиметрический методы. Испытаний механических свойств алюминиевых сплавов проводились измерениями твердости по Бринеллю, относительного удлинения и предела прочности на разрыв.

Для исследования фазовой диаграммы тройных систем Al–Zr– Ca (Sr, Ba) автором были получены серия сплавов весом 20 гр. в вакуумной печи сопротивления. Полученные сплавы подвергались термообработки при 773К в откаченных кварцевых ампулах в течение 720 часов, затем закалялись в холодной воде при комнатной температуре.

**Третья глава** работы посвящена исследованию коррозионно-электрохимического поведения и физико-механических свойств алюминиевых электротехнических низколегированных сплавов.

Как известно, о коррозионном поведении металлов и сплавов можно судить по различным электрохимическим характеристикам. Установившееся значение и характер зависимости потенциала свободной коррозии от времени могут дать ряд важных сведений о поведение металла в коррозионной среде. Как правило, смещение потенциала в положительную область указывает на то, что сильно уменьшилось скорость анодной реакции, поверхность сплава становится более пассивным. Можно заранее предсказать, что такая система в естественных условиях эксплуатации окажется более стойкой.

Применение в работе диссидентом взаимодополняющих современных методов и приборов, а также повторяемость результатов в интервале допуска погрешности, обеспечило надёжность полученных экспериментальных результатов. Знакомство с третьей главой диссертации, в целом, позволяет считать полученные автором данные достоверными.

**Научная новизна** работы заключается в исследовании и построении диаграмм фазового равновесия алюминия с цирконием и щелочноземельными металлами, являющихся теоретической основой для разработки новых сплавов; установлении коррозионно-электрохимического поведения алюминия, легированного цирконием, магнием, щелочноземельными металлами и церием; изучении физико-механических свойств сплавов до и после пластической деформации.

**Практическая и теоретическая значимость** работы заключается в разработке научных основ синтеза новых низколегированных

коррозионностойких алюминиевых сплавов для оболочки кабеля и оценке их пригодности для поставленных целей.

**Обоснованность и достоверность полученных результатов:**

Достоверность результатов работы обеспечена применением аттестованных измерительных приборов и апробированных методик, использованием современных взаимодополняющих методов исследования, полученной воспроизводимостью результатов, применением статистических методов оценки погрешностей при обработке экспериментальных данных. Результаты работы изложены в статьях, которые прошли экспертизу перед опубликованием в рецензируемых научных журналах.

Материалы диссертации прошли достаточно широкую апробацию. По теме диссертации опубликованы 12 научных работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 8 статей в материалах международных и республиканских конференций, получен 1 малый патент Республики Таджикистан.

Оригинальность содержания диссертации составляет **85,5%** от общего объёма текста; цитирование оформлено корректно; заимствованного материала, использованного в диссертации без ссылки на автора, либо источников заимствования не обнаружено; научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов, не выявлено.

Диссертационная работа Мухаббатова Х.К. выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. Исследования проведены с применением современных методов физико-химического анализа и приборов. Выдвинутые в ней положения научно обоснованы и доказаны. Выводы сформированы логично и обобщают результаты проведенных исследований.

**Ведущая организация** рекомендует использовать результаты диссертационной работы предприятиям электротехнической

промышленности и высшим учебным заведениям Министерство образования и науки Республики Таджикистан, а также стран СНГ.

Несмотря на очевидные достижения, работа не лишена недостатков, к числу, которых можно отнести:

1. Автором построены диаграммы фазового равновесия систем Al–Zr–Ca (Sr, Ba) определены границы фазовых областей и изотермы совместной растворимости циркония и щелочноземельных металлов в алюминии. Это большой успех. Однако не построены проекции поверхностей ликвидусов указанных систем. Такая информация значительно украсило бы работу.

2. В третьей главе работы автор приводит результаты коррозионно-электрохимического исследования алюминиевых сплавов с цирконием и щелочноземельными металлами. Однако при комментировании влияния легирующих добавок на электрохимические свойства сплавов недостаточно полно использует ими же построенными фазовыми диаграммами систем Al–Zr–Ca (Sr, Ba).

3. В работе не проведены сравнение полученных коррозионно-электрохимических параметров исследованных сплавов с результатами других авторов и нет данные об их погрешности.

4. В тексте автореферата на страницах 4; 8; 16; 21 и в диссертации на страницах 15; 27; 35; 48; 73 и т. д. встречаются стилистические и грамматические ошибки.

Отметим, что указанные замечания нисколько не снижают достоинства выполненного научного и полезного в практическом отношении исследования. Диссертация и автореферат написаны грамотно, оформлены аккуратно, материал автореферата и опубликованные работы вполне соответствуют содержанию диссертации.

Диссертационная работа соискателя соответствует паспорту специальности 2.6.17-материаловедение (технические науки), который отражает нижеследующие пункты:

2. Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах (глава 2 диссертационной работы, где изложены исследование и построение диаграмм фазового равновесия систем Al-Zr-Ca (Sr, Ba), 2.1-2.1.5).

6. Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий (разработан состав оптимального сплава сочетающего высокую коррозионную устойчивость с удовлетворительной пластичностью, прочностью и электропроводностью и разработка защищена малым патентом Республики Таджикистан).

10. Разработка способов повышения коррозионной стойкости металлических, неметаллических и композиционных материалов в различных условиях эксплуатации (глава 3 диссертационной работы - исследование коррозионного и электрохимического поведения и физико-механических свойств алюминиевых электротехнических низколегированных сплавов (3.4-3.7)).

16. Создание металлических, неметаллических и композиционных материалов, способных эксплуатироваться в экстремальных условиях: агрессивные среды, электрические и магнитные поля, повышенные температуры, механические нагрузки, вакуум и др (глава 3 диссертационной работы - исследование коррозионного и электрохимического поведения и физико-механических свойств алюминиевых электротехнических низколегированных сплавов (3.1-3.3))

На основании вышеизложенного материала можно заключить, что диссертационная работа Мухаббатова Х.К. представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, которая как по объёму, так и по содержанию, а также по значимости полученных научных результатов и

практической ценности, полностью отвечает требованиям высшей аттестационной комиссии, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Считаем, что автор диссертации заслуживает присуждения ему искомой учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17–Материаловедение (технические науки).

Диссертационная работа Мухаббатова Хамрохона Курбоновича на тему: «Физико-химические свойства алюминиевых электротехнических низколегированных сплавов» была заслушана и обсуждена на заседании кафедры «Физическая химия» химического факультета Таджикского национального университета. Протокол № 1 от 30 августа 2023 г.

Зав. кафедрой «Физической и коллоидной химии»  
Таджикского национального университета,  
кандидат химических наук, доцент



Давлатшоева Дж.А.

Кандидат химических наук, доцент кафедры  
физической и коллоидной химии  
Таджикского национального университета



Кудратова Л.Х.

Подписи заведующей кафедрой физической и коллоидной химии, к.х.н., доцента Давлатшоевой Дж.А. и к.х.н., доцента кафедры физической и коллоидной химии Кудратовой Л.Х.  
заверяю:

Начальник УК и СЧ Таджикского  
национального университета




Тавкиев Э.Ш.

734025, г. Душанбе, пр. Рудаки 17,  
химический факультет  
kfk1964@mail.ru