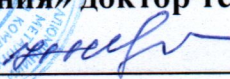


«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Государственного учреждения

**«Научно-исследовательский Институт
металлургии» открытого акционерного**

**общества «Таджикская алюминиевая
компания» доктор технических наук**


Наимов Н.А.

« 22 » июля 2026 г.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Савдуллоевой Салимы Савдуллоевны на тему: «Влияние лантана, церия и празеодима на физико-химические и механические свойства алюминиевого сплава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$ типа дюралюмин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Актуальность темы диссертации. В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к алюминиевым сплавам, которые все чаще применяются вместо традиционных материалов: стали, чугуна и других. Сегодня мировая потребность в алюминиевых сплавах превышает 15 млн м³, и этот показатель продолжает увеличиваться. Особенно важно отметить, что соотношение объемов производства стали и алюминия постепенно изменяется в пользу алюминия. Такая тенденция обусловлена его малой плотностью, высокой коррозионной стойкостью и технологичностью, что делает алюминиевые сплавы востребованными в машиностроении, авиации, автомобилестроении и строительстве.

Алюминиевые сплавы нашли широкое применение практически во всех сферах промышленности и народного хозяйства. Одним из ключевых направлений их использования является авиационная отрасль, где легкость и прочность материала играют решающую роль.

Значительные объемы алюминия потребляются также в машиностроении, электротехнической промышленности и автомобилестроении. Из него изготавливают детали, подвергающиеся высоким механическим нагрузкам, например, элементы шасси автомобилей, конструкции строительной техники и другие узлы.

К современным конструкционным материалам предъявляются повышенные требования, связанные с их надежностью, долговечностью, а также комплексом механических, физических и эксплуатационных характеристик. Уровень этих свойств и их стабильность во многом определяются составом сплавов, в частности содержанием легирующих элементов и примесей.

Именно оптимальное сочетание компонентов позволяет достигать баланса прочности, пластичности, коррозионной стойкости и технологичности, что делает материалы пригодными для использования в ответственных конструкциях различного назначения.

Алюминиевые сплавы, легированные магнием, относятся к числу наиболее перспективных конструкционных материалов благодаря сочетанию ряда ценных свойств. Они характеризуются малой плотностью ($2,0\text{--}2,4\text{ г/см}^3$), высоким модулем упругости ($140\text{--}220\text{ ГПа}$) и значительной прочностью ($450\text{--}600\text{ МПа}$). Такое сочетание параметров обеспечивает способность материала выдерживать значительные механические нагрузки, а также сопротивляться образованию и развитию надрезов.

Благодаря этим характеристикам алюминиевые сплавы широко применяются в авиационной промышленности, в самолетостроении, а также в других отраслях, где критически важны высокая прочность при минимальной массе. Их использование позволяет создавать надежные и легкие конструкции, что особенно актуально для транспортного машиностроения и судостроения.

Постоянное расширение сфер применения алюминиевых сплавов — в транспорте, строительстве, легкой и тяжелой промышленности, а также в

других областях техники — формирует необходимость разработки новых высокоэффективных материалов и технологических решений. Современные задачи требуют повышения прочностных характеристик, термостабильности, надёжности и долговечности конструкций, что возможно лишь при создании усовершенствованных сплавов и внедрении инновационных методов их обработки.

Таким образом, совершенствование технологий производства алюминиевых сплавов является актуальным направлением, обеспечивающим соответствие материалов возрастающим требованиям промышленности и техники.

В данной работе рассматривается влияние малых добавок редкоземельных элементов — лантана, церия и празеодима — на комплекс свойств дюралюминиевого сплава состава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$. Исходный материал был легировано указанными металлами в ограниченных количествах, после чего проведено исследование изменений его характеристик.

Особое внимание уделялось механическим свойствам, коррозионной стойкости при воздействии повышенных температур, а также поведению сплава в агрессивной среде водного раствора хлорида натрия. Полученные результаты позволяют оценить перспективность применения редкоземельных добавок для повышения эксплуатационных показателей алюминиевых сплавов данного типа.

Анализ доступной литературы по влиянию редкоземельных элементов показал отсутствие сведений о воздействии этих добавок на физико-химические и механические характеристики дюралюминиевого сплава состава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$. Таким образом, данное направление исследований можно считать малоизученным и перспективным.

Проведение подобных экспериментов позволит расширить представления о закономерностях изменения свойств алюминиевых сплавов при введении редкоземельных компонентов, а также создать материалы с

улучшенными эксплуатационными характеристиками-повышенной прочностью, коррозионной стойкостью и термостабильностью. Полученные результаты будут иметь не только научное значение, но и практическую ценность, способствуя развитию металлургической и машиностроительной отрасли Республики Таджикистан.

Основной задачей настоящей работы являлось экспериментальное изучение изменений микроструктуры исходного сплава $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ при легировании малыми добавками редкоземельных металлов (лантан, церий, празеодим). В рамках исследования проводилось определение тепловых и термодинамических характеристик алюминиевого сплава, анализ кинетики его высокотемпературного окисления, а также оценка коррозионно-электрохимического поведения в растворах хлорида натрия различной концентрации.

Полученные результаты позволяют выявить влияние редкоземельных добавок на комплекс эксплуатационных свойств материала и определить перспективные направления его применения в условиях повышенных нагрузок и агрессивных сред.

Цель работы: синтез новых коррозионностойких сплавов на основе алюминиевого сплава $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин путем легирования редкоземельными металлами La, Ce и Pr и исследование их влияния на структуру и свойства материала.

Основное содержание работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав и приложений и представлена на 162 страницах компьютерного набора, включающего 67 рисунков, 54 таблицы, 109 источников литературы.

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 аналитический обзор литературы по теме исследования. Описаны область применения и свойства алюминиевых

сплавов и их теплофизические свойства; особенности окисления и коррозионно-электрохимического поведения алюминиевого сплава в различных средах. На основе выполненного обзора отмечено, что теплофизические свойства отдельных групп сплавов хорошо изучены. Имеются сведения о влиянии температуры и легирующих металлов на их тепловые и теплофизические свойства. Однако в литературе отсутствует информация о термодинамических, кинетических и анодных характеристиках алюминиевого сплава $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин с лантаном, церием и празеодимом.

Во второй главе представлены материалы и методики исследования физико-химических и механических свойств алюминиевого сплава $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин с лантаном, церием и празеодимом. В частности, описан метод металлографии для проведения микроструктурного анализа сплавов; метод Бринелля для определения твёрдости металлов; метод исследования теплоёмкости сплавов в режиме «охлаждения» с использованием автоматической регистрации температуры образца от времени охлаждения; метод термогравиметрии для изучения кинетики процесса окисления металлов и сплавов; рентгенофазовый анализ продуктов окислений сплавов и потенциостатический метод для изучения анодных свойств сплавов.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию кинетики окисления алюминиевого сплава $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин с лантаном, церием и празеодимом.

В четвертой главе представлены результаты потенциостатического исследования алюминиевого сплава $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин с лантаном, церием и празеодимом в среде раствора NaCl .

Диссертация завершается общими выводами, списком использованной литературы и приложениями.

В заключение изложены основные выводы по результатам научной работы, свидетельствующие о решении исследовательских задач перед

соискателем. Окончательные выводы диссертации, в целом, верны и соответствуют полученным результатам и их анализу.

Научная новизна исследований.

- методом металлографии показано, что добавки лантана, церия и празеодима, до 1,0 мас. % значительно измельчают структурные составляющие алюминиевого сплава $\text{AlMg}_{5.5}\text{Li}_{2.1}\text{Zr}_{0.15}$ типа дюралюмин; стандартными методами измерения (метод Бринелля) твёрдости металлов показано, что добавки до 1,0 мас. % редкоземельных металлов (La, Ce, Pr) снижает твёрдость и прочность алюминиевого сплава $\text{AlMg}_{5.5}\text{Li}_{2.1}\text{Zr}_{0.15}$ типа дюралюмин;

- установлены основные закономерности изменений теплоёмкости и термодинамических функций (энтальпия, энтропия и энергия Гиббса) алюминиевого сплава $\text{AlMg}_{5.5}\text{Li}_{2.1}\text{Zr}_{0.15}$ типа дюралюмин в зависимости от количества легирующего элемента. Показано, что с ростом температуры и повышением концентрации лантана, церия и празеодима, теплоёмкость, энтальпия и энтропия увеличиваются, а значение энергии Гиббса исходного сплава уменьшается;

- методом термогравиметрии показано, что с ростом температуры и содержания лантана, церия и празеодима в сплаве $\text{AlMg}_{5.5}\text{Li}_{2.1}\text{Zr}_{0.15}$ типа дюралюмин скорость окисления сплавов незначительно увеличивается. Установлены закономерности изменения кинетических и энергетических характеристик процесса окисления сплавов, в твёрдом состоянии, в воздушной среде;

- методом рентгенофазового анализа определено, что при окислении исследованных сплавов образуются простые оксиды и оксиды типа шпинелей MgAl_2O_4 ; Li_2O ; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$; Al_2O_3 ; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$; ZrO_2 ; MgAl_2O_4 ; $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}$ (a) $(\text{Mg}_{0.75}\text{Al}_{0.25})(\text{Al}_{0.875}\text{Mg}_{0.125})_2\text{O}_4$; $\text{Zr}_{0.952}\text{O}_2$; $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}$; $(\text{Mg}_{0.64}\text{Al}_{0.36})(\text{Al}_{0.82}\text{Mg}_{0.18})_2\text{O}_4$; Al_2MgO_4 ; $\text{La}_{1.52}\text{Al}_{1.68}\text{O}_{4.04}$; Zr_3O , $(\text{Mg}_{0.68}\text{Al}_{0.32})(\text{Al}_{0.84}\text{Mg}_{0.16})_2\text{O}_4$; MgAl_2O_4 ; LiAl_5O_8 ; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$;

CeO_2 ; $\text{Zr O}_{1.97}$, MgAl_2O_4 ; $\text{Zr}_{0.875}\text{Mg}_{0.125} \text{O}_{1.875}$; $\text{Zr}_{0.932}\text{O}_2$; $\text{Pr}_{0.53}\text{Al}_{11} \text{O}_{16.96}$; Zr_2O_3 ; MgO ; $\text{Pr}_{0.55}\text{Al}_{10.92} \text{O}_{16.86}$; $\text{Pr}_{12}\text{O}_{22}$;

- установлена роль легирующих элементов в формировании фазового состава продуктов окисления сплавов и механизме процесса их окисления;

- потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме (скорость развёртки потенциала 2мВ/с) показано, что добавки (0.01-1.0 мас.%) лантана, церия и празеодима на 20-28% повышают коррозионную стойкость алюминиевого сплава $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин. Установлены закономерности изменения основных коррозионно-электрохимических характеристик (потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации) сплавов от концентрации легирующих компонентов и хлорид-иона в электролите NaCl .

Практическая значимость работы.

На основе выполненных экспериментальных исследований установлены оптимальные концентрации лантана, церия и празеодима в алюминиевом сплаве $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин, повышающих его коррозионную стойкость.

В целом на основе проведенных исследований отдельные составы алюминиевого сплава $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин с РЗМ защищены малыми патентами Республики Таджикистан, Патент РТ ТД №1678. «Алюминиевый сплав типа дюралюмин», от 20.02.2026г.

Публикация результатов диссертации

По результатам исследований опубликовано 24 научных работ, из них 11 в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и образования Российской Федерации, 13 в материалах конференции. Получен 1 малый патент Республики Таджикистан ТД №1678 и на основе этого патента автором получен акт опытно-промышленного испытания сплавов в ГУП «Коргохи машинасози». Рекомендации по практическому использованию результатов.

Рекомендации по практическому использованию результатов работы:

Разработанные новые алюминиевые сплавы $\text{AlMg5.5Li2.1Zr0.15}$ типа дюралюмин рекомендуются для использования в авиационной и автомобильной промышленности, электротехнике, а также в производстве бытовой техники при разработке методов и технологий получения новых перспективных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами. Сплавы прошли опытное испытание на предприятии «Коргохи машинасози» (г. Душанбе).

По результатам анализа диссертации выявлены следующие замечания и пожелания:

1. Автор проводит коррозионные испытания в растворах NaCl трех концентраций: 0.03 %, 0.3% и 3%. В работе отсутствует четкое обоснование, почему выбраны именно эти концентрации.
2. В тексте диссертации и автореферата присутствует терминологическая неточность при описании объектов исследования. Автор регулярно употребляет фразу «сплав с добавками La, Ce и Pr», хотя в экспериментальной части речь идет о параллельном изучении трех самостоятельных рядов сплавов, каждый из которых легирован только одним из этих металлов. Целесообразно было четко разграничивать данные системы в тексте во избежание путаницы.
3. В работе отмечается некоторая избыточность при демонстрации экспериментального материала: ряд результатов исследований одновременно продублирован как в табличной форме, так и в виде графических зависимостей (например, таблица 2.1 и рисунок 2.7). Автор мог ограничиться только одним способом визуализации данных.
4. В работе очень мало внимания уделено технологии получения сплавов: как именно автор плавил этот сложный многокомпонентный сплав?
5. В диссертации не представлены результаты химического анализа состава полученных сплавов.

6. Для обоснования применения новых сплавов в авиации и машиностроении (о чем заявляется в актуальности) необходимы прямые испытания на растяжение, пластичность (относительное удлинение) и ударную вязкость, чего автор не делал.

Следует отметить, что данные замечания не умаляют достаточно высокий уровень диссертационной работы. Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы и некоторые из них имеют рекомендательный характер и являются напутствием на дальнейшее исследование в данном направлении.

Диссертация Савдуллоевой Салимы Савдуллоевны представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Основное содержание диссертации отражены в авторских публикациях и изложено в автореферате.

Основные выводы работы являются обоснованными, а исследования выполнены с применением современных экспериментальных и вычислительных методов.

Заключение

Диссертация Савдуллоевой Салимы Савдуллоевны является завершенной научно-исследовательской работой. На основе проведенных соискателем экспериментальных исследований решена важная научная проблема в области материаловедения, связанная с повышением характеристик алюминиевого сплава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$ типа дюралюмин с лантаном, церием и празеодимом. В работе решена важная задача, установлена температурная зависимость термодинамических, кинетических и анодных свойств алюминиевого сплава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$ типа дюралюмин с лантаном, церием и празеодимом. Эти результаты могут быть использованы для нужд отраслей электротехнической промышленности.

Таким образом, диссертационная работа Савдуллоевой Салимы Савдуллоевны на тему: «Влияние лантана, церия и празеодима на физико-химические и механические свойства алюминиевого сплава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$ типа дюралюмин», по актуальности, объему,

содержанию, научной новизне, практической значимости и апробации полученных данных полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а её автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Отзыв обсужден и подтвержден на заседании Научно-технического совета Государственного учреждения «Научно-исследовательский Институт металлургии» открытого акционерного общества «Таджикская алюминиевая компания», протокол № 10 от «14» июля 2026 года.

Председатель, заседания

Директор ГУ «НИИМ»

ОАО «ТАЛКО», д.т.н



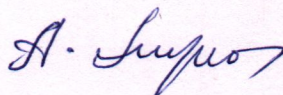
Наимов Н.А.

Эксперт:

Заместитель директора по научной работе

ГУ «НИИМ»

ОАО «ТАЛКО», д.т.н



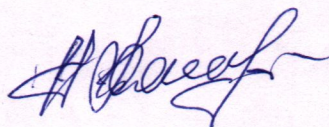
Муродиён А.Ш.

Секретарь заседания:

Учёный секретарь

ГУ «НИИМ»

ОАО «ТАЛКО», к.т.н



Хамроев Н.Х.

Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Хакимзода, 17

E-mail: E-mail: inmet.talco@mail.ru Тел.: (+992) 37 224-26-20, 44 600-39-01

Подлинность подписей д.т.н Наимова Н.А., д.т.н Муродиён А.Ш., к.т.н Хамроева Н.Х.

Заверяю:

Заведующий сектором Научно-технического сотрудничества и учёта кадров

ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО»



Шарипов З.Х.