

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Норовой Муаттар Турдиевны на тему: «Физико-химические свойства промышленных алюминиево-магниевого сплавов с щелочноземельными и редкоземельными металлами», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).**

Отзыв составлен на основании решения диссертационного совета 73.1.002.02 при ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана».

Представленная на оппонирование диссертационная работа изложена на 276 страницах компьютерного набора, состоит из введения, четырёх глав, заключения, общих выводов, 107 иллюстрированных рисунков, 87 таблиц и списка использованной литературы из 231 наименований и приложения.

Рассмотрение диссертационной работы, автореферата и опубликованных работ по теме диссертации Норовой Муаттар Турдиевны позволяет установить следующее:

### **Актуальность темы диссертационного исследования.**

Диссертационная работа Норовой М.Т. посвящена синтезу и изучению физико-химических свойств промышленных алюминиево-магниевого сплавов с щелочноземельными и редкоземельными металлами. В этом плане перспективен путь дальнейшего повышения физико-химических свойств, технологических и эксплуатационных характеристик за счёт легирования алюминиевых сплавов металлами, малорастворимыми в твёрдом алюминии, но образующими с алюминием различные химические соединения. Выбор легирующих компонентов пал на щелочноземельные металлы (ЩЗМ) и редкоземельные металлы (РЗМ).

Отличительной особенностью алюминиевых сплавов является удачное сочетание целого комплекса различных свойств, т.е. лёгкости, прочности, коррозионной стойкости, электро- и теплопроводности, хорошей свариваемости и обрабатываемости, что, в целом позволяет их широко

применять во всех отраслях машиностроения, судостроения, автомобилестроения. Разработка новых составов алюминиевых сплавов, обладающих особыми физико-химическими свойствами, повышенным уровнем механических и эксплуатационных свойств является одним из важнейших направлений развития машиностроения, авиа- и космической техники. В связи с этим поиск новых инновационных методов повышения физических, механических и эксплуатационных свойств алюминиевых сплавов является актуальной научно-технической задачей.

Рассматриваемые в работе сплавы системы Al-Mg находят своё применение в качестве элементов летательных аппаратов, использование которых достаточно перспективно в авиаракетной и ядерной технике. Высокая удельная прочность изучаемых в работе сплавов позволяет их применять в аэрокосмической отрасли.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Обоснованность полученных оригинальных результатов Норовой Муаттар Турдиевны высока и подтверждается большим объёмом использованного материала, анализом имеющейся по данной тематике литературы, применением надёжных и хорошо апробированных методик физико-химических исследований, конкретностью выводов, личным участием в экспериментальных исследованиях.

Выполненная экспериментально-теоретическая работа дает возможность применять результаты исследований в курсе лекций по современному материаловедению (теплофизики, электрохимии, кинетики высокотемпературного окисления алюминий-магниевого промышленного сплава), вносит важный вклад в теорию авиационного материаловедения.

Полученные в диссертационной работе данные по физико-химическим свойствам легированных алюминий-магниевого промышленного сплава внесут свой вклад, пополнив банк термодинамических, электрохимических и теплофизических величин новыми данными.

Работа Норовой М.Т. имеет большой экспериментальный объём, представленные диссертантом выводы логичны и объективно отражают содержание представленной к защите работы.

#### **Достоверность и новизна, полученных результатов.**

Достоверность результатов работы диссертанта подтверждается использованием современных физических, физико-химических методов исследования таких, как: атомно-эмиссионный спектральный анализ (с многоканальной оптической регистрирующей системой), ИК-спектроскопия (на спектрофотометре UR-20 в области частот  $400-4000\text{см}^{-1}$ ), рентгенофазовый анализ (на установке ДРОН-3), металлографический анализ (на сканирующем микроскопе SEM AIS 2100, микроскопе Neophot 31), метод исследования теплоёмкости сплавов в режиме «охлаждения» с использованием автоматической регистрации температуры образца от времени охлаждения; термогравиметрический метод изучения кинетики окисления сплавов (с помощью печи Таммана); потенциостатический метод исследования сплавов (с помощью импульсного потенциостата ПИ 50-1.1).

В диссертационной работе Норовой М.Т. имеются следующие научные результаты:

- установлены закономерностей изменений теплоёмкости, коэффициента теплоотдачи промышленных алюминиево-магниевых сплавов с РЗМ (Sc, Y, Ce, La, Pr, Nd) в зависимости от температуры и состава сплавов;
- показано, что фазовые превращения и переходы в сплавах в пределах исследованных температур не наблюдаются;
- установлено, для исследуемых в работе сплавов характерно увеличение теплоёмкости с ростом температуры независимо от их состава;
- выявлено, что при увеличении концентрации РЗМ в алюминиево-магниевых сплавах, величина теплоёмкости уменьшается;
- показано, что величины энтальпии и энтропии сплавов при переходе от исходных промышленных алюминиево-магниевых сплавов к сплавам с РЗМ уменьшаются, а величина энергии Гиббса от сплавов со скандием к неодиму увеличивается.

-выявлены закономерности изменения кинетических и энергетических характеристик и механизм процесса высокотемпературного окисления промышленных алюминиево-магниевых сплавов АМг0.2, АМг2, АМг3, АМг4, АМг6 с ЩЗМ и РЗМ, в твёрдом состоянии. Установлено преимущество легирования редкоземельными металлами по сравнению с ЩЗМ;

-определена роль легирующих элементов в формировании продуктов окисления сплавов и их защитной способности, которые при небольших концентрациях участвуют в образовании защитной оксидной пленки;

-определена степень влияния легирующих элементов (ЩЗМ и РЗМ) на электрохимические свойства промышленных алюминиево-магниевых сплавов, содержащих от 0.2 до 6.0 мас.% магния.

Научная новизна диссертационной работы Норовой Муаттар Турдиевны заключается в синтезе и микроструктурном анализе сплавов тройных систем Al-ЩЗМ-Mg и Al-Mg-РЗМ; установлении температурной зависимости теплоёмкости и изменений их термодинамических функций, коэффициента теплоотдачи данных сплавов в зависимости от температуры и состава; исследовании кинетики окисления промышленных алюминиево-магниевых сплавов, легированных щелочноземельными и редкоземельными металлами, термодинамических функций (энтальпии, энтропии, энергии Гиббса) алюминиево-магниевых сплавов с ЩЗМ и РЗМ; установлении перспективности легирования сплавов до 0.5 мас.% ЩЗМ (Ca, Sr, Ba) и РЗМ (Sc, Y, Ce, La, Pr, Nd).

Анализ содержания представленной работы даёт основание заключить, что диссертационная работа Норовой М.Т. выполнена на высоком научном уровне. Представленные в работе выводы научно обоснованы, в полном объёме отражают результаты проведенных исследований и являются логическим завершением полученного экспериментального материала.

**Вклад автора.** Непосредственное участие автора состоит в анализе литературных данных, в подготовке и проведении экспериментальных

исследований в лабораторных условиях, анализе и обобщении полученных результатов, в формулировке основных положений и выводов диссертации.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов.**

Диссертационная работа Норовой М.Т. имеет как практическую, так и теоретическую значимость. Разработанные новые составы материалов на основе алюминиево-магниевых сплавов с добавкой ЩЗМ и РЗМ позволяют использовать их в качестве коррозионностойкого материала в различных отраслях техники, в частности, в машиностроении. Установленные оптимальные составы легированных РЗМ и ЩЗМ промышленных алюминиево-магниевых сплавов АМг0.2, АМг2, АМг3, АМг6, которые защищены пятью малыми патентами Республики Таджикистан, один из которых (Малый патент РТ № ТЈ 212) внедрён диссертантом (в соавторстве) на ГУКП «Троллейбус» в качестве токосъёмных вставок для троллейбусных линий.

Теоретическая значимость работы Норовой М.Т. заключается в получении результатов по физико-химическим свойствам, кинетики окисления синтезированных сплавов в качестве справочного материала, что позволяет использовать данный материал при чтении лекций по физическому материаловедению.

### **Оценка содержания диссертации, её завершенность.**

#### **Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации.**

Содержание диссертации включает введение, четыре главы, заключение, основные выводы и список использованной литературы, приложение (акт внедрения, 5 малых патентов Республики Таджикистан).

Во введении изложены актуальность данной работы, раскрыта цель диссертационной работы, постановка задач исследования, основные проблемы исследования, научная новизна и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, представлена структура диссертации.

**В первой главе** дана характеристика алюминиево-магниевым сплавам и область их применения, приведены сведения о теплофизических свойствах алюминия, магния, ЦЗМ и РЗМ; представлен анализ литературных данных по вопросам окисления сплавов систем Al-ЦЗМ, Al-РЗМ и электрохимического поведения данных сплавов. На основе выполненного обзора показана перспективность изучения промышленных алюминиево-магниевых сплавов АМг0.2, АМг2, АМг3, АМг6, легированных ЦЗМ и РЗМ, их дальнейшее применение в металлургии, машиностроении, авиации и т.д.

**Вторая глава** посвящена исследованию температурной зависимости теплоёмкости промышленных алюминиево-магниевых сплавов с металлами группы лантаноидов, их микроструктуры; в главе описаны методики измерения теплоёмкости, показано влияние лантаноидов (Sc, Y, Ce, La, Pr и Nd) на температурную зависимость теплоёмкости и изменений термодинамических функций алюминиево-магниевых сплавов.

В заключение второй главы представлен анализ полученных результатов исследований теплоёмкости, энтальпии, энтропии и энергии Гиббса промышленных алюминиево-магниевых сплавов АМг0.2, АМг2, АМг3, АМг6, легированных редкоземельными металлами.

**В третьей главе** описана методика изучения кинетики процессов окисления промышленных алюминиево-магниевых сплавов, легированных небольшими добавками ЦЗМ и РЗМ, приведены кинетические кривые окисления сплавов систем Al-Mg-ЦЗМ и Al-Mg-РЗМ при различных температурах (623, 673 и 723 К), показана математическая обработка (полиномы квадратичных кривых окисления сплавов АМг с ЦЗМ и РЗМ), представлен фазовый состав дифрактограммы и ИК-спектры продуктов окисления сплавов серии АМг с ЦЗМ и РЗМ; показана графические зависимости изменения удельного веса и эффективной энергии от состава для сплавов рассматриваемых тройных систем. В завершении третьей главы обобщены результаты исследований кинетики окисления исследуемых сплавов, представлены графические зависимости изменения средней

скорости окисления алюминий-магниевых сплавов, содержащих по 0.5 масс.% РЗМ, от порядкового номера легирующего компонента.

**В четвертой главе** приведена методика изучения электрохимических свойств промышленных алюминиево-магниевых сплавов и экспериментальные данные по результатам электрохимического исследования, представлены графические зависимости потенциала свободной коррозии от времени, анодные поляризационные кривые промышленных алюминиево-магниевых сплавов, легированных ШЗМ и РЗМ, в среде электролита хлористого натрия различной концентрации; изучено влияние некоторых лантаноидов на коррозионно-электрохимическое поведение промышленных сплавов АМг2, АМг3 и АМг6; показана зависимость скорости коррозии данных сплавов от концентрации РЗМ (Sc, Y, La, Ce, Pr и Nd) в растворе NaCl. В заключении главы представлена попытка объяснить механизм коррозии, дан анализ кривых зависимости экспериментально полученных электрохимических параметров от присутствия легирующего элемента, показано влияние pH на процесс коррозии сплава АМг0.2, легированного скандием.

В целом, ознакомление с диссертацией оставляет благоприятное впечатление, но вместе с тем имеются *некоторые недостатки и пожелания*:

1. *в первой главе* (стр.51, 52) используются базовые данные по РЗМ, поэтому необходимо указать ссылку на использованную литературу представленных графиков рис.1.17 и 1.18 и другие;
2. *во второй главе* рис.2.5 схема установки приведён, но не показано назначение цифры соответственно, также на рис.2.12, и 2.13 одна линия, но там должен быть 6 линий;
3. *в четвертой главе* некорректно описана методика проведения электрохимических исследований, цитирую: торцовую часть защищали наждачной бумагой, полировали и промывали в 10%-ом растворе NaOH - в таком случае это травление, а промывают как правило дисциплированной водой, завершающей стадией обезжиривают спиртом или ацетоном;
4. методика проведения электрохимических исследований показана графически в виде полной поляризационной кривой, но в таком случае

должны быть значения начала пассивации, потенциала пробоя (питтингообразования) после катодной обработки и, наконец, как разница этих значений должна быть определена пассивная область, т.е. как минимум три характеристики, но их нет, тогда вопрос, зачем показывать полную поляризационную кривую?

5. стр.183 «основные показатели коррозии – это плотность тока коррозии и скорость коррозии», по сути это одна и та же характеристика, отличающаяся лишь коэффициентом (k), поэтому достаточно было привести лишь скорость коррозии;
6. стр.199 на мой взгляд не корректное название таблицы 4.11 «Сравнение величин Е<sub>по</sub> сплава АМг0,2 и АМг0,2 с добавками Sc, Y и La в растворе 3%-го NaCl». Скорее это «Влияние концентрации легирующих компонентов на промышленный сплав АМг0.2». Здесь же подрисовочная подпись рисунка 4.7 «Зависимость потенциала питтингообразований» также не корректна, т.к. на рисунке представлена анодная поляризационная кривая, на которой кроме Е<sub>по</sub>, можно и нужно было определить еще две характеристики – потенциал начала пассивации и пассивную область, дающую ценную информацию в объяснении электрохимического поведения сплавов.
7. по тексту диссертации, где указана среда, необходимо писать «раствор», поскольку коррозия может быть и в «расплаве».

Перечисленные выше замечания не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационной работы Норовой М.Т.

Анализ содержания работы позволяет заключить, что диссертационная работа Норовой М.Т. является завершенным научным исследованием. Результаты работы доложены и обсуждены на многочисленных научных конференциях различного уровня.

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 58 научных работ, в том числе 2 монографии, 16 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, в материалах 35 международных и республиканских конференций, получено 5 малых патентов Республики Таджикистан.



**Соответствие автореферата основному содержанию диссертации.**  
Автореферат Норовой М.Т. полностью соответствует основному содержанию выполненной ею диссертационной работы.

**Соответствие диссертации и автореферата требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней.**

Диссертация и автореферат Норовой М.Т. полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, системе стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу, структуре и правилам оформления. М.: Стандартинформ. – 2012.

### **Заключение.**

**Диссертационная работа Норовой Муаттар Турдиевны** на тему: «Физико-химические свойства промышленных алюминиево-магниевых сплавов с щелочноземельными и редкоземельными металлами» является завершённой научно-квалификационной работой, которая содержит решение задачи, имеющей важное практическое и теоретическое значение. Показано, что синтезированные промышленные алюминиево-магниево-сплавы, легированные щелочноземельными и редкоземельными металлами являются перспективным коррозионностойким материалом, который может быть рекомендован в качестве электротехнического материала (в том числе в качестве токосъёмных вставок для троллейбусных линий).

На основе выполненных научных исследований диссертантом разработаны составы новых алюминиевых сплавов, которые защищены 5 малыми патентами Республики Таджикистан, актом внедрения токосъёмных вставок для троллейбусов (от 14.05.2008г., в результате которого срок службы увеличился в 1.5 раза), что подчёркивает практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационная работа Норовой М.Т. соответствует пункту 10 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации за № 842 от 24 сентября 2013г.

Основные научные результаты диссертационной работы Норовой М.Т. опубликованы в рецензируемых научных изданиях, что соответствует требованиям п.11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

В диссертационной работе фактов заимствования не выявлено, ссылки оформлены в соответствии с критериями, указанными в п.14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

**Диссертационная работа Норовой Муаттар Турдиевны «Физико-химические свойства промышленных алюминиево-магниевого сплавов с щелочноземельными и редкоземельными металлами»** выполнена на высоком научном уровне и по актуальности, объёму выполненных исследований, новизне и практической значимости соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации за № 842 от 24.09.2013г., а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

**Официальный оппонент:**

Тошходжаев Хаким Азимович,  
доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры электроники  
ГОУ «ХГУ имени академика Б. Гафурова»  
735700, Республика Таджикистан, г. Худжанд,  
проезд Мавлонбекова, 1, главный корпус  
Телефон: 6-52-73, 6-47-39; факс: 6-75-18;  
E-mail rector@hgu.tj



Х.А.Тошходжаев

12.10.2022

Подпись д.ф.-м.н., профессора Тошходжаева Х.А. заверяю:

Начальник ОК и СР  
ГОУ «ХГУ имени академика Б. Гафурова»  
10 октября 2022 года

Э. Наврузов

**Контактные данные:**

735700, Республика Таджикистан,  
г. Худжанд, 12 микрайон, дом 150, кв.43.  
Телефон: +(992) 987 01 13 13  
e-mail: mr.toshkhodzhaev@mail.ru



12.10.2022