

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Курбоновой Мукадас Завайдовны на тему: «Физико-химические свойства модельного алюминиевого сплава $AlBe1$ с щелочными металлами, элементами II группы, титаном, ванадием и ниобием», представленную на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.4 – **Физическая химия (химические науки)**

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа Курбоновой Мукадас Завайдовны посвящена комплексному исследованию физико-химических свойств модельного алюминиево-бериллиевого сплава $AlBe1$, легированного щелочными металлами, элементами II группы, а также переходными металлами — титаном, ванадием и ниобием. Исследование направлено на выявление закономерностей изменения теплофизических, термодинамических, кинетических и электрохимических характеристик сплава в зависимости от природы и содержания легирующих компонентов.

Актуальность выполненного исследования определяется современными тенденциями развития физической химии и материаловедения, ориентированными на создание новых конструкционных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками. В последние годы существенно возросла потребность в легких и высокопрочных материалах, способных сохранять стабильность свойств в условиях повышенных температур, воздействия агрессивных сред и значительных механических нагрузок. Такие материалы находят широкое применение в авиационной и космической технике, атомной энергетике, транспортном машиностроении, электронной промышленности и других высокотехнологичных областях.

Особое внимание в этом направлении уделяется разработке алюминиевых сплавов нового поколения, сочетающих низкую плотность, высокую удельную прочность, термическую стабильность, коррозионную стойкость и оптимальные теплофизические характеристики. Среди перспективных материалов данного класса особое место занимают

алюминиево-бериллиевые сплавы, которые благодаря уникальному сочетанию малой массы, высокой жесткости и хороших эксплуатационных свойств представляют значительный интерес для современной промышленности.

В связи с этим изучение закономерностей изменения физико-химических свойств модельного сплава AlBe1 при введении различных легирующих элементов является актуальной задачей физической химии, поскольку позволяет установить взаимосвязь между составом, структурными особенностями и эксплуатационными характеристиками материала, а также создать научные основы для разработки новых перспективных конструкционных сплавов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, не вызывает сомнений. Цель исследования сформулирована четко и последовательно реализована посредством решения комплекса взаимосвязанных научных задач.

Методологическая основа исследования соответствует современному уровню развития физической химии и материаловедения. Для решения поставленных задач автором использован комплекс взаимодополняющих экспериментальных и расчетных методов, позволяющих всесторонне оценить влияние легирующих элементов на теплофизические, термодинамические, кинетические и электрохимические свойства модельного алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1.

Экспериментальные исследования выполнены с соблюдением необходимых требований к воспроизводимости результатов. Полученные экспериментальные данные систематизированы, обработаны с использованием общепринятых методов анализа и сопоставлены с результатами исследований отечественных и зарубежных авторов. Это обеспечивает высокую степень достоверности представленных результатов и обоснованность сформулированных научных выводов.

Следует отметить, что автором проведен значительный объем экспериментальных исследований, охватывающих широкий диапазон температур и концентраций легирующих элементов. Такой подход позволил установить общие закономерности изменения физико-химических характеристик исследуемых сплавов и выявить особенности влияния отдельных легирующих компонентов на их эксплуатационные свойства.

Основные положения, выносимые на защиту, логически вытекают из представленных экспериментальных данных, имеют достаточное теоретическое и экспериментальное обоснование и согласуются с современными представлениями физической химии металлических систем.

Научная новизна исследования. Научная новизна диссертационной работы заключается в получении комплекса новых экспериментальных и расчетных результатов, существенно расширяющих современные представления о физико-химических свойствах алюминиево-бериллиевых сплавов.

К наиболее значимым научным результатам относятся следующие.

Впервые выполнено комплексное исследование влияния щелочных металлов, элементов II группы, а также титана, ванадия и ниобия на теплофизические свойства модельного алюминиево-бериллиевого сплава $AlBe1$. Установлены закономерности изменения теплоемкости и коэффициента теплоотдачи в зависимости от температуры, природы и содержания легирующих компонентов.

Экспериментально подтверждено отсутствие фазовых превращений и фазовых переходов в исследованных сплавах в пределах рассматриваемого температурного интервала, что свидетельствует об их высокой структурной стабильности при нагреве.

Впервые рассчитаны основные термодинамические функции исследуемых систем — энтальпия, энтропия и энергия Гиббса — в широком диапазоне температур и концентраций легирующих элементов. Полученные данные имеют самостоятельную научную ценность и могут использоваться

при термодинамическом моделировании многокомпонентных алюминиевых сплавов.

Установлено, что увеличение содержания исследуемых легирующих элементов сопровождается закономерным снижением теплоемкости сплава. Кроме того, показано, что при одинаковом содержании легирующей добавки характер изменения теплоемкости определяется химической природой вводимого элемента.

Определены кинетические особенности высокотемпературного окисления исследуемых алюминиево-бериллиевых сплавов. Установлено, что процесс протекает по линейно-параболическому и гиперболическому законам, отражающим последовательную смену кинетического и диффузионного механизмов взаимодействия материала с кислородом.

Выявлены особенности формирования защитных оксидных пленок при легировании различными элементами и показана их роль в повышении устойчивости сплавов к высокотемпературному окислению.

Получены новые данные об электрохимическом поведении исследуемых сплавов в растворах хлорида натрия различной концентрации. Установлены закономерности изменения потенциала коррозии, скорости коррозионных процессов и поляризационных характеристик в зависимости от природы легирующего элемента и его содержания.

Определена степень влияния исследуемых легирующих компонентов при концентрациях до 1,0 мас.% на коррозионную стойкость модельного алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1, что представляет практический интерес при выборе рациональных составов новых алюминиевых материалов.

Совокупность полученных результатов обладает существенной научной новизной, отличается комплексным характером исследований и представляет значительный вклад в развитие физико-химических представлений о процессах, протекающих в многокомпонентных алюминиево-бериллиевых сплавах.

Практическая значимость результатов исследования.

Практическая значимость диссертационной работы определяется возможностью использования полученных результатов при разработке новых алюминиево-бериллиевых сплавов с улучшенным комплексом физико-химических и эксплуатационных характеристик.

Проведенные исследования позволили установить влияние различных легирующих элементов на теплофизические, термодинамические, кинетические и электрохимические свойства модельного сплава AlBe1, что создает научную основу для целенаправленного выбора легирующих компонентов при создании перспективных конструкционных материалов.

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при проектировании алюминиевых сплавов, предназначенных для эксплуатации в условиях повышенных температур, воздействия агрессивных сред и значительных механических нагрузок.

Практическая ценность работы подтверждается тем, что результаты исследования нашли отражение в разработке новых составов алюминиево-бериллиевых сплавов, защищенных патентами Республики Таджикистан:

- Патент Республики Таджикистан № TJ1002 «Сплав на основе алюминия с бериллием» (01.03.2019 г.);
- Патент Республики Таджикистан № TJ1123 «Алюминиевый сплав с бериллием» (13.04.2020 г.);
- Патент Республики Таджикистан № TJ1276 «Сплав алюминия с бериллием» (04.02.2022 г.).

Практическая значимость полученных результатов подтверждается также их апробацией в производственных условиях, что свидетельствует о перспективности дальнейшего использования разработанных сплавов в промышленности.

Следует отметить, что полученные автором закономерности могут служить научной основой для дальнейших исследований в области создания новых алюминиевых сплавов с прогнозируемыми физико-химическими и эксплуатационными характеристиками.

Анализ содержания диссертации. Диссертация отличается четкой структурой и логической последовательностью изложения материала. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, общих выводов, списка использованной литературы и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, определены объект и предмет исследования, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, а также приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обстоятельный анализ отечественной и зарубежной научной литературы, посвященной современному состоянию исследований алюминиево-бериллиевых сплавов, особенностям их легирования и закономерностям изменения физико-химических свойств. Проведенный аналитический обзор подтверждает хорошее владение автором современным состоянием исследуемой проблемы и позволяет обосновать направления дальнейших исследований.

Во второй главе представлены результаты исследования теплофизических характеристик модельного сплава AlBe1 , а также приведены расчеты основных термодинамических функций исследуемых систем. Полученные результаты подробно проанализированы и обсуждены с учетом современных представлений физической химии металлических материалов.

Третья глава посвящена исследованию кинетики высокотемпературного окисления алюминиево-бериллиевых сплавов. На основании полученных экспериментальных данных установлены закономерности протекания процессов взаимодействия сплавов с кислородом, определены кинетические параметры окисления и выявлены особенности влияния различных легирующих элементов на скорость и механизм окислительных процессов. Автором проведен анализ кинетических закономерностей, позволивший установить последовательность стадий окисления и предложить физико-

химическую интерпретацию наблюдаемых процессов, связанных с формированием защитных оксидных слоев на поверхности сплавов.

Четвертая глава посвящена исследованию электрохимического поведения легированных алюминиево-бериллиевых сплавов в агрессивных средах. В данной главе представлены результаты изучения коррозионной устойчивости материалов в растворах хлорида натрия различной концентрации, проведен анализ электрохимических характеристик, определено влияние природы и содержания легирующих элементов на процессы анодного растворения и формирования защитных поверхностных пленок. Полученные результаты позволили установить закономерности изменения коррозионной стойкости исследуемых сплавов и оценить перспективность их практического применения.

В заключительной части диссертации сформулированы основные выводы, отражающие результаты проведенного комплексного исследования, а также приведены перспективные направления дальнейшего изучения алюминиево-бериллиевых сплавов.

В целом содержание диссертации отличается логической последовательностью, комплексностью подхода и взаимосвязью отдельных разделов исследования. Представленный экспериментальный материал характеризуется достаточной полнотой, сопровождается необходимыми таблицами, графиками и иллюстрациями, что позволяет объективно оценить достоверность полученных результатов.

Таким образом, содержание диссертационной работы полностью соответствует паспорту научной специальности **1.4.4 – Физическая химия (химические науки)** по пунктам **1, 2, 3 и 6**, а результаты исследования относятся к области физической химии и могут быть представлены к защите на соискание ученой степени доктора химических наук.

Замечания по диссертации. Высоко оценивая научный уровень выполненной работы, значительный объем экспериментальных исследований и полученные автором результаты, следует отметить, что, как и любое

фундаментальное исследование, диссертация содержит отдельные вопросы дискуссионного характера и направления для дальнейшего развития.

1. При исследовании теплофизических свойств легированных сплавов автором установлены закономерности изменения теплоемкости и коэффициента теплоотдачи в зависимости от природы и содержания легирующих элементов. Вместе с тем представляло бы интерес более подробно рассмотреть вклад электронного строения вводимых элементов, характера межатомного взаимодействия и особенностей формирования металлической матрицы в изменение теплофизических характеристик исследуемых сплавов.

2. При рассмотрении термодинамических характеристик системы AlBe1 –легирующий элемент приведены значения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Однако в дальнейшем исследовании было бы полезно провести более глубокий анализ взаимосвязи полученных термодинамических параметров с возможностью образования интерметаллических фаз и устойчивостью различных структурных состояний сплавов.

3. В разделе, посвященном высокотемпературному окислению, установлены кинетические закономерности процессов взаимодействия сплавов с кислородом. Вместе с тем представляло бы интерес более детальное изучение элементного и фазового состава формирующихся оксидных пленок с использованием современных физико-химических методов анализа, что позволило бы глубже раскрыть механизм защитного действия легирующих добавок.

4. При исследовании электрохимического поведения сплавов основное внимание уделено изменению коррозионных характеристик в растворах NaCl различной концентрации. Было бы полезно дополнительно рассмотреть влияние электрохимических параметров поверхности (состояния пассивной пленки, процессов анодного растворения и катодного восстановления) на механизм коррозионной устойчивости исследуемых материалов.

5. Полученные результаты свидетельствуют о сложном влиянии природы легирующих элементов на комплекс свойств сплава AlBe1. Вместе с тем дальнейшее развитие данной работы может быть связано с исследованием совместного влияния нескольких легирующих компонентов и установлением возможных синергетических эффектов при формировании структуры и эксплуатационных характеристик алюминиево-бериллиевых сплавов.

Высказанные замечания носят дискуссионный и рекомендательный характер, направлены на дальнейшее развитие исследований в данном научном направлении и не снижают высокой научной ценности выполненной диссертационной работы.

Заключение. Диссертационная работа Курбоновой Мукадас Завайдовны на тему «Физико-химические свойства модельного алюминиевого сплава AlBe1 с щелочными металлами, элементами II группы, титаном, ванадием и ниобием» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой на высоком научно-методическом уровне решена актуальная научная проблема, имеющая существенное значение для развития физической химии и современного материаловедения.

Полученные автором результаты характеризуются научной новизной, высокой степенью достоверности и внутренней логической завершенностью. Выводы диссертации являются обоснованными, подтверждаются значительным объемом экспериментальных исследований и согласуются с современными научными представлениями в области физической химии металлических систем.

Практическая значимость работы подтверждается возможностью использования полученных результатов при разработке новых алюминиево-бериллиевых сплавов с улучшенными эксплуатационными характеристиками, а также наличием патентов Республики Таджикистан и апробацией результатов исследования.

Основные положения диссертации в достаточной степени опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации, а также представлены на международных и республиканских научных конференциях.

По своему содержанию, актуальности, научной новизне, степени обоснованности полученных результатов, теоретической и практической значимости, полноте публикации результатов и уровню апробации диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Курбонова Мукадас Завайдовна, заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия (химические науки).

Официальный оппонент:

Курзина Ирина Александровна, доктор физико-математических наук, директор Центра исследований в области материалов и технологий ФГАОУ ВО «Национального исследовательского Томского государственного университета»

Адрес: 634050, РФ г. Томск, пр. Ленина, 36.

Рабочий телефон: 8 (3822) 529-665

E-mail: kurzina99@mail.ru

 /И.А. Курзина

«31» августа 2026 г.

ПОДПИСЬ

УДОСТОВЕРЯЮ

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ УС



 Т.Ю.ОСИПОВА