

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Хайрулло Амонулло (Махмадуллоева Хайрулло Амонулловича) «Свойства сплавов свинца с элементами II группы периодической таблицы и алюминия» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17 - материаловедение

### ***1. Соответствие диссертации специальностям и отраслям науки, по которым она представляется к защите***

В диссертационной работе Хайрулло Амонулло (Махмадуллоева Хайрулло Амонулловича) «Свойства сплавов свинца с элементами II группы периодической таблицы и алюминия» представлены экспериментальные и теоретические результаты по изучению характеристик сплавов свинца с элементами II группы периодической таблицы и алюминия. В работе содержится аргументированное обоснование целесообразности проведения исследования, включающего как проведение измерений, так и их теоретический анализ. Анализ работы показывает, что по методам получения исследуемых образцов, измерения параметров и модификации материалов внешними воздействиями (физические, химические и технические аспекты), а также использованному математическому аппарату она соответствует отрасли «технические науки» и паспорту специальности 2.6.17 – материаловедение.

### ***2. Актуальность темы диссертации***

Последние десятилетия развитие материаловедения ознаменовано интенсивным исследованием и разработкой новых методов получения материалов и структур, обладающих свойствами, которые способны повысить действенность систем в гидроэлектрометаллургии, гальванотехнике, аккумуляторном производстве, кабельной технике и радиационной защите. К таким материалам относятся, в том числе свинец и его сплавы, которые широко используются в качестве материала анода и защитной оболочки. Несмотря на ряд разработанных новых анодных материалов, свинец останется основным материалом для крупномасштабных электрохимических производств и кабельной техники.

Металлический свинец - очень хорошая защита от всех видов радиоактивного излучения и рентгеновских лучей. Свинец задерживает рентгеновские лучи и предохраняет организм от их губительного действия, защищает от радиоактивного излучения и стекло, содержащее окислы свинца. При воздействии воздуха, воды и различных кислот свинец проявляет большую устойчивость. Это свойство позволяет широко



использовать его в электротехнической промышленности, особенно для изготовления аккумуляторов и кабельных рубок. Последние находят широкое применение в авиа- и радиопромышленности. Устойчивость свинца позволяет использовать его и для предохранения от порчи медных проводов телеграфных и телефонных линий. Тонкими свинцовыми листами покрывают железные и медные детали, подвергающиеся химическому воздействию (ванны для электролиза меди, цинка и других металлов). Изучение бинарных и многокомпонентных систем и построение диаграмм состав - анодные свойства в сопоставлении с фазовым состоянием сплавов позволило выявить новые анодные материалы и определить оптимальные пределы легирования свинца. Согласно классификации элементов по характеру их воздействия на анодное поведение свинца, которое определяется их металлохимическими и электрокаталическими действиями, элементы второй группы относятся к элементам модифицирующего и структурно-легирующего действия.

Такие исследования активно проводятся в ряде крупных научных центров США, Японии, России, Китая и ряде развитых стран Европы. Поэтому исследование физико-химических, теплофизических и термодинамических свойств сплавов свинца с элементами второй группы является актуальной задачей, т.к. позволяет научно обосновать выбор состава двойных и многокомпонентных сплавов для различных отраслей техники.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что проведенное исследование действительно актуально, поскольку связано с выявлением закономерностей функционирования материалов на основе свинца в условиях максимально приближенных к реально осуществляемым в элементах различных технологий. Значимость и своевременность работы основана на ряде установленных закономерностей, которые проанализированы на основе современных представлений как физического, так и технического характера и дают импульс построения практико-ориентированных материалов.

### ***3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту***

В диссертационной работе представлены результаты экспериментального исследования наиболее важных характеристик сплавов свинца с элементами второй группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Проведен комплекс исследований, а именно установлена температурная зависимость теплоёмкости, коэффициента теплоотдачи и изменений термодинамических функций (энтальпии, энтропии, энергии Гиббса) сплавов свинца с элементами второй группы периодической таблицы. Показано, что с ростом температуры и содержания элементов



второй группы периодической таблицы в свинце скорость окисления увеличивается, а с ростом содержания цинка, кадмия и алюминия – уменьшается. Потенциодинамическим методом установлено, что добавки элементов второй группы периодической таблицы до 0,5 мас. % в два-три раза повышают анодную устойчивость свинца.

Выносимые на защиту положения являются новыми. Так на основании установленных при проведении исследований закономерностей автором предложен новый способ улучшения коррозионной устойчивости свинца и его сплавов. К наиболее важным результатам диссертационного исследования можно отнести:

-установлено, что с ростом температуры и содержания легирующего элемента в свинце теплоемкость и коэффициент теплоотдачи увеличиваются. При переходе от сплавов с бериллием к сплавам с кальцием теплоемкость увеличивается, далее к сплавам со стронцием, барием цинком, кадмием и алюминием - незначительно уменьшается.

-показано, что с ростом температуры и содержания бериллия, магния кальция, стронция, бария, цинка, кадмия и алюминия в свинце энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значение энергии Гиббса уменьшается. При переходе от сплавов свинца с бериллием к сплавам с магнием энтальпия увеличивается, к сплавам с кальцием, стронцием и барием уменьшается, далее при переходе к сплавам с цинком и кадмием увеличивается, к алюминию - уменьшается. Энтропия сплавов при замене бериллия магнием, далее алюминием уменьшается, значение энергии Гиббса в этом ряду растёт и с повышением температуры уменьшается. У подгруппы кальция наблюдается уменьшение величин теплоёмкости и коэффициента теплоотдачи, энтальпии и энтропии, а энергия Гиббса растёт. Сплавы свинца с цинком и кадмием характеризуются примерно одинаковым значением теплоемкости, энтальпии и энтропии.

-показано, что с ростом температуры и содержания элементов второй группы периодической таблицы в свинце скорость окисления увеличивается, а от содержания цинка, кадмия и алюминия – уменьшается. В сплавах с содержанием более 0,5 мас. % щелочноземельных металлов при переходе от кальция к стронцию уменьшается а к барию - растёт. Установлено, что окисление сплавов подчиняется гиперболическому закону.

-установлено, что легирование свинца бериллием, магнием, кальцием, стронцием, барием, цинком, кадмием и алюминием до 0,5 мас.% повышает его анодную устойчивость в 2-3 раза в среде электролита NaCl. При переходе от сплавов свинца с бериллием к сплавам с магнием, кадмием и алюминием потенциал свободной коррозии растёт, а у сплавов с цинком несколько



уменьшается. Потенциал питтингообразования при переходе от сплавов с бериллием к сплавам с магнием, кадмием и цинком уменьшается, к сплавам с алюминием растёт. Скорость коррозии сплавов свинца с бериллием, магнием и алюминием при переходе от сплавов системы Pb-Be к сплавам Pb-Mg, Zn и Cd – растёт а к сплавам системы Pb-Al – уменьшается. При переходе от сплавов системы свинец-кальций к сплавам систем свинец-стронций и свинец-барий скорость коррозии сплавов в среде NaCl растёт, что в целом согласуется с изменением свойств элементов подгруппы кальция.

#### ***4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации***

При проведении экспериментальных исследований использовался ряд современных методик, включающих проведение теплофизических, окислительных свойств и коррозионной стойкости сплавов свинца. Используемая при проведении экспериментов аппаратура соответствует мировому уровню. При всех измерениях использовалось большое количество образцов с воспроизводимыми результатами.

В работе успешно объединены эмпирические и аналитические подходы в исследовании, физико-химические и технические модели изучаемых процессов построены по принципу количественного совпадения результатов измерений и оценок, которые не противоречат известным литературным данным, общедоступным понятиям. Достоверность сформулированных положений косвенно подтверждается их непротиворечивостью существующим литературным данным, полученным на основе других независимых измерений для родственных сплавов. Выводы в диссертационной работе сформулированы корректно, базируются на результатах, неоднократно обсужденных на научных семинарах и конференциях и опубликованных в периодических научных изданиях.

#### ***5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их практическому применению***

Научная значимость результатов проведенных соискателем исследований состоит в том, что они представляют собой концептуальное развитие актуального научно-технического направления в материаловедении по установлению закономерностей изменения в теплофизических, окислительных свойств и коррозионной стойкости сплавов свинца при вариации их состава, рабочих режимов и условий эксплуатации с целью их улучшения, увеличения технического ресурса и прогнозирования эксплуатационных параметров.



Практическая значимость полученных в работе результатов определяется тем, что в ней на основе установленных закономерностей предлагается новый способ улучшения коррозионной устойчивости свинца и его сплавов.

Экономическая и социальная значимость работы состоит в обосновании комплекса исследований, позволяющих улучшить эксплуатационные характеристики сплавов свинца, уменьшая их себестоимость. Сформулированный комплекс знаний вполне пригоден для внедрения, что частично реализовано в предложенном способе улучшения коррозионной устойчивости свинца и его сплавов.

#### ***6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати***

Основные результаты диссертации были представлены на ряде национальных, всероссийских и Международных конференций, посвященных обсуждению проблем в выбранной соискателем области, а также опубликованы в периодической печати, удовлетворяющей требованиям ВАК РФ.

#### ***7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК***

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Она написана хорошим русским и грамотным научным языком. В ней содержится незначительное число несоответствий редакционного плана. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационного исследования.

Кроме замечаний редакционного и оформительского плана по работе требуется уточнение по следующим вопросам:

- в работе иногда используются не вполне определенные утверждения «температура охлаждения» (стр.52), - «объем тепла» (стр.16 автореферат), «значение Гиббса» (стр.261), а также ряд аббревиатур, которые требуют дополнительных пояснений или выноса в отдельный список.

-при выводе формулы (2.9) для двух образцов (один образец-эталон, второй образец экспериментальный) автор считает, что равными будут коэффициенты их теплоотдачи, то есть  $\alpha_1 = \alpha_2$ . Это утверждение является некорректным, потому что этот параметр зависит от теплоемкости образцов, которые являются различными.

-при обсуждении экспериментальных результатов третьей и четвертой главы не проведено сопоставление этих результатов с результатами теплофизических исследований сплавов свинца приведенной во второй главе с точки зрения их корреляции, что нарушает внутреннее единство диссертационной работы.



-в актуальности темы диссертации приводится один из основных областей применения металлического свинца - материала для защиты от ионизирующего и ядерного излучения. Было бы целесообразно проведение экспериментальных исследований по изучению влияния ионизирующего и ядерного излучения на защитные свойства сплавов свинца от радиации.

Отмеченные выше замечания несколько затрудняют чтение диссертации, но несколько не влияют на ее сущностную сторону, в которой автор попытался исчерпывающе отобразить весь комплекс полученных новых научных результатов в виде практико-ориентированных рекомендаций по улучшению и прогнозированию наиболее важных характеристик свинцовых сплавов.

#### ***8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует***

На основании анализа диссертации в целом, используемых методов исследования и полученных результатов можно сделать заключение, что диссертационная работа Хайрулло Амонулло (Махмадуллоева Хайрулло Амонуллоевича) «Свойства сплавов свинца с элементами II группы периодической таблицы и алюминия» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17 – материаловедение, полностью удовлетворяет критериям пп 9-14 Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства РФ от 24. 09. 2013, №842), а ее автор Хайрулло Амонулло (Махмадуллоев Хайрулло Амонуллоевич) заслуживает присуждения искомой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17 - материаловедение за концептуальное развитие актуального научно-технического направления в области материаловедения с целью улучшения и прогнозирования эксплуатационных параметров сплавов свинца, которое выразилось в установлении закономерностей изменения их теплофизических, окислительных свойств и их коррозионной стойкости, включающее:

-экспериментальное исследование температурной зависимости теплоёмкости, коэффициента теплоотдачи и изменений термодинамических функций (энтальпии, энтропии, энергии Гиббса) сплавов свинца с элементами второй группы периодической таблицы, позволило объяснить, что с ростом температуры и количества легирующей добавки в свинце теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпия и энтропия сплавов растут, а значение энергии Гиббса уменьшается.

-установление того, что окисление сплавов свинца с элементами второй группы периодической таблицы в твердом состоянии подчиняются гиперболическому закону. С ростом температуры и содержания элементов



второй группы периодической таблицы в свинце скорость окисления увеличивается, а с ростом содержания цинка, кадмия и алюминия – уменьшается. В сплавах с содержанием более 0,5 мас.% щелочноземельных металлов при переходе от кальция к стронцию уменьшается и к барию растёт.

-потенциодинамическим методом установлено, что при скорости развёртки потенциала 2 мВ/с добавки элементов второй группы периодической таблицы до 0,5 мас.% в два-три раза повышают анодную устойчивость свинца. Величина потенциалов питтингообразования и репассивации свинца и его сплавов с указанными металлами, также по мере роста концентрации хлорид – иона в электролите смещается в отрицательную область. При переходе от сплавов свинца с бериллием к сплавам с магнием, кадмием и алюминием потенциал свободной коррозии растёт, а у сплавов с цинком несколько уменьшается.

**Официальный оппонент,**  
доктор физико-математических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Ядерная физика»  
Таджикского национального  
университета

Махсудов Барот Исломович

Адрес: 734025 город Душанбе, Проспект Рудаки 17.  
Телефон: (+992) 907-74-33-83  
E-mail: [maksudov\\_barot@mail.ru](mailto:maksudov_barot@mail.ru)

Подпись д.ф.-м.н., доцента,  
Махсудова Б.И. заверяю:  
Начальник УКЧС



(печать оргнациации)

Тавкиев Э.Ш.

Дата: 14 « 10 » 2022г