

**ВАЗОРАТИ
МАОРИФ ВА ИЛМИ
ЧУМХУРИИ ТОЧИКИСТОН
Муассисай давлатии таълимии
“Донишгоҳи давлатии Ҳӯҷанд ба
номи академик Бобоҷон Гафуров”**



**МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
Государственное образовательное
учреждение “Худжандский
государственный Университет
имени академика Бободжона
Гафурова”**

735700, г. Худжанд, проезд Мавлонбекова 1, тел.: (992-3422) 6-52-73, факс: (992-3422) 6-75-18,
www.hgu.tj, e-mail: rector@hgu.tj

№ 01/6793

«24 » 12 2024 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ГОУ «ХГУ имени
академика Бободжона Гафурова».
д.и.н., профессор
Усмонзода Аюб Ислом



«24 » 12 2024 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертационную работу Окилова Шахрома
Шукурбоевича «Физико-механические и химические свойства свинцово-
сурьмяного сплава ССуз с литием, натрием и калием», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.17 – Материаловедение (технические науки)**

Актуальность темы диссертации

В гидроэлектрометаллургии, гальванотехнике, аккумуляторном производстве и кабельной технике свинец и его сплавы широко используются в качестве материала анода и защитной оболочки. Несмотря на ряд разработанных новых анодных материалов, и защитных покрытий, свинец, несомненно, останется основным материалом для крупномасштабных электрохимических производств и кабельной техники. В этой связи особо актуален вопрос правильного выбора легирующих элементов, которые не только способствовали бы повышению анодной стойкости свинца, но и удовлетворяли бы требования технологии в случае, если ионы этих элементов

будут поступать с анода в раствор и оказывать воздействие как на катодный, так и на анодный процессы.

Щелочные металлы (ЩМ) являются активными модификаторами структуры свинцово-сурьмяного сплава. В настоящее время однозначно установлено параллелизм между увеличением стойкости и изменением зернистости сплава, что подтверждает существующие представления о модифицирующей роли лигатур в коррозии сплавов.

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 электрокаталитическими действиями, щёлочноземельные металлы относятся к элементам модифицирующего и структурного - легирующего действия.

Таким образом, исследование физико-механических, химических, теплофизических и термодинамических свойств сплавов свинца-сурьмы с щелочными металлами является актуальной задачей, т.к. позволяет научно обосновать выбор состава двойных и многокомпонентных сплавов для различных отраслей техники, в том числе кабельной.

Вопрос экономии материалов, использующихся при производстве кабелей, приобретает всё большое значение. Это относится не только к металлам, которые применяются при изготовлении токопроводящих жил и металлических оболочек, но также к изолирующим материалам и защитным покровам. Экономия защитных покрытий достигается за счёт применения новых материалов и повышения коррозионной стойкости свинцовых оболочек, за счёт их утонения. В связи с этим диссертационная работа Окилова Ш.Ш., посвященная данной проблеме и направленное на выполнение ряда государственных стратегий и программ является актуальной.

Значимость полученных автором диссертации результатов

Научная значимость работы заключается в следующем:

- систематизированы виды взаимодействия свинца и сурьмы с некоторыми элементами периодической системы Д.И. Менделеева;
- построено расчетным путём диаграммы состояния систем Sb-Fr, Sb-Th, Sb-Ra, Sb-Er, Sb-Pm, Sb-Eu Pb-Fr, Pb-Ra методами наименьших квадратов и корреляции;
- изучены микроструктура, механические свойства и построена модель кристаллической решётки свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием;
- данные по диаграммам состояний были получены автором при изучении

зависимости температуры плавления интерметаллидов, эвтектических превращений и их концентрации в зависимости от порядкового номера второго компонента в периодической таблице. Величины коэффициентов корреляции и выводы из уравнений показывают, что между искомыми параметрами и порядковым номером второго компонента в периодической таблице имеется хорошая линейная корреляция. Исходя из этого положения, целесообразно вести дальнейший расчёт для точного определения значений у по х, по которым были построены диаграммы состояния систем Sb-Fr, Sb-Th, Sb-Ra, Sb-Er, Sb-Pm, Sb-Eu Pb-Fr, Pb-Ra методами экстраполяции, интерполяции, методам наименьших квадратов и расчётом коэффициента корреляции;

• в режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из свинца марки С00 определена удельная теплоёмкость свинцово-сурьмяного ССу3 с литием, натрием и калием и установлены полиномы, описывающие его изменения. При переходе от сплава ССу3 с литием, к сплавам с натрием и калием величина удельной теплоёмкости уменьшается. Используя с интегралы от удельной теплоёмкости установлены математические модели температурной зависимости изменений энталпии, энтропии и энергии Гиббса сплавов. С помощью установленных моделей показано, что с ростом температуры и концентрации щелочных металлов теплоёмкость, энталпия и энтропия свинцово-сурьмяного сплава ССу3 увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшаются. При переходе от сплавов с литием к сплавам с натрием и калием величины энталпии и энтропии уменьшаются;

• методом металлографии показано, что добавки лития, натрия и калия до 1.0 мас. % значительно изменяют структурные составляющие свинцово-сурьмяного сплава ССу3;

• стандартными методами измерения (метод Бринелля) твёрдости металлов показано, что добавки до 1.0 мас.% щелочных металлов ССу3 уменьшают твёрдость и прочность свинцово-сурьмяного сплава ССу3;

• методом термогравиметрии показано, что с ростом температуры и содержания лития, натрия и калия в исходном сплаве скорость его окисления 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: $PbSb_2O_6$; Sb_2O_4 ; PbO ; $H_3OSb_5O_{13}$; Li_2PbO_3 ; Pb_3O_4 ; SbO_3 ; Na_6PbO_5 ; $NaSbO_3$, $Pb_2Sb_2O_7$; $K_3Sb_5O_{14}$; $Pb(Sb_2O_6)$; Sb_6O_{13} ; H_3OSb_5 ; K_5Sb_4 . 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 лития, натрия и калия на 25-30% повышают коррозионную стойкость свинцово-сурьмяного сплава ССу3. Установлены закономерности изменения основных коррозионно-электрохимических характеристик (потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации) сплавов от концентрации легирующих компонентов и хлорид-иона.

Практическая значимость полученных результатов. На основе проведённых исследований установлены оптимальные концентрации щелочных металлов в свинцово-сурьмяном сплаве ССу3 для кабельной техники.

Выполненные научные исследования послужили основой для разработки состава свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с щелочными металлами, которые защищены малым патентом Республики Таджикистан. По результатам испытаний было установлено, что новый свинцово-сурьмяный сплав отличается повышенной коррозионной стойкостью при сохранении уровня электропроводности. Высокое значение коррозионной стойкости сплава позволяет уменьшить металлоёмкость защитной оболочки и за этот счет получить экономический эффект.

Увеличение коррозионной стойкости свинцового сплава ССу3 модифицированного щелочными металлами на 10 % позволяет уменьшить металлоёмкость единицы изделий из предложенного сплава тоже на 10%, т.к. его коррозионная устойчивость на 25% больше, чем у известного сплава.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечиваются системным подходом к исследованиям с привлечением современных стандартизованных экспериментально-аналитических методов испытаний, а также согласием полученных результатов исследований с литературными данными и результатами других авторов. Исследования проводились на приборах, прошедших аттестацию. Полученные в рамках диссертационной работы результаты широко обсуждены и опубликованы в рецензируемых журналах, что свидетельствуют об их достоверности.

Автором диссертации опубликовано 30 научных публикаций, из которых 6 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации: «Журнал Физической химии», «Материаловедение», «Неорганические материалы», «Вестник Казанского государственного технического университета им А.Н. Туполева», «Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна» и 24-статьи в материалах международных и республиканских конференций.

Все результаты, полученные автором, являются новыми, выводы сформулированы аргументированно. Основные положения диссертационной

работы отражены в автореферате, а публикации отражают основное их содержание.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глава, обзора литературы, экспериментального материала, выводов, списка литературы и приложений. Диссертация на 176 страницах компьютерного набора, содержит 58 таблиц, 76 рисунков и 106 наименования литературных источников.

Во введении изложены предпосылки и основные проблемы исследования, обоснована актуальность работы, раскрыта структура диссертации.

В первой главе проанализированы результаты исследований отечественных и зарубежных ученых по теме диссертации. Описаны области применения и свойства свинцовых сплавов и их теплофизические свойства; особенности окисления и коррозионно-электрохимического поведения свинцовых сплавов 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 свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием. На основании проведенного анализа сформулированы задачи работы.

Вторая глава работы посвящена систематизации видов взаимодействия сурьмы и свинца с элементами таблицы Д.И. Менделеева и исследовании механических свойств свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием. Приведены методики проведения эксперимента и результаты исследования структурно-механических свойства свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием.

Микроструктуру свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием исследованы на световом микроскопе марки БИОМЕД-1. Методом металлографии показано, что добавки лития, натрия и калия, особенно до 1,0 мас. % значительно изменяют структурные составляющие свинцово-сурьмяного сплава ССу3. Стандартными методами измерения (метод Бринелля) твердости металлов показано, что добавки от 0,05 до 1,0 мас. % лития, натрия и калия уменьшают твердость и прочности свинцово-сурьмяного сплава ССу3.

Третья глава работы посвящена исследованию теплофизических и термодинамических свойств функций свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием. Установлено, что с ростом температуры и от содержания легирующих элементов теплоемкость, энталпия и энтропия сплава ССу3 увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшаются. При переходе от сплава ССу3 с литием к сплавам с натрием и калием теплоемкость, энталпия и

энтропия сплавов уменьшаются, значение энергии Гиббса имеет обратную зависимость.

В четвертой главе диссертации приведены результаты потенциостатического исследования анодной устойчивости свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием.

Исследования коррозионно-электрохимических свойств сплавов проводились на потенциостате ПИ-50.1-1 потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с, с помощью программатора ПР-8 и самозаписа ЛКД-4. Температура раствора поддерживалась постоянно 20°C, с помощью термостата МЛШ-8. Электродом сравнения служил хлоридсеребряный, а вспомогательным – платиновый.

В диссертационную работу Окилова Ш. Ш. приведены результаты исследования коррозионно-электрохимических свойств свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием. Установлено что, добавки лития, натрия и калия от 0,05 до 1,0 мас.% к исходному сплаву ССу3 в трех исследуемых средах NaCl сдвигают потенциалы свободной коррозии, репассивации и питтингообразования в положительную область значений и одновременно с этим повышают его коррозионную стойкость. Из значений скорости коррозии свинцово-сурьмяного сплава ССу3 следует, что добавки щелочных металлов в указанных пределах способствуют снижению скорости коррозии и плотности тока коррозии сплава ССу3на 25-30%.

В пятой главе представлены результаты экспериментального исследования кинетики окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием. В первом параграфе приведены принцип работы установки и методики исследования кинетики окисления сплавов и рентгенофазовыми анализа (РФА) продуктов окислений сплавов.

Экспериментальными исследованиями кинетики окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием установлено, что самые максимальные значения скорости окисления относятся к сплаву ССу3 с калием, а минимальные к сплавам с литием. Показано, что легирующие компоненты увеличивают окисляемость исходного свинцово-сурьмяного сплава ССу3. Методом рентгенофазового анализа установлен фазовый состав продуктов окисления свинцово-сурьмяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием и их роль в механизме процесса окисления.

В заключение диссертационной работы по результатам проведенных исследований автор сформулировал основные выводы по своей диссертационной работе. Выводы диссертации полностью отражают и хорошо систематизируют полученные результаты.

В Приложении к диссертации представлены копии патент, а Республики Таджикистан ТJ №1480, Акт опытно-промышленного испытания и результаты рентгенофазового анализа продуктов окислений сплава ССу3.

Диссертационная работа Окилова Ш. Ш. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, основные положения, выводы и рекомендации являются логичными и достаточно хорошо аргументированными.

К работе имеются следующие замечания:

1. Автором теплофизические и термодинамические свойства сплавов исследованы в режиме «охлаждения». При этом полученные значения теплоёмкости сплавов не сопоставлены с результатами, полученными в режиме «нагрева» или другими методами.

2. В диссертации не представлены результаты химического анализа компонентного состава свинцово-сурымяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием.

3. Слишком кратко изложено в работе результаты микроструктурного анализа и механических свойств свинцово-сурымяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием.

4. В тексте диссертации имеются некоторые грамматические ошибки (стр. 18; 20; 37; 63 и т.д.).

5. Отдельные ссылки на литературу в списке оформлены не по требованиям ГОСТа.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы, выполненной на высоком научном уровне.

Заключение

Диссертационная работа Окилова Шахром Шукурбоевича «Физико-механические и химические свойства свинцово-сурымяного сплава ССу3 с литием, натрием и калием» по актуальности, научной новизне, практической и теоретической значимости отвечает требованиям предъявляемым к диссертациями на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки) и «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного ВАК Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Результаты, опубликованные в рецензируемых научных журналах, вполне отражают содержание работы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Работа содержит новые знания и научно-обоснованные технические решения, внедрение которых внесет существенный вклад в развитие экономики страны в сфере материалов машиностроительного и другого назначения. Автор диссертационной работы Окилова Шахром Шукурбоевича заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17-Материаловедение (технические науки).

Отзыв обсужден и подтвержден на расширенном заседании кафедры «Общей физики и твердых тел» ГОУ «Худжанского государственного университета имени акад. Б. Гафурова» протокол № 5 от «23» 12. 2024 г.

Председатель, к.ф.- м.н., доцент, заведующий кафедры «Общей физики и твердых тел»
ГОУ «Худжанского государственного университета имени академика Б.Гафурова»

Умаров Н.Н.

Эксперт, д.ф.-м.н., профессор кафедры «Общей физики и твердых тел»
ГОУ «Худжанского государственного университета имени академика Б.Гафурова»

Умаров М.Ф.

Учёный секретарь: доктор философии (PhD) –
доктор по специальности 6D071000 –
Материаловедение и технология новых материалов,
и.о.доцента, заместитель декана по учебной части
физико-технического факультета
ГОУ «Худжанского государственного университета
имени академика Б.Гафурова»

Отаджонов С.Э.

Адрес: Республика Таджикистан,
735700, г. Худжанд, проезд Мавлонбекова 1
Тел.: (+992-3422) 6-52-73,
E-mail: rector@hgu.tj, web: www.hgu.tj

Подлинность подписей к.ф.- м.н., доцента Н.Н. Умарова, д.ф.- м.н.,
профессора М.Ф. Умарова и доктор философии PhD, и.о.доцента
С.Э.Отаджонова **затвержена**:

Начальник ОК и СР
ГОУ «Худжанского государственного университета
имени академика Б.Гафурова»

Сайдуллозода З.С.

