



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ТАДЖИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ САДРИДДИН АЙНИ**

734003 ш. Душанбе
хяёбони Рӯдакӣ,

Тел: +992 (37) 224-13-83
e-mail: info@tgpu.tj

734003 г. Душанбе
проспект Рудаки, 121

28.11.2025 № 14/250

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Таджикского государственного
педагогического университета им. С.Айни
д.и.н. профессор Ибодуллозода А.И.



Ибодуллозода 2025 г.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Шарифзода Нурафшон Валихон на тему: «Физико-механические и химические свойства цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного титаном, ванадием и ниобием», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Актуальность темы диссертации. Цинк занимает особое место среди металлов, применяемых в промышленности. Как конструкционный материал, нелегированный цинк не нашел широкого применения, так как обладает недостаточно благоприятным комплексом механических, физических и технологических свойств. Однако дополнительное легирование цинка различными элементами существенно повышает вышеуказанные свойства и характеристики. Поэтому значительная часть цинка (до 20%) идет на приготовление цинковых сплавов, в которых основными легирующими компонентами являются алюминий и медь; широко используется цинк и для производства медных сплавов (латуни). В зависимости от марки, цинк используют для цинкования стали, получения цинковых сплавов, изготовления цинковых полуфабрикатов, а также для получения цинковых соединений.

Примерно 30% цинкового проката составляют цинковые листы общего назначения. Цинковые листы используют при изготовлении химических источников тока, оцинкованной посуды и др. Из цинковых листов изготавливают печатные формы к ротационным машинам в полиграфической промышленности. Цинковые аноды применяют для оцинкования деталей гальваническим способом. Большое количество цинковых листов расходуется в строительстве на кровельные покрытия, на изготовление труб, сточных желобов.

Цинковый литейный сплав ЦАМ4-1 имеет хорошие механические свойства: предел прочности при растяжении составляет 300 МПа, а относительное удлинение при разрыве - 1 %. Температура плавления - 419,4 °С. Сплав тягуч и устойчив к коррозии, применяется для производства ответственных деталей. Все перечисленные характеристики позволили сплавам ЦАМ4-1 получить широкое применение в разного рода производствах.

В связи с этим, новому сплаву нами присвоена аббревиатура как ЦАМСв4-1-2,5 (4%Al; 1%Cu; 2,5%Pb). В литературе нами не выявлены сведения о влиянии добавок титана, ванадия и ниобия как легирующего компонента на физико-химические свойства сплавов серии ЦАМ. Имеются сведения о температурной зависимости термодинамических функций, легированных ЦЗМ сплавов Zn5Al и Zn55Al.

Целью работы является разработка состава новых сплавов на основе низкосортного цинка ЦАМСв4-1-2,5 с титаном, ванадием и ниобием, путем исследования их физико – механических, термодинамических, кинетических и анодных свойств, которые могут использоваться в качестве анодного покрытия для защиты от коррозии стальных сооружений, конструкций и изделий.

Основное содержание работы

Диссертационная работа включает введение, четыре главы и приложения, изложена на 148 страницах компьютерного набора, включает 54 рисунков, 37 таблиц, 156 библиографических наименований.

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

В первой главе рассмотрены производство и использование цинка и его сплавов; представлен обзор литературных данных в области теплофизических свойств и теплоёмкости цинка, алюминия, меди, свинца, титана, ванадия и ниобия; структурные составляющие и фазы в оксидных пленках на основе цинк-алюминиевых сплавов; коррозионное и анодное

поведение цинка и покрытий на его основе. На основе выполненного обзора литературы показано, что теплофизические и термодинамические свойства, кинетика окисления, анодное поведение сплавов цинка с алюминием, медью, свинцом, титаном, ванадием и ниобием, частично изучены и для них имеются лишь скудные отрывочные сведения.

Таким образом, в связи с отсутствием систематических данных о физико-химических свойствах цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного титаном, ванадием и ниобием, последний был взят в качестве объекта исследования в данной диссертационной работе.

Во второй главе приведены результаты исследования физико-механических свойств и термодинамических функций цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с титаном, ванадием и ниобием.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию высокотемпературное окисление цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с титаном, ванадием и ниобием, в твёрдом состоянии.

В четвертой главе диссертантом приведены результаты анодное поведение цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного титаном, ванадием и ниобием.

Диссертационная работа завершается общими выводами, списком цитированной литературы и приложением.

В заключение сформулированы основные выводы по результатам диссертационной работы, свидетельствующие о решении поставленных перед соискателем задач исследования. Заключительные выводы диссертации, в целом, достоверны и соответствуют полученным результатам и их анализу.

Список цитируемой литературы вполне отражает ситуацию в области исследования. Следует отметить, что список литературы оформлен грамотно, и позволяет получить полное представление о цитируемом источнике.

Научная новизна исследований.

Соискателем для цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 установлена зависимость изменений термодинамических характеристик (энтальпия, энтропия и энергия Гиббса) и теплоемкости от температуры и содержания легирующих элементов титана, ванадия и ниобия. Выявлены зависимости теплоемкости от температуры и определено, что с увеличением температурного режима теплоемкость цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с титаном, ванадием и ниобием увеличивается, а значение энергии Гиббса сплавов уменьшается. С увеличением доли титана, ванадия и ниобия в цинковом сплаве ЦАМСв4-1-2,5 энтальпия и энтропия сплавов уменьшаются, а энергия Гиббса растёт.

Установлена зависимость изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия и энергия Гиббса) и теплоемкости от температуры и содержания легирующих элементов: титана, ванадия и ниобия в сплаве ЦАМСв4-1-2,5. Выявлено, что с увеличением температуры теплоемкость цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с титаном, ванадием и ниобием увеличивается, а значение энергии Гиббса сплавов уменьшается. Показано, что с увеличением доли титана, ванадия и ниобия в цинковом сплаве ЦАМСв4-1-2,5 энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а энергия Гиббса снижается.

Выявлена зависимость скорости окисления от температуры для исследуемых сплавов. Определено, что при увеличении температурного режима скорость окисления цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с титаном, ванадием и ниобием, в твердом состоянии, имеет тенденцию к увеличению. Определена константа скорости окисления сплава, составившая 10^{-4} кг/м²·с⁻¹. Также показано, что цинковый сплав ЦАМСв4-1-2,5 с титаном, ванадием и ниобием окисляется согласно гиперболической закономерности.

Потенциостатическим и потенциодинамическим методами исследования установлено, что в условиях скорости развертки потенциала, равной 2 мВ/с, коррозионностойкость исходного цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 возрастает от 10 до 20% при легировании его добавками титана, ванадия и ниобия не более 1,0 мас.%. Это, в свою очередь, способствует уменьшению толщины защитного слоя, что позволяет сэкономить до 10% металла покрытия. Потенциал коррозии исходного сплава ЦАМСв4-1-2,5 в этом случае сдвигается в область положительных значений, а потенциалы питтингообразования и репассивации – сдвигаются в область отрицательных значений. При переходе от сплавов с титаном к сплавам с ванадием и ниобием наблюдается уменьшение скорости коррозии сплавов (для сплавов с добавками).

Практическая значимость работы.

Выполненные исследования позволили выявить составы сплавов, отличающихся наименьшей окисляемостью при высоких температурах и подобрать оптимальные концентрации легирующих добавок (титана, ванадия и ниобия) для повышения коррозионной стойкости исходного цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5.

В целом, на основе проведенных исследований, отдельные составы цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного титаном, ванадием и ниобием защищены малыми патентами Республики Таджикистан.

Публикации.

По результатам исследований опубликовано 13 научных работ, из них 5 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и 7 статей в материалах международных и республиканских конференций. Также получено 1 малых патента Республики Таджикистан.

Рекомендации по практическому использованию результатов.

1. На основании проведенных физико-химических исследований научно обоснованы границы областей легирования титаном, ванадием и ниобием цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5. В частности, показано, что оптимальное количество легирующих элементов титана, ванадия и ниобия в сплаве ЦАМСв4-1-2,5 соответствует концентрации 0,05–1,0% по массе. Сплавы с титаном имеют самый низкий показатель коррозии.

2. Разработанные сплавы и способы их получения рекомендуются для использования промышленным предприятиям подведомственным Министерству промышленности и новых технологий Российской Федерации и Республики Таджикистан.

3. Опытные партии новых сплавов могут производиться на базе Государственного научного учреждения «Центр по исследованию инновационных технологий» при Национальной академии наук Таджикистана с целью поставки заинтересованным предприятиям и ведомствам.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Автору можно было не рассматривать в литературном обзоре коррозионно-электрохимические свойства цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 с ЦЗМ (стр.27), так как ЦЗМ не входит в число объектов исследования в диссертационной работе. Это несколько сократило бы объем диссертации.

2. Автор в качестве количества вещества при определении теплоемкость используют понятие «молярная масса сплава». Но непонятно, как автор считал молярную массу сплава. Сплавы не имеют обычной химической формулы, характерной для соединений химических элементов. Они, чаще всего, не являются соединениями постоянного состава. Поэтому для сплавов используют в расчетах понятие «моль. атом». Эта величина учитывает атомную долю, которую вносит каждый металл в формулу металлического соединения или сплава.

3. Автор рассматривает анодное поведение цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного титаном (стр.99), ванадием (стр.105) и ниобием (стр.112) отдельно. Было бы наглядно рассмотреть их вместе. Тогда было бы более наглядно продемонстрировано сходство или различие в

электрохимических свойствах сплавов, легированного галлием, индием и таллием при одинаковых концентрациях.

4. Аналогично можно было бы рассмотреть электрохимические характеристики цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного титаном. Сопоставление скорости коррозии при одинаковых концентрациях легирующих металлов в сплавах и в одинаковых концентрациях растворов хлорида натрия позволило бы наглядно показать различие в скоростях коррозии цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного титаном (стр.99), ванадием (стр.105) и ниобием (стр.112) и связать это различие со строением электронных оболочек атомов титана, ванадия и ниобия.

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

Диссертация Шарифзода Нурафшон Валихон представляет собой законченную научно – исследовательскую работу. Основное содержание работы отражено в авторских публикациях и изложено в автореферате.

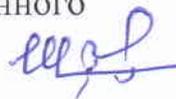
Основные выводы работы обоснованы, исследования выполнены с применением современных экспериментальных и вычислительных методов.

Заключение

Диссертационная работа Шарифзода Нурафшон Валихон является законченной научно-квалификационной работой. На основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области материаловедения. Большой экспериментальный и расчётный материал, новизна научных положений и выводы, представленные в работе, дают основание считать, что диссертационная работа Шарифзода Нурафшон Валихон на тему: «Физико-механические и химические свойства цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного титаном, ванадием и ниобием» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного ВАК Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, а её автор достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Отзыв обсужден и подтвержден на заседании кафедры «Общетехнических дисциплин и машиноведение» Таджикского государственного педагогического университета им. С.Айни протокол № 4 от «28» ноября 2025 года.

Председатель, к.т.н., заведующий
кафедрой «Общетехнические дисциплины
и машиноведения» Таджикского государственного
педагогического университета им. С.Айни



Ширинзода М.Ч.

Эксперт, к.х.н., доцент кафедры
«Общетехнические дисциплины
и машиноведения» Таджикского государственного
педагогического университета им. С.Айни



Олимов Н.С.

Секретарь заседания кафедры
«Общетехнические дисциплины
и машиноведения» Таджикского государственного
педагогического университета им. С.Айни



Мирзоев А.А.

Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121,
Таджикский государственный педагогический университет имени С.Айни
E-mail: olimov.nasriddin61@mail.ru web: www.tgpu.tj
Тел.: (+992-37) 224-13-83, моб.тел: 935928690

Подлинность подписей

Ширинзода М.Ч., Олимова Н.С. и Мирзоева А.А.

Заверяю:

Начальник управления кадров и особого отдела
Таджикского государственного педагогического
университета им. С. Айни



Кодирзода С.