

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.K.01.03
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**ХУДЖАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА Б. ГАФУРОВА**

РАДЖАБОВА ШАФОАТ ГАФУРОВНА

**КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ И АНОДНОЕ
ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА Zn55Al С ХРОМОМ,
МАРГАНЦЕМ И МОЛИБДЕНОМ**

02.00.04 – Физическая химия (химические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2024

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии
(PhD) по химическим наукам**

**Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on chemical sciences**

Раджабова Шафоат Гафуровна

Кинетика окисления и анодное поведение сплава
Zn55Al с хромом, марганцем и молибденом.....3

Rajabova Shafoat Gafurovna

Хром, марганец ва молибденли Zn55Al qotishmalarining oksidlanish
kinetikasi va anod o'zgarishlari21

Rajabova Shafoat Ghafurovna

Kinetic oxidation and anodic behavior of Zn55Al alloy
with chromium, manganese and molybdenum.....39

Список опубликованных работ

E'lon qilingan ishlar ro'yxati
List of published works.....43

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К.01.03
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**ХУДЖАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА Б. ГАФУРОВА**

Раджабова Шафоат Гафуровна

**КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ И АНОДНОЕ
ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА $Zn_{55}Al$ С ХРОМОМ,
МАРГАНЦЕМ И МОЛИБДЕНОМ**

02.00.04 – Физическая химия (химические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за

Диссертация выполнена в Худжандском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (русский, узбекский, английский (резюме)) размещен на веб-странице www.ik-kimyo.nuu.uz и информационно-образовательном портале «ZiyoNET» по адресу www.ziynet.uz.

Научный руководитель:	Обидов Зиёдулло Рахматович доктор химических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Акбаров Хамдам Икромович доктор химических наук, профессор Гуро Виталий Павлович доктор химических наук, профессор
Ведущая организация:	Ташкентский химико-технологический институт

Защита диссертации состоится «28» 09 2024 года в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K.01.03 при Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Университетская, 4. Тел.: (99871) 227-12-24, факс: (99824) 246-53-21; 246-02-24. e-mail: ilmiy_kengash@nuu.uz).

Докторская диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Национального университета Узбекистана за № 96, с которой можно ознакомиться в ИРЦ. (100174, г. Ташкент, ВУЗ городок, Фундаментальная библиотека НУУз. Тел.: (99871) 246-67-71).

Автореферат диссертации разослан «18» 09 2024 года.
(протокол рассылки № 24 от «17» 09 2024 года).


З. А. Сманова
Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.х.н., профессор


Ц. А. Кутлимуротова
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.х.н., профессор

Х. И. Акбаров
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней,
д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день развитие технологий в мире требует использования новых сплавов с улучшенными физико-химическими свойствами. В улучшении физико-химических свойств сплавов кинетика их химических и электродных процессов играет важную роль. В частности, материалы, полученные введением в цинк-алюминиевые сплавы различных металлов повышающих их коррозионную стойкость, имеют большое практическое значение.

Во всем мире проводятся ряд научных исследований по механизму и кинетике окисления сплавов в различных условиях. Кинетика окисления облегчает углубленный анализ и теоретическую оценку сплавов. Научные исследования применяемых на практике сплавов направлены на предотвращение коррозии возникающих под воздействием высоких температур и окислителей атмосферы. Большое научное значение имеет массоперенос в сплавах; испарение оксидов или сплавов; роль механического напряжения в окислении; увеличение толщины оксида в сложной среде, содержащей несколько окислителей; анодные свойства в растворах сильных электролитов; изучение связи микроструктуры состава сплава с окислением.

Данная диссертация подготовлена на основе Постановление Правительства Республики Таджикистан от 30 апреля 2021 года № 1680 проекте Программы среднесрочного развития Республики Таджикистан «Введение в развитие химической промышленности на 2021-2025 годы»; Постановление Правительства Республики Таджикистан от 1 декабря 2016 года, №636 «Стратегия национального развития Республики Таджикистан до 2030 года»; Указ Президента Республики Таджикистан от 6 января 2022 года, №309 «2022-2026 годы - годы развития промышленности», а также другие нормативные документы, принятые в этой области.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с VII приоритетом развития науки и технологий республики «Химические технологии и нанотехнологии». И с приоритетным направлением «Программой промышленности Республики Таджикистан на 2020-2026 годы».

Степень изученности проблемы. Мировые учёные К.Л. Лин, К.Ф. Янг, Дж.Т. Ли, П. Анналиса, Т. Мариалаура, Ф.Э. Гудвин, Э.

Алдирмаз, У. Сари, Х. Челик, М. Сентюрк, Э. Алдирмаз, И. Аксой, Р. Фурментен, Ж. Ремон, П. Перро, С. Классенс, В. Рагхаван, Т. Ван, Д. Кеворков, М. Медрай, А. Нассеф, А.А. Мазилкин, Т. Уэсуги, С.Г. Манирам, Р.Н. Амини, Я.М. Колотыркин, Л.И. Фрейман, П. Барре, Б.М. Лепинских, А.А. Киташев, А.А. Белоусов, В.А. Макаров, И.Е. Бриксин, Л.Ф. Мондольфо, Н. Биркс, Дж. Майер, В.А. Кечин, Е.Я. Люблинский, Е.В. Проскуркин, Ю.Я. Андреев, О. Кубашевский, Б. Хопкинс, А.И. Уиткин, П. Кофстад, Н.А. Торопов, Г.Н. Шиврин, Г.Г. Улиг, Р.У. Реви, А.В. Введенский, Н.Дж. Тораходжаев, А.Ш. Зиядуллаев, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов и другие проводят научные исследования по изучению закономерностей синтеза и различных свойств металлических сплавов. Они разработали методы синтеза сплавов и композиции защиты металлических покрытий, предложили теоретические основы производственных процессов и изучили эксплуатационные характеристики сплавов Zn-Al с различным промышленным назначением.

При этом считается важным проведение исследований по получению новых анодных многокомпонентных сплавов Zn-Al, изучению кинетику окисления и анодного поведения, определению условий и кинетических закономерностей процессов их анодного растворения и окисления.

Связь темы диссертационного исследования с научно-исследовательской работой ВУЗа, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана НИР Ходжандского государственного университета имени Б.Гафурова Республики Таджикистан «Создание новых цинк-алюминиевых сплавов для нужд народного хозяйства и различных отраслей промышленности» (2016-2021 годы) и в рамках Государственной научно-технической программы «Ходжандский государственный университет на базе перспективной стратегической программы развития на 2018-2023 годы».

Цель исследования заключается в изучении - кинетики окисления сплавов Zn55Al с хромом, марганцем и молибденом и анодных изменений в различных средах.

Задачи исследования:

- синтез сплава Zn55Al с хромом, марганцем и молибденом;
- определение кинетических и энергетических свойств в процессе окисления сплавов Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn и Zn55Al-Mo;
- определение фазового состава продуктов окисления сплавов;

- определение анодных свойств при испытаниях сплавов Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn и Zn55Al-Mo в растворах HCl, NaCl, NaOH;
– исследование влияния Cr, Mn и Mo на микроструктуру сплава Zn55Al;

- оптимизация химического состава тройных сплавов Zn55Al-Cr (Mn, Mo) и определение областей их применения.

Объектами исследования являются сплавы систем Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn и Zn55Al-Mo.

Предметом исследования является изучение в различных условиях эксперимента кинетики окисления и анодных изменений сплава Zn55Al с добавками хрома, марганца и молибдена.

Методы исследования. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), и рентгенофазовый анализ, термогравиметрический и потенциостатический методы анализа.

Научная новизна исследования:

– определено, что при легировании сплава Zn55Al хромом и молибденом фактическая скорость его окисления снижается на 10^{-4} кг·м⁻²·с⁻¹;

– определено, что добавление в сплав Zn55Al 0,01÷1,0% марганца привело к увеличению кинетики окисления, это, малоэффективно влияет на процесс окисления;

– определено, что энергия активации процесса окисления изменяется в зависимости от состава сплавов, температуры и времени окисления;

– доказано, что кинетика окисления конструкционных твердых сплавов Zn55Al-Cr(Mn, Mo) имеет гиперболическую зависимость;

– определено, что в процессе окисления сплавов Zn55Al-Cr(Mn, Mo) образуются простые оксиды Al₂O₃, ZnO, Cr₂O₃, Mn₂O₃, MnO, Mo₂O₃ и ZnAl₂O₄, Al₂O₃·Cr₂O₃, Al₂O₃·Mn₂O₃ и ZnAl₂O₄ шпинели;

– определено, что добавка в пределах 0,01÷0,1% металлов Cr, Mo в сплав Zn55Al улучшает его анодные свойства в растворах сильных электролитов HCl, NaCl, NaOH в 2-3 раза;

– определено, что анодные характеристики сплавов Zn55Al-Cr и Zn55Al-Mo смещаются в область положительных электродных потенциалов;

– определено, что скорость электрохимической коррозии хром и молибденовых сплавов Zn55Al существенно снижается с увеличением pH среды.

Практические результаты исследования:

- синтезированы новые тройные сплавы Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn и Zn55Al-Mo с добавлением различных количеств d-металлов;
- найлены эффективные пределы кинетических и анодных характеристик сплава Zn55Al с хромом, марганцем и молибденом;
- получен патент TJ 1275 на разработанный сплав Zn-Al нового состава;
- тройной анодный сплав Zn-Al-Cr(Mn,Mo) оптимального состава используется в качестве защитного покрытия стальных изделий.

Достоверность результатов исследований обоснована использованием современных методов физико-химического анализа, точностью уравнений регрессии, статистической обработки результатов, согласованностью теоретических и экспериментальных данных.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований состоит в том, что впервые при введении в сплав Zn55Al добавок Cr, Mn и Mo происходят изменения анодных и кинетических свойств сплавов, структуры, фазового состава, различных сложных физических свойств, а также проведение химических исследований и определение закономерностей изменения кинетических и анодных свойств сплавов Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn и Zn55Al-Mo.

Практическая значимость результатов исследований объясняется тем, что получен анодный сплав Zn55Al с хромом, марганцем и молибденом используемый в качестве защитного покрытия стальных изделий и конструкций.

Внедрение результатов исследований. На основании результатов применения в производстве синтезированных сплавов Zn55Al-Cr(Mn,Mo):

равномерное покрытие стальной катанки плотным слоем легированных сплавов Zn-Al принято к реализации на предприятии ООО «Nokili TALKO» в г. Душанбе (сертификат №15-898 Министерства индустрии и новых технологий Республики Таджикистан от 20 апреля 2023). Экономический эффект от применения защитного покрытия составил 27 долларов США на 1 м² защищаемой поверхности изделий;

технология нанесения защитных покрытий из сплавов Zn55Al-Cr(Mn,Mo) на поверхность деталей из углеродистых сталей St3, St45 и St65 внедрена на производстве ГУП «Qorgoxi mashinasozi» в г.

Душанбе. (сертификат №15-900 Министерства промышленности и технологий Республики Таджикистан от 20.04.2023). В результате повышения долговечности и продления срока службы запчастей достигнута годовая эффективность в 840 долларов США;

технология металлургической обработки рабочих поверхностей механизмов машин (из сталей St3, St45 и St65) с помощью защитных покрытий из анодных сплавов Zn55Al-Cr (Mn,Mo) внедрена в производство ГУП «Qorgoxi mashinosozi» г. Душанбе (сертификат №15-901 Министерства промышленности и технологий Республики Таджикистан от 20 апреля 2023 г.). Увеличение долговечности изнашиваемых деталей и увеличение срока службы изделия привели к экономии 905 долларов США в год.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были представлены и обсуждены на 3 научных конференциях, в том числе на 2 международных и 1 республиканский.

опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, из них 4 статьи опубликованы в научных изданиях, 3 из них опубликованы в зарубежных журналах. Получен патент на изобретение “Разработка композитов из сплава Zn-Al” Республики Таджикистан (TJ#1275).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 98 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Во **вводной части** обосновываются актуальность, цели и задачи научной работы, формируется значимость проводимых исследований, описываются возможности использования научных инноваций и результатов в производстве, и перечислены проблемы, представленные для защиты.

В первой главе диссертации «**Физико-химические свойства легирующих сплавов Zn-Al**» дан подробный анализ литературы по свойствам и использованию цинка и его сплавов в различных условиях. Рассмотрены кинетика окисления и анодное поведение цинка и цинк-алюминиевых сплавов в различных средах; структурные компоненты и фазы в оксидных пленках на основе сплавов Zn-Al; поведение сплавов Zn-Al в растворах сильных электролитов. Доказана целесообразность использования защитных покрытий на основе Zn-Al в химической технологии, строительстве, металлургии, гальванике, машиностроении, судостроении,

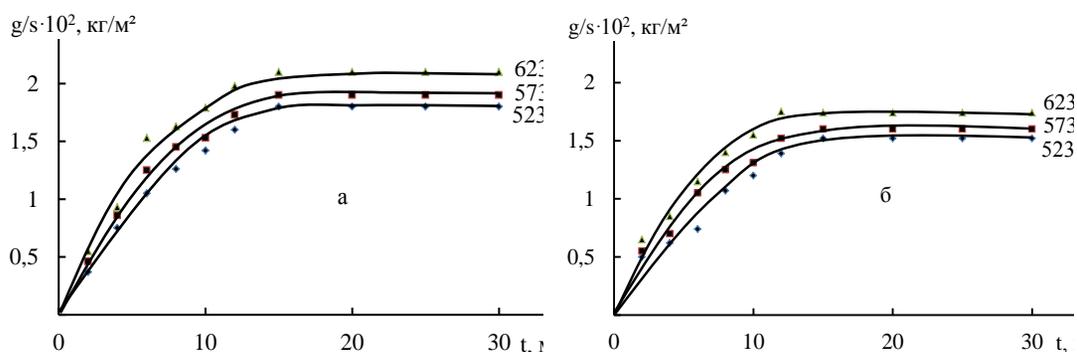
автомобилестроении и др. Показана необходимость экспериментального изучения кинетики окисления и анодного поведения Zn55Al. Созданы новые анодные сплавы Zn55Al с хромом, марганцем и молибденом используемые в качестве защитного покрытия стальных изделий и конструкций.

Во второй главе диссертации «**Предметы, инструменты и приспособления, методы экспериментальных исследований**» были проведены целевые исследования по синтезу и производству сплавов систем Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn и Zn55Al-Mo. Анализ химического состава сплавов. Установлены законы протекания кинетических и анодных процессов в зависимости от условий и параметров физико-химических свойств веществ в сплаве. Состав, строение, структура и свойства определены микрорентгеноспектральным, рентгеноструктурным, термогравиметрическим, потенциостатическим и металлографическим методами.

В третьей главе диссертации «**Кинетика окисления сплава Zn55Al в твердом состоянии с хромом, марганцем и молибденом**» представлены результаты влияния легирующих добавок переходных металлов (Cr, Mn, Mo) на кинетику высоких температур. Окисление сплава Zn55Al в зависимости от температуры и времени процесса окисления.

Для исследования кинетики окисления были приготовлены образцы сплава Zn55Al с массовой долей переходных металлов (Cr, Mn, Mo) 0,01÷1,0. Термогравиметрические исследования кинетики окисления твердых сплавов проводились в воздушной среде, а удельный вес образца за счет роста оксидной пленки с течением времени измерялся при постоянных температурах 523, 573 и 623 К.

Образцы сплава окисляли в течение 1 часа. Поскольку масса сплава на единицу поверхности не меняется со временем, кинетические кривые окисления сплавов ограничены 30 минутами. Полученные кинетические кривые окисления сплавов (рис. 1) показывают сложный характер итого процесса. Кривые процесса окисления сплава Zn55Al имеют степенной характер. В первые 15 минут резко возрастает уровень окисления (рис. 1(a)), что связано с растрескиванием и снижением защитных свойств оксидного слоя. Характерная особенность кривой окисления указывает на высоту уровня мощности.



**Рисунок 1. Кинетические кривые окисления:
сплав Zn55Al (а), в составе 0,01 мас.% хрома (б)**

С повышением температуры удельный вес (г/с) всех образцов увеличивается как функция времени (t). Во-первых, процесс окисления сплавов продолжается интенсивно до 12 минут по линейному закону. В дальнейшем, когда проявляется защитная способность оксидной пленки, линейная зависимость превращается в гиперболу (рис. 1(б)). Это связано с образованием на поверхности исследованных сплавов толстых оксидных защитных слоев продуктов окисления, таких как шпинель ZnAl_2O_4 и $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, которые способствуют ингибированию дальнейшего окисления.

Степень окисления образцов сплава переходного металла возрастает пропорционально увеличению концентрации до 1,0 %. При повышении температуры до 623K степень окисления увеличивается для всех образцов сплава. Однако окисление образцов разного состава происходит по разным механизмам. Так, для легкого сплава с молибденом, содержащим 0,01 % Mo, наблюдается значительное снижение скорости окисления, а для более легкого сплава с хромом, содержащим 1 % Cr, наблюдается незначительное увеличение скорости окисления. Все добавки марганца усиливают окисление сплава Zn55Al. Повышение температуры также существенно влияет на ход процесса окисления. Значительное снижение скорости окисления наблюдается при содержании в сплаве $0,01 \div 0,1\%$ Cr и Mo. Окисление сплавов незначительно увеличивается при переходе от молибденового сплава к хромовому, а затем к марганцевому сплаву (табл. 1).

Таблица 1.

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплава Zn55Al с переходными металлами

Добавки в сплаве Cr, Mn и Mo, мас %	Температура окисления, К	Прямая скорость окисления $K \cdot 10^4, \text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	Эффективная энергия активации окисления, кJ/mol
–	523	2.74	154.4
	573	3.32	
	623	3.73	
0.01 Cr	523	2.37	169.3
	573	2.79	
	623	3.26	
0.01 Mn	523	4.36	147.5
	573	4.68	
	623	5.15	
0.01 Mo	523	2.05	188.2
	573	2.35	
	623	2.71	
0.1 Cr	523	2.55	162.4
	573	2.99	
	623	3.42	
0.1 Mn	523	4.65	141.3
	573	4.98	
	623	5.44	
0.1 Mo	523	2.30	180.0
	573	2.42	
	623	3.05	
1.0 Cr	523	2.70	157.0
	573	3.14	
	623	3.55	
1.0 Mn	523	5.11	132.8
	573	5.44	
	623	5.90	
1.0 Mo	523	2.52	163.6
	573	2.94	
	623	3.39	

В качестве примера на рис. 2 приведены квадратичные кинетические кривые изменения массы образца в зависимости от температуры и времени окисления для сплава с содержанием 1 % хрома. В координатах $(g/s)^2-t$ кривые не укладываются линейно, то есть для математической обработки кривых $(g_s=Ktn)$ указывает на гиперболический механизм окисления сплава, соответствующий уравнению (табл. 2). Аналогичные кривые были получены и для других сплавов Zn55Al-Cr(Mn, Mo), где значение степенного закона n изменяется в диапазоне $2 \div 4$ в зависимости от состава сплава.

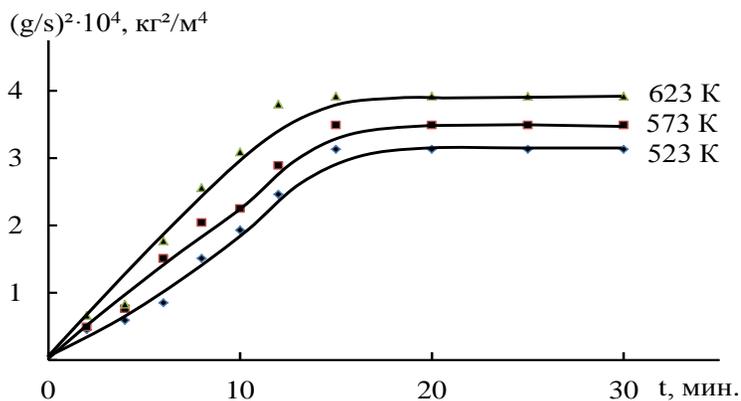


Рисунок 2. Квадратичные кривые окисления сплава Zn55Al с содержанием 1,0% хрома по массе.

Таблица 2.

Результаты математической обработки линий кинетической кривой окисления сплава Zn55Al с 1,0% хрома

Дополнительный Cr в сплаве, мас. %	T, К	Полиномы кривой окисления Сплавы	Коэффициент корреляции, R
–	523	$g_s = 0.002t^4 - 0.006t^3 + 0.012t^2 - 0.203t$	0.987
	573	$g_s = 0.003t^4 - 0.007t^3 + 0.016t^2 - 0.300t$	0.985
	623	$g_s = 0.004t^4 - 0.009t^3 + 0.017t^2 - 0.281t$	0.986
1.0	523	$g_s = 0.001t^4 - 0.002t^3 + 0.008t^2 - 0.189t$	0.994
	573	$g_s = 0.001t^4 - 0.003t^3 + 0.009t^2 - 0.287t$	0.991
	623	$g_s = 0.002t^4 - 0.005t^3 + 0.011t^2 - 0.261t$	0.992

Кривые 1-6 представленным на рис. 3. показывают изменение энергии активации процесса окисления с составом, Это значение рассчитывается по наклону прямой зависимости $\lg K$ от $1/T$. Для молибденовых сплавов кривые 2–6 лежат ниже кривой 1, что свидетельствует о снижении окисляемости сплава Zn55Al. Энергия активации окисления для сплава Zn55Al составляет 154,4 кДж/моль, а последующая добавка 0,01% Мо приводит к ее увеличению до 188,2 кДж/моль (рис. 4).

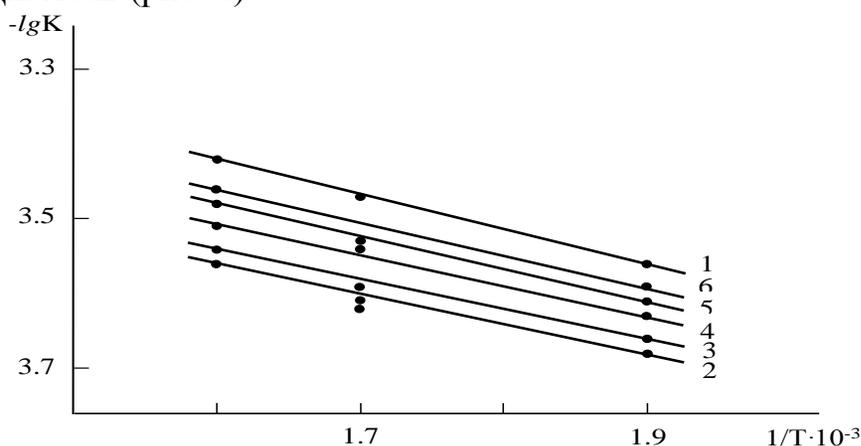


Рисунок 3. Зависимость $\lg K$ $1/T$ для сплава Zn55Al(1) с молибденом, мас. %: 0,01 (2); 0,05(3); 0,1(4); 0,5(5); 1.0(6)

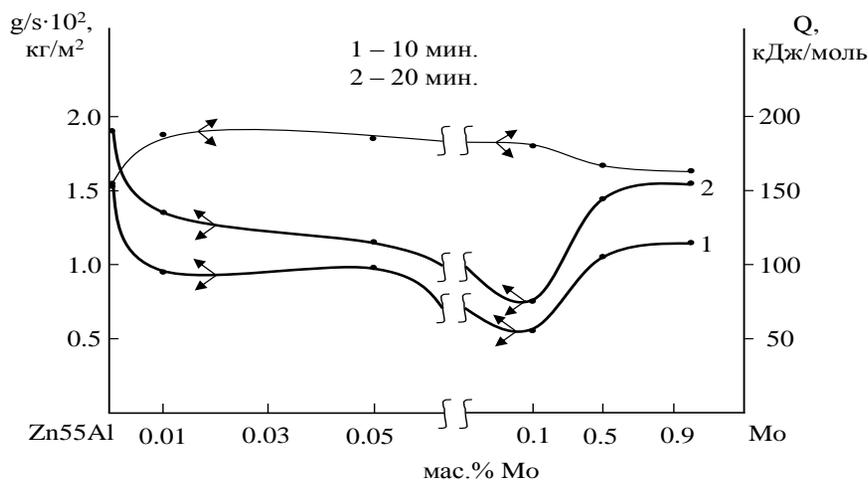


Рисунок 4. Изохроны окисления сплавов Zn55Al-Mo при 573 К.

Переходные металлы в зависимости от их концентрации закономерно влияют на окисление сплава Zn55Al. При легировании сплава Zn55Al 0,01÷1% Cr и Mo наблюдается снижение окисляемости. При введении в сплав марганца степень окисления

значительно возрастает. Окисление сплавов незначительно увеличивается от молибдена к хрому, а затем к марганцу (рис. 5).

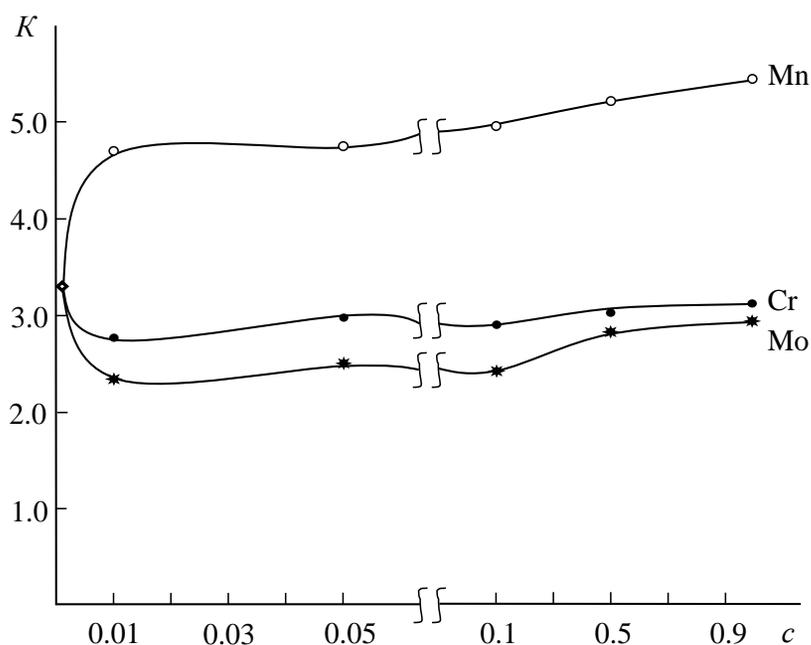


Рисунок 5. Сравнение изменения скорости окисления ($K \cdot 10^4$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$) сплава Zn55Al в зависимости от его состава (в, % масс.) переходные металлы при 523 К

Добавки в сплав переходных элементов, способствующих образованию защитных оксидных пленок при окислении, в данном случае хрома и молибдена, позволяют существенно снизить скорость окисления сплава (табл. 1). Окисление сплавов твердых металлов сопровождается небольшим увеличением образующейся на поверхности защитной пленки. В процессе окисления металлический сплав и ионы кислорода движутся в противоположных направлениях границ раздела фаз: $\text{Me} \rightarrow \text{оксид}$; $\text{оксид} \rightarrow \text{газовая фаза}$. Уменьшение кинетики окисления исследованных сплавов объясняется образованием шпинельной пленки, защищающей твердые сплавы от окисления. Таким образом, в процессе окисления сплавов образуются смеси простых оксидов и шпинелей сложного состава, а также присутствуют кристаллические фазы исходных компонентов (рис. 6).

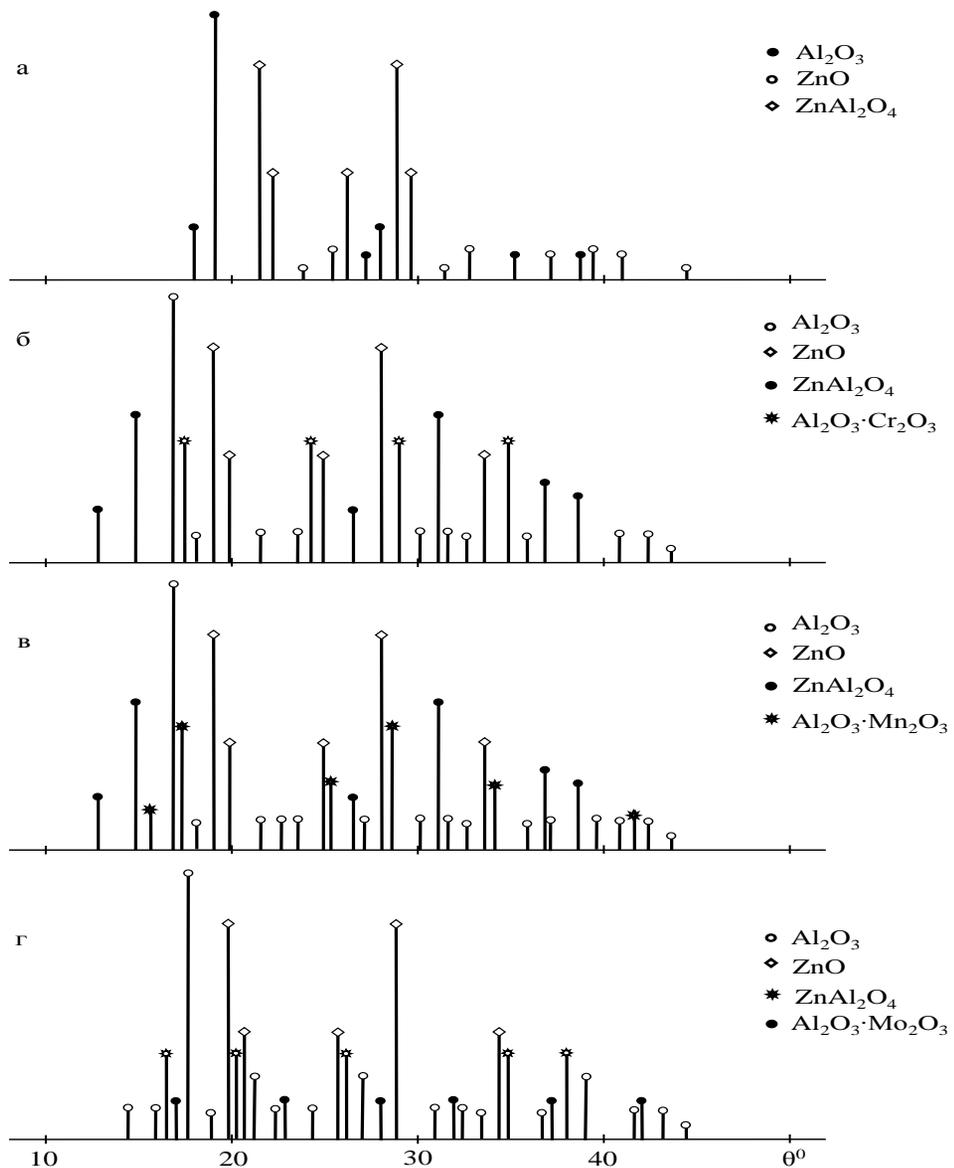


Рисунок 6. Рентгеновская дифракция продуктов окисления. сплав Zn55Al (а), содержащий 0,01 % Cr (б), Mn (в) и Mo (г)

В четвертой главе диссертации «Анодное поведение сплава Zn55Al, легированного хромом, марганцем и молибденом в растворах сильных электролитов HCl, NaCl, NaOH» представлены результаты потенциодинамического (2 мВ/с) исследования. Влияние добавок Cr, Mn и Mo на анодное поведение сплава Zn55Al в растворах сильных электролитов в зависимости от pH среды.

Для анодного поведения пассивирующих образцов сплавов Zn55Al-Mo большое значение имеют характерные точки на анодной

поляризационной кривой, соответствующие переходу сплава из одного состояния в другое. При изменении потенциала электрода в положительную сторону исследуемый сплав последовательно проходит через активное, активно-пассивное и пассивное состояния. Кривые сплавов Zn55Al-Mo (2-6) существенно ниже кривой сплава Zn55Al (1), которая показывает динамику анодной стабильности в 2,5-3 раза (рис. 7).

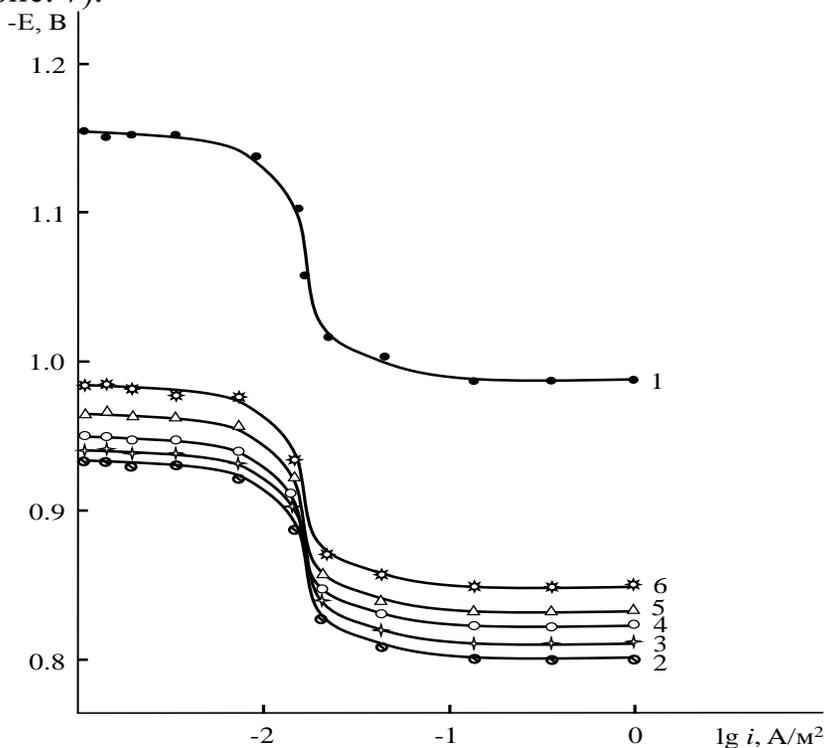


Рисунок 7. Кривые анодной поляризации сплава Zn55Al(1) с хромом, мас. %: 0,01(2), 0,05(3), 0,1(4), 0,5(5) и 1,0(6) в 3% растворе NaCl.

В сплаве Zn55Al с увеличением концентрации Cr, Mn и Mo, как минимального (0,01 %), так и максимального (1,0 %), происходит увеличение анодных свойств содержания переходных металлов по схеме: молибден → хром → марганец, что зависит от порядкового номера их свойств, связанных с изменением. Добавка хрома и молибдена (0,01÷0,1%) существенно повышает анодную стабильность и снижает скорость электрохимической коррозии сплава Zn55Al. Все добавки марганца отрицательно влияют на анодные свойства сплава Zn55Al (табл. 3).

Таблица 3.

Влияние добавок переходных металлов на анодные свойства сплава Zn55Al в растворах электролитов

Электролит	Добавки Cr, Mn и Mo в сплав, % масс	Электрохимические потенциалы				Степень коррозии	
		-E _{svkor}	-E _{кор.}	-E _{p.f.}	-E _{ер.}	i _{кор.} ·10 ²	K·10 ³
		В				A/m ²	g/m ² ·s
0.1n HCl	–	1.085	1.090	1.040	1.045	0.078	0.572
	0.01 Cr	0.931	0.944	0.905	0.911	0.039	0.286
	0.01 Mn	1.104	1.112	1.045	1.053	0.078	0.572
	0.01 Mo	1.051	1.062	1.022	1.033	0.037	0.271
	1.0 Cr	0.989	0.995	0.940	0.948	0.052	0.381
	1.0 Mn	1.160	1.174	1.080	1.095	0.083	0.608
	1.0 Mo	1.080	1.080	1.053	1.055	0.049	0.359
3% NaCl	–	1.043	1.185	1.100	1.114	0.035	0.256
	0.01 Cr	0.924	1.010	0.895	0.901	0.019	0.139
	0.01 Mn	1.059	1.190	1.103	1.105	0.040	0.293
	0.01 Mo	0.885	0.890	0.785	0.790	0.014	0.103
	1.0 Cr	0.975	1.065	0.930	0.938	0.031	0.227
	1.0 Mn	1.103	1.225	1.156	1.163	0.048	0.352
	1.0 Mo	0.940	0.975	0.851	0.866	0.022	0.161
0.1n NaOH	–	1.115	1.135	1.075	1.080	0.095	0.696
	0.01 Cr	0.950	0.959	0.925	0.935	0.047	0.344
	0.01 Mn	1.126	1.131	1.090	1.102	0.094	0.689
	0.01 Mo	0.940	0.949	0.915	0.925	0.041	0.300
	1.0 Cr	1.008	1.014	0.962	0.978	0.063	0.461
	1.0 Mn	1.177	1.189	1.133	1.142	0.098	0.718
	1.0 Mo	0.991	0.995	0.952	0.968	0.052	0.381

При изменении значения pH растворов сильных электролитов HCl, NaCl, NaOH в пределах 3÷10 скорость коррозии хромовых и молибденовых сплавов снижается в 1,2–2,8 раза соответственно. Добавка марганца существенно увеличивает скорость коррозии сплава Zn55Al. Таким образом, можно сказать, что легирующие добавки хрома и молибдена улучшают анодную коррозионную стойкость основного сплава (рис. 8).

Легирующие добавки хрома и молибдена, растворенные в твердых растворах α -Al + γ -Zn, не образуют новых фаз, но существенно уменьшают размер зерен сплава Zn55Al. При этом игольчатые структуры Zn55Al приобретают мелкосферическую форму. Сплавы марганца имеют дендритную структуру. Небольшие добавки третьего компонента (Cr, Mo) способствуют уменьшению

крупности зерна сплава Zn55Al в процессе кристаллизации и обеспечивают высокий уровень антикоррозионных свойств, игольчатые структуры сплава сменяются мелкозернистой структурой (рис. 9).

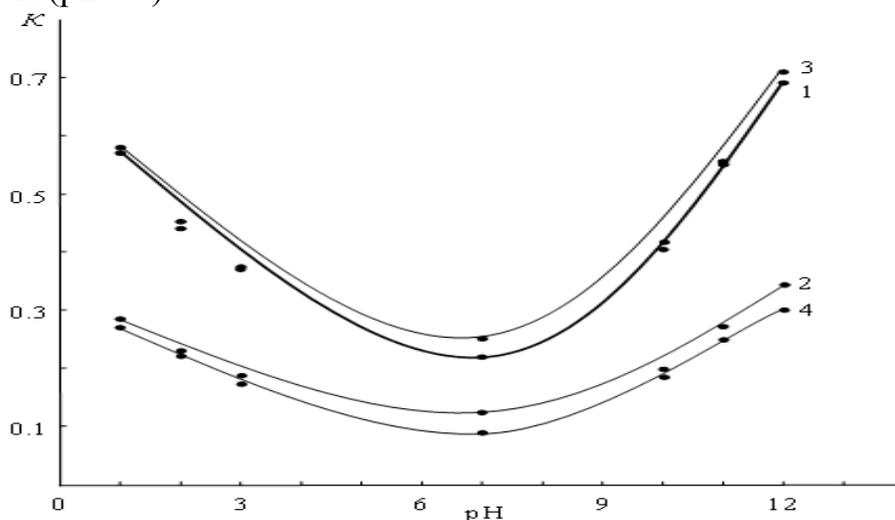


Рисунок 8. Влияние pH среды на скорость коррозии ($K \cdot 10^3$, г/м²·с) Сплав Zn55Al(1) 0,01% Cr(2), Mn(3) и Mo(4)

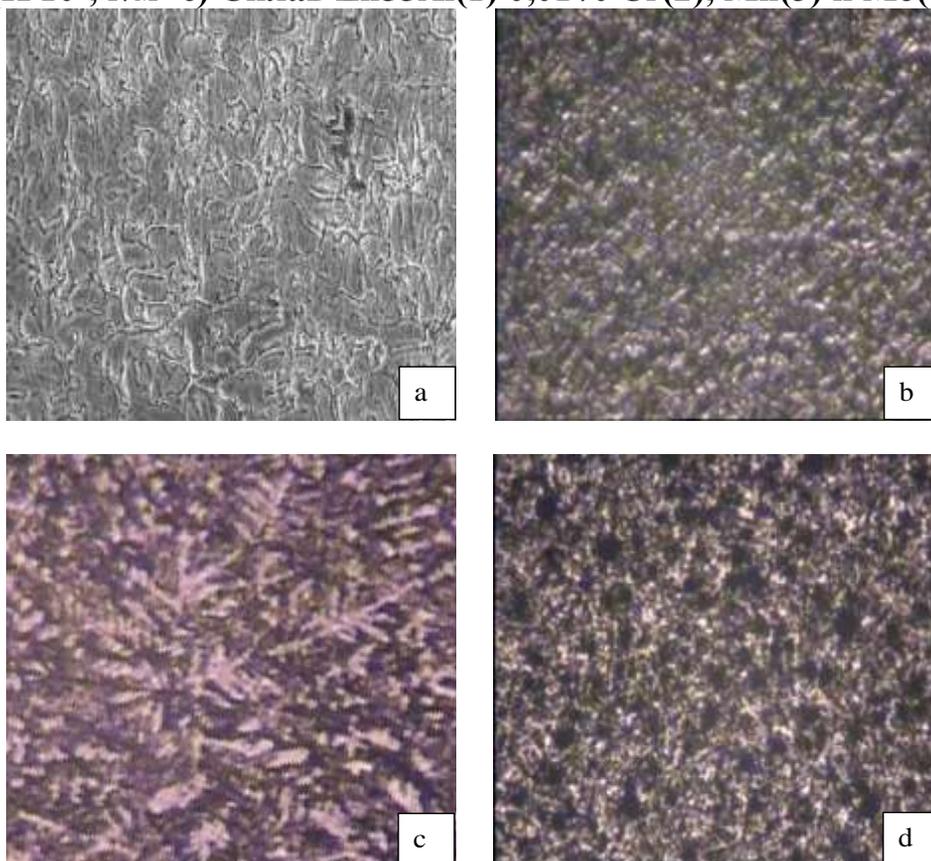


Рисунок 9. Изображение микроструктуры (x500) сплава Zn55Al (а) с 0,05% Cr (б), Mn (в) и Mo (г)

ВЫВОДЫ

1. Термогравиметрическим методом определены свойства, состав, температура и установлены кинетические закономерности изменения в зависимости от времени окисления сплавов Zn55Al с хромом, марганцем и молибденом, установлено, что окисление твердых сплавов при температуре 523-623 К имеет гиперболический характер.

2. Доказано, что содержание компонентов сплава (Cr, Mo) в количестве 0,01-1,0 масс. значительно повышают стойкость к высокотемпературному окислению сплава Zn55Al, а добавка марганца незначительно снижает его стойкость к окислению, реальная кинетика окисления составляет $K \cdot 10^4$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

3. Рентгенофазовым анализом доказано образование защитного слоя за счет образования Al_2O_3 , ZnO , Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , MnO , Mo_2O_3 и ZnAl_2O_4 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Mo}_2\text{O}_3$ и шпинелевых пленок в результате окисления синтезированного сплава.

4. Потенциодинамическим методом (2 мВ/с) доказано, что в растворах сильных электролитов HCl, NaCl и NaOH скорость коррозии хромовых и молибденовых сплавов снижается в 1,2-2,8 раза, а в марганцевых увеличивается в 1,1-1,4 раза.

5. Определены закономерности повышения анодных характеристик сплавов Zn55Al с Cr, Mn, Mo в зависимости от изменения pH среды, а также установлено, что коррозионная стойкость сплавов хрома и молибдена возрастает с увеличением pH от 3 до 10. Это объясняется тем, что поверхность сплава Zn55Al с Cr и Mo зернистая и плотная, а марганцевые сплавы имеют дендритную структуру.

6. Синтезированные сплавы Zn55Al с Cr, Mn, Mo внедрены в производство ГУП «Qorgoxi mashinosozi» и ООО «Nokili TALKo» в г. Душанбе. Рекомендованы для повышения долговечности трущихся деталей и продления срока службы изделий.

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJASINI BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.K.01.03
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

AKADEMIC B. GAFUROV NOMLI XO‘JAND DAVLAT UNIVERSITETI

Rajabova Shafolat Gafurovna

**XROM, MARGANETS VA MOLIBDENLI Zn⁵⁵Al QOTISHMALARINING
OKSIDLANISH KINETIKASI VA ANOD O‘ZGARISHLARI**

02.00.04 – Fizik kimyo (kimyo fanlari)

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi oliy attestatsiya komissiyasida _____ raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Xo'jand davlat universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (rus, o'zbek, ingliz (rezюме)) veb-sahifa www.ik-kimyo.nuu.uz manziliga hamda "ZiyoNET" axborot-talim portali www.ziynet.uz manziliga joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Obidov Ziyodullo Rahmatovich
kimyo fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Akbarov Xamdani Ikromovich
kimyo fanlari doktori, professor

Guro Vitaliy Pavlovich
kimyo fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Toshkent kimyo taxnologiyalar instituti

Dissertatsiya himoyasi O'zbekiston Milliy universiteti huzuridagi 03/30.12.2019.K.01.03 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil 28.09 soat 11⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100174, Toshkent sh., Universitet ko'chasi, 4-uy). Tel.: (99871) 227-12-24, faks: (99824) 246-02-24, e-mail ilmiy_kengash@nuu.uz.

Dissertatsiya bilan O'zbekiston Milliy universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (96-raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: (100174, Toshkent sh., Universitet ko'chasi, 4-uy, tel.: (+99871) 246-67-71.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "18" "09" tarqatildi.
(2024 yil "17" "09" dagi 24 raqamli reyestr bayonnomasi).


Z.A. Smanova
ilmiy darajalarini beruvchi
ilmiy kengash raisi,
k.f.d., professor


N.X. Qutlimurotova
ilmiy darajalarini beruvchi
ilmiy kengash kotibi,
k.f.d., professor


X.I. Akbarov
ilmiy darajalarini beruvchi
ilmiy kengash huzuridagi ilmiy seminar
raisi, k.f.d., professor



KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda dunyoda texnologiyaning rivojlanishi fizik-kimyoviy xususiyatlari yaxshilangan yangi qotishmalarni qo‘llashni talab qilmoqda. Qotishmalarning fizik - kimyoviy xossalari yaxshilashda ularning kimyoviy va elektrod jarayonlarining kinetikasi muhim o‘rin tutadi. Ayniqsa, rux-alyuminiy qotishmasiga har xil metallarni kiritish oqrali olingan materiallar ularning korroziyaga bardoshlilikini oshirishda muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Butun dunyoda qotishmalarning oksidlanish kinetikasi va mexanizmini turli sharoitlarda o‘rnanish bo‘yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. oksidlanish kinetikasi qotishmalarni chuqur tahlil qilishga va nazariy baholashga yordam beradi. Ilmiy tadqiqotda amaliyotda qo‘llaniladigan qotishmalarning yuqori harorat va atmosferadagi oksidlovchilar ta‘sirida emirilishini oldini olishga yo‘naltirilgan. Qotishmalarda massa almashinuvi, oksidlar yoki qotishmalarning bug‘lanishi; oksidlanishda mexanik kuchlanishning roli; bir nechta oksidlovchi moddalarni o‘z ichiga olgan murakkab muhitda oksid qalinligining o‘sishi; kuchli elektrolitlar eritmalarida anodik xususiyatlar; qotishma tarkibining mikro tuzilishi va oksidlanish o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Mazkur dissertatsiya tadqiqoti Tojikiston respublikasi prezidentining PQ-3236 “Dasturi taraqqiyoti kimyo sanoati dar davrai 2017-2021 va Farmonhoi Prezidenti Jumhurii Tojikiston PSR-168 30 apreli 2021 “Dar borai barrasii urtavari rushdi Respublikasi davlatii rohbarii 2021; Tojikiston 2021-2025 yillar uchun”; NSR-636 az 1 dekabri 2016 «Dar borai strategiyai rushdi millii Tojikiston Respublikasi dar davrai to soli 2030»; 2022-yil 6-yanvardagi “2022-2026-yillar – Sanoatni rivojlantirish yillari” GRP-309-sonli, shuningdek, ushbu sohada qabul qilingan boshqa me‘yoriy hujjatlarda.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Tojikiston Respublikasida «Dasturi industriyai jadalonii Jumhurii Tojikiston baroi 2020-2026» ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Butun dunyo olimlari K.L. Lin, C.F. Yang, J.T. Li, P. Annalisa, T. Marialaura, F.E. Gudvin, E. Aldirmaz, U. Sari, X. Chelik, M. Senturk, E. Aldirmaz, I. Aksoy, R. Fourmentin, G. Reumont, P. Perrot, S. Klaessens, V. Raghavan, T. Vang, D. Kevorkov, M. Medraj, A. Nassef, A.A. Mazilkin, T. Uesugi, S.G. Maniram, R.N. Amini, Ya.M. Kolotyркиn, L.I. Freiman, P. Barre, B.M.

Lepinskix, A.A. Kitashev, A.A. Belousov, V.A. Makarov, I.E. Briksin, L.F. Mondolfo, N. Birks, J. Mayer, V.A. Kechin, E.Ya. Lyublinskiy, E.V. Proskurkin, Yu.Ya. Andreev, O. Kubashevskiy, B. Xopkins, A.I. Vitkin, P. Kofstad, N.A. Toropov, G.N. Shivrin, G.G. Uhlig, R.U. Revy, A.V. Vvedenskiy, N.J. To'raxo'jaev, A.Sh. Ziyadullaev, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov va boshqalar qotishma metall qotishmalarining sintez qonuniyatlari va turli xossalarini o'rganish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib bormoqdalar.

Ular qotishmalarni sintez qilish usullarini, himoya metall qoplamalar kompozitsiyalarini ishlab chiqdilar, ishlab chiqarish jarayonlarining nazariy asoslarini taklif qildilar va turli xil sanoat maqsadlarida qotishma Zn-Al qotishmalarining ishlash xususiyatlarini o'rganganlar.

Shu bilan birga, yangi anodik ko'pkomponentli qotishma Zn-Al qotishmalarini olish, oksidlanish kinetikasi va anodik harakatini o'rganish, ularning anodik erishi va oksidlanish jarayonlarining shartlari hamda kinetik qonuniyatlarini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar olib boorish muhim hisoblanadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim yoki ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Tojikiston Respublikasi akad. B. Gafurov nomli Xo'jand davlat universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi "Xalq xo'jaligi va turli sanoat tarmoqlari ehtiyojlari uchun yangi rux-alyuminiy qotishmalarini yaratish" (2016-2021) va Davlat ilmiy-texnikaviy dasturi doirasida "Xo'jand davlat universitetini strategik rivojlantirish istiqbolli dasturi 2018-2023" asosida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi xrom, marganets va molibdenli Zn55Al qotishmalarining oksidlanish kinetikasini va turli muhitlarda anod o'zgarishlarini tadqiq qilishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

- Zn55Al qotishmasini xrom, marganets va molibden bilan sintez qilish;
- Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn va Zn55Al-Mo tizimlarining qotishmalarini oksidlanish jarayonida kinetik va energiya xususiyatlarini aniqlash;
- qotishma oksidlanish mahsulotlarining fazali tarkibini aniqlash;
- HCl, NaCl, NaOH eritmalarida Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn va Zn55Al-Mo tizimlarining qotishmalarini sinashda anodik xususiyatlarni aniqlash;
- Cr, Mn va Mo ning Zn55Al qotishmasining mikro tuzilishiga ta'sirini o'rganish;
- Zn55Al-Cr(Mn, Mo) uchlik qotishmalarining kimyoviy tarkibini optimallashtirish va ulardan foydalanish doirasini aniqlash.

Tadqiqotning obyektlari Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn va Zn55Al-Mo tizimlarining qotishmalari hisoblanadi.

Tadqiqotning predmeti xrom, marganets va molibdenli Zn55Al qotishmalarining turli eksperimental sharoitlarda oksidlanish kinetikasi va anod o'zgarishlari tadqiq qilishdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) va rentgen fazaviy tahlil, termogravimetrik va potentsiostatik tahlil usullari.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi:

Zn55Al qotishmasini xrom va molibden bilan legirlanganda uning oksidlanish kinetikasining haqiqiy tezligi $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ga pasayishi aniqlangan;

Zn55Al qotishmasiga 0.01÷1.0% marganets qo'shilishi oksidlanish kinetikasining oshishiga olib kelgan, bu oksidlanish jarayoniga samarasiz ta'sir qilishini aniqlangan;

oksidlanish jarayonining faollashuv energiyasi qotishmalarning tarkibiga, haroratga va oksidlanish vaqtiga qarab farq qilishi aniqlangan;

Zn55Al-Cr(Mn, Mo) tizimli qattiq qotishmalarining oksidlanish kinetikasi giperbolik bog'liqlikka egaligi isbotlangan;

Zn55Al-Cr(Mn, Mo) tizimli qotishmalarini oksidlanish jarayonida oddiy oksidlar Al_2O_3 , ZnO, Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , MnO, Mo_2O_3 va murakkab tarkibli ZnAl_2O_4 , $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Mn}_2\text{O}_3$ va ZnAl_2O_4 shpinellar hosil bo'lishi aniqlangan;

0.01÷0.1% oralig'idagi Cr, Mo metallarini Zn55Al qotishmasiga qo'shilishi, uning kuchli elektrolitlar HCl, NaCl, NaOH eritmalarida anod xususiyatlarini 2-3 marta yaxshilashi aniqlangan;

Zn55Al-Cr va Zn55Al-Mo qotishmalarining anod xarakteristikallari elektrod potentsiallari musbat qiymatlar sohasiga siljiganligi aniqlangan;

xrom va molibdenli Zn55Al qotishmalarining elektrokimyoviy korroziya tezligi pH muhitning oshishi bilan sezilarli darajada kamayishi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari:

turli miqdorda d- metallarni qo'shish orqali yangi uchlik Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn va Zn55Al-Mo qotishmalari sintez qilingan;

xrom, marganets va molibden bilan Zn55Al qotishmasining kinetik va anodik xarakteristikallari uchun samarali chegaralar topilgan;

ishlab chiqilgan yangi tarkibli Zn-Al qotishmasi uchun TJ 1275 raqamli patent olingan;

po'latdan yasalgan buyumlar uchun himoya qoplamasi sifatida optimal tarkibga ega uchlik anodik qotishma Zn-Al-Cr(Mn,Mo) ishlab chiqarishga qo'llanilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullaridan foydalanish, regressiya tenglamalarining aniqligi, natijalarni statistik qayta ishlash, nazariy va eksperimental ma'lumotlarning izchilligi bilan asoslangan.

Tadqiqotning natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, birinchi marta Zn55Al qotishmasiga Cr, Mn va Mo qo'shimchalari kiritilganda qotishmalarining anodli va kinetik xossalari, tuzilishi, fazaviy tarkibi, turli murakkab fizik xossalarida o'zgarishlar sodir bo'ladi, shuningdek, kimyoviy tadqiq qilish va Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn va Zn55Al-Mo qotishmalarining kinetik va anodli xossalarini o'zgartirish qonuniyatlarini aniqlash bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, xrom, marganets va molibden bilan Zn55Al anodli qotishmasi olingan va po'latdan yasalgan buyumlar va konstruktsiyalar uchun himoya qoplamasi sifatida ishlatilishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Sintez qilingan Zn55Al-Cr(Mn,Mo) qotishmalarining ishlab chiqarishga qo'llash natijalar asosida:

Dushanbe shahridagi "Qorgoxi mashinasozi" davlat unitar korxonasi ishlab chiqarishiga St3, St45 va St65 uglerodli po'latlardan yasalgan detallar yuzasiga Zn55Al-Cr(Mn,Mo) qotishmalaridan himoya qoplamalarini qo'llash texnologiyasi joriy etildi. Vazorati sanoat va texnologiyahoi yangii Jumhurii Tojikiston №15-900 az 20.04.2023). Chidamlilikni oshirish va ehtiyot qismlarning xizmat qilish muddatini uzaytirish natijasida yiliga 840 dollarlik samaraga erishilgan;

qotishma Zn-Al qotishmalarining zich qatlami bilan po'lat simi novdalarining bir xil qoplamasi Dushanbe shahridagi "Nokili TALKo" MChJ korxonasida amalga oshirish uchun qabul qilindi (Tojikiston Respublikasi Sanoat va yangi texnologiyalar vazirligining apreldagi 15-898-sonli guvohnomasi). 20, 2023 yil). Himoya qoplamasidan foydalanishning iqtisodiy samarasi mahsulotlarning 1 m² himoyalangan yuzasi uchun 27 AQSh dollarini tashkil etgan;

Zn55Al-Cr (Mn,Mo) anodik qotishmalaridan himoya qoplamalar yordamida mashina mexanizmlarining ishchi yuzalarini (St3, St45 va St65 po'latlaridan) metallurgik qayta ishlash texnologiyasi "Qorgoxi mashinasozi" davlat unitar korxonasi ishlab chiqarishiga joriy etildi.

Dushanbe (Ma'lumotnomasi Vazirligi Sanoat va Texnologiyalari Jumhurii Tojikiston № 15-901, 20 aprel 2023). Ishqalanadigan qismlarning chidamliligini oshirish va mahsulotlarning xizmat qilish muddatini uzaytirish natijasida yiliga 905 dollarlik samaraga erishildi.

Tadqiqot natijalarining aprotatsiyasi. Tadqiqot natijalari bo'yicha 2 ta xalqaro va 1 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya ishi bo'yicha jami 9 ta ilmiy ishlar nashr qilinib, ulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta maqola, ulardan 3 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan. Taraqqiyoti Zn-Al qotishmahoi kompozitsiyahoi patenti Tojikiston Respublikasi (TJ№1275) qabul qildi.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, 4 ta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 98 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida ilmiy ishning dolzarbligi, maqsad va vazifalari, olib borilayotgan tadqiqotning ahamiyati shakllantiriladi, fizik kimyodagi ilmiy va amaliy ahamiyati aks ettiriladi, ilmiy yangilik va natijalarni ishlab chiqarishda qo'llash imkoniyatlari tavsiflanadi, himoyaga taqdim etilgan qoidalarni sanab o'tadi.

Dissertatsiyaning **“Doping Zn-Al qotishmalarining fizik-kimyoviy xossalari” birinchi bobida** rux va uning qotishmalarining turli sharoitlarda xossalari va qo'llanilishi bo'yicha batafsil tahlil qilingan adabiyotlar ko'rib chiqiladi. Turli muhitlarda sink va rux-alyuminiy qotishmalarining oksidlanish kinetikasi va anodik harakati; Zn-Al qotishmalari asosidagi oksidli plyonkalardagi strukturaviy komponentlar va fazalar; kuchli elektrolitlar eritmalarida Zn-Al qotishmalarining harakati ko'rib chiqiladi. Kimyoviy texnologiya, qurilish, metallurgiya, elektrokaplama, mashinasozlik, kemasozlik, avtomobilsozlik va boshqalarda Zn-Al asosidagi himoya qoplamalaridan asosli foydalanish isbotlangan. Zn⁵⁵Al qotishmasining xrom, marganets va molibden bilan oksidlanish kinetikasi va anodik xatti-harakatlarini eksperimental o'rganish zarurati karbonli po'latdan yasalgan buyumlar va konstruktsiyalar uchun yangi anodik himoya qotishma qoplamalarini ishlab chiqish uchun ko'rsatilgan.

Dissertatsiyaning **ikkinchi "Ob'yektlar, asboblar va aksessuarlar, eksperimental tadqiqot usullari" bobida** Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn va Zn55Al-Mo tizimlarining sintezi va qotishmalarini ishlab chiqarish bo'yicha maqsadli tadqiqotlar olib borilgan va qotishmalarning kimyoviy tarkibini tahlil qilingan. Qotishma tarkibidagi moddalarning fizik-kimyoviy xossalari shart-sharoitlari va parametrlariga qarab kinetik va anodik jarayonlarning yuzaga kelish qonuniyatlari aniqlangan. Ularning tarkibi, shakli, tuzilishi va xossalari mikro-rentgen spektral, rentgen difraksiyasi, termogravimetrik, potensiostatik va metallografik usullar bilan aniqlangan.

Dissertatsiyaning **"Xrom, marganets va molibden bilan qattiq holatdagi Zn55Al qotishmasining oksidlanish kinetikasi"** uchinchi bobida oksidlanish jarayonining harorati va vaqtiga qarab Zn55Al qotishmasining yuqori haroratli oksidlanish kinetikasiga o'tish metallini qotishma qo'shimchalarining (Cr, Mn, Mo) ta'siri natijalari keltirilgan.

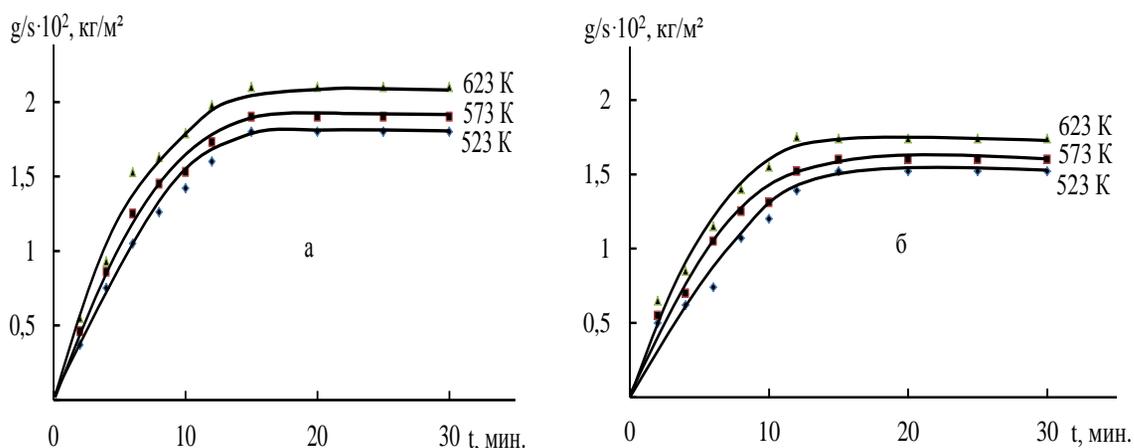
Oksidlanish kinetikasini o'rganish uchun 0.01÷1.0 og'irlikdagi o'tish metallari (Cr, Mn, Mo) qo'shilgan Zn55Al qotishmasidan namunalar tayyorlandi. Qattiq qotishmalarning oksidlanish kinetikasini termogravimetrik o'rganish havo muhitida o'tkazildi va vaqt o'tishi bilan oksid plyonkasi o'sishi tufayli namunaning solishtirma og'irligi 523, 573 va 623 K doimiy haroratlarda o'lchandi.

Qotishma namunalari oksidlash 1 soat davomida amalga oshirildi. Birlik sirt maydoniga qotishma massasi vaqt o'tishi bilan deyarli o'zgarmaganligi sababli, qotishmalarning oksidlanishining kinetik egri chiziqlari 30 minut bilan cheklangan. Qotishma oksidlanishidan olingan kinetik egri chiziqlari (1-rasm) qotishma oksidlanish jarayonining murakkab xususiyatini ko'rsatadi. Zn55Al qotishmasining oksidlanish jarayonining egri chiziqlari kuch-qonuniy xususiyatga ega. Dastlabki 15 daqiqada oksidlanish darajasi keskin oshadi (1-(a)rasm), bu yorilish va oksid qatlamining himoya xususiyatlarining pasayishi bilan bog'liq. Oksidlanish egri chizig'ining xarakterli xususiyati quvvat darajasining balandligini ko'rsatadi.

Haroratning oshishi bilan barcha namunalarning solishtirma og'irligi (g/s) vaqtga (t) qarab ortadi. Birinchidan, qotishmalarning oksidlanish jarayoni chiziqli qonunga muvofiq 12 daqiqagacha intensiv ravishda davom etadi. Keyinchalik, oksid plyonkasining himoya qobiliyati o'zini namoyon qilganda, chiziqli qaramlik giperbolaga aylanadi (1-(b)rasm). Buning sababi, o'rganilayotgan qotishmalar yuzasida shpinel $ZnAl_2O_4$ va $Al_2O_3 \cdot Cr_2O_3$ kabi oksidlanish

mahsulotlaridan iborat qalin oksidli himoya qatlamlari hosil bo'lib, davom etayotgan oksidlanishni to'xtatishga yordam beradi.

Qotishma namunalarining oksidlanish darajasi o'tish metall konsentratsiyasining 1.0% gacha oshishiga mutanosib ravishda ortadi. Harorat 623K ga ko'tarilganda, barcha qotishma namunalari uchun oksidlanish darajasi ortadi. Biroq, turli xil tarkibdagi namunalarning oksidlanishi turli mexanizmlar orqali sodir bo'ladi. Shunday qilib, 0.01% Mo ni o'z ichiga olgan molibdenli kam legirlanadigan qotishma bo'lsa, oksidlanish tezligining sezilarli pasayishi kuzatiladi, 1% Cr o'z ichiga olgan xrom bilan ko'proq legirlanadigan qotishma uchun esa oksidlanish tezligining biroz oshishi kuzatiladi. Barcha marganets qo'shimchalari Zn55Al qotishmasining oksidlanishini oshiradi. Haroratning oshishi ham oksidlanish jarayonining borishiga sezilarli ta'sir qiladi. Oksidlanish tezligining sezilarli pasayishi qotishma tarkibida 0.01÷0.1% Cr va Mo bo'lganda kuzatiladi. Molibdenli qotishmadan xromli qotishmaga, keyin marganetsli qotishmaga o'tganda qotishmalarning oksidlanishi biroz ortadi (1-jadval).

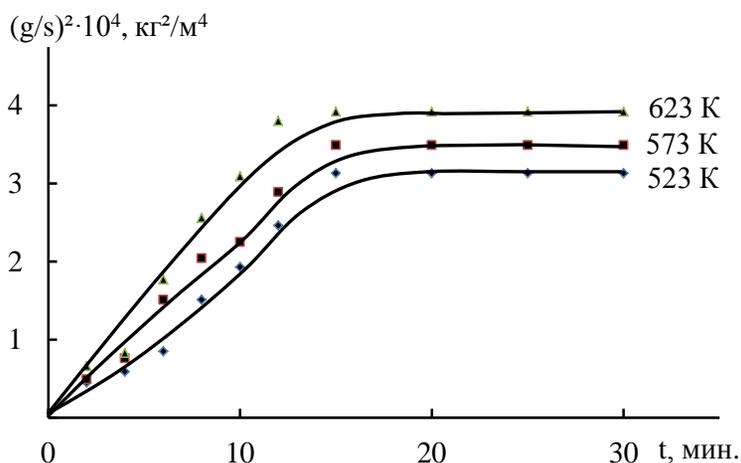


**1-rasm. Oksidlanishning kinetik egri chiziqlari
Zn55Al qotishmasi (a) tarkibida 0.01 mas.% xrom (b)**

Misol sifatida 2-rasmda 1% xromli qotishma uchun harorat va oksidlanish vaqtiga bog'liq holda namuna massasining o'zgarishining kvadratik kinetik egri chiziqlari ko'rsatilgan. $(g/s)^2-t$ koordinatalarida egri chiziqlar chiziqli mos kelmaydi, ya'ni egri chiziqlarni matematik qayta ishlash uchun $(g_s=Kt^n)$ tenglamaga mos keladigan qotishma oksidlanishning giperbolik mexanizmini bildiradi (2-jadval). Xuddi shunday egri chiziqlar Zn55Al-Cr(Mn, Mo) tizimlarining boshqa qotishmalari uchun ham olingan, bunda n ning quvvat qonuni qiymati qotishma tarkibiga qarab 2÷4 oralig'ida o'zgarib turadi.

**1-jadval. Jarayonning kinetik va energiya parametrlari
Zn55Al qotishmasining o'tish metallari bilan oksidlanishi**

Qo'shimchalar Cr, Mn va Mo qotishma ichida, mas. %	Oksidlanish harorati, K	Haqiqiy oksidlanish darajasi $K \cdot 10^4$, $kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	Oksidlanishning samarali faollashuv energiyasi, kJ/mol
–	523	2.74	154.4
	573	3.32	
	623	3.73	
0.01 Cr	523	2.37	169.3
	573	2.79	
	623	3.26	
0.01 Mn	523	4.36	147.5
	573	4.68	
	623	5.15	
0.01 Mo	523	2.05	188.2
	573	2.35	
	623	2.71	
0.1 Cr	523	2.55	162.4
	573	2.99	
	623	3.42	
0.1 Mn	523	4.65	141.3
	573	4.98	
	623	5.44	
0.1 Mo	523	2.30	180.0
	573	2.42	
	623	3.05	
1.0 Cr	523	2.70	157.0
	573	3.14	
	623	3.55	
1.0 Mn	523	5.11	132.8
	573	5.44	
	623	5.90	
1.0 Mo	523	2.52	163.6
	573	2.94	
	623	3.39	

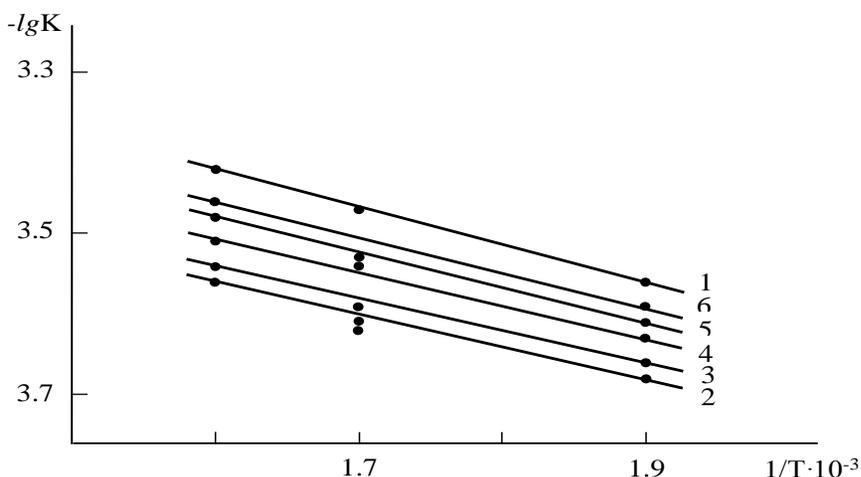


2-rasm. Oksidlanish jarayonining kvadratik egri chiziqlari og'irligi 1.0% xrom bo'lgan Zn55Al qotishmasi.

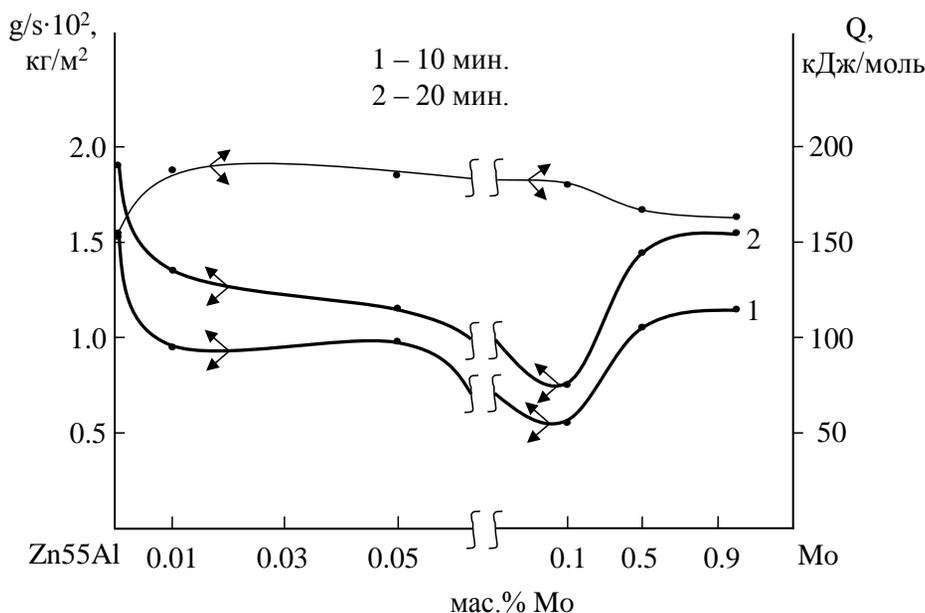
2-jadval. 1.0% xromli Zn55Al qotishmasining oksidlanishining kinetik egri chiziqlarini matematik qayta ishlash natijalari

Qo'shimcha Cr qotishmada, mas. %	T, K	Qotishmalarning oksidlanish egri chiziqli polinomlari	Korrelyatsiya koeffitsienti, R
—	523	$g_s = 0.002t^4 - 0.006t^3 + 0.012t^2 - 0.203t$	0.987
	573	$g_s = 0.003t^4 - 0.007t^3 + 0.016t^2 - 0.300t$	0.985
	623	$g_s = 0.004t^4 - 0.009t^3 + 0.017t^2 - 0.281t$	0.986
1.0	523	$g_s = 0.001t^4 - 0.002t^3 + 0.008t^2 - 0.189t$	0.994
	573	$g_s = 0.001t^4 - 0.003t^3 + 0.009t^2 - 0.287t$	0.991
	623	$g_s = 0.002t^4 - 0.005t^3 + 0.011t^2 - 0.261t$	0.992

3-rasmda ko'rsatilgan 1-6 egri chiziqlari, tarkibi bilan oksidlanish jarayonining faollashuv energiyasining o'zgarishini aks ettiradi. Bu qiymat $\log K$ ning $1/T$ ga to'g'ridan-to'g'ri bog'liqligining qiyaligidan hisoblanadi. Molibden qotishmalari uchun 2-6 egri chiziqlar 1 egri chiziq ostida joylashgan bo'lib, bu Zn55Al qotishmasining oksidlanish qobiliyatining pasayishini ko'rsatadi. Zn55Al qotishmasi uchun oksidlanishning faollashuv energiyasi 154.4 kJ/mol ni tashkil qiladi va keyinchalik 0.01% Mo qo'shilishi Q ning 188.2 kJ/mol ga oshishiga olib keladi (4-rasm).

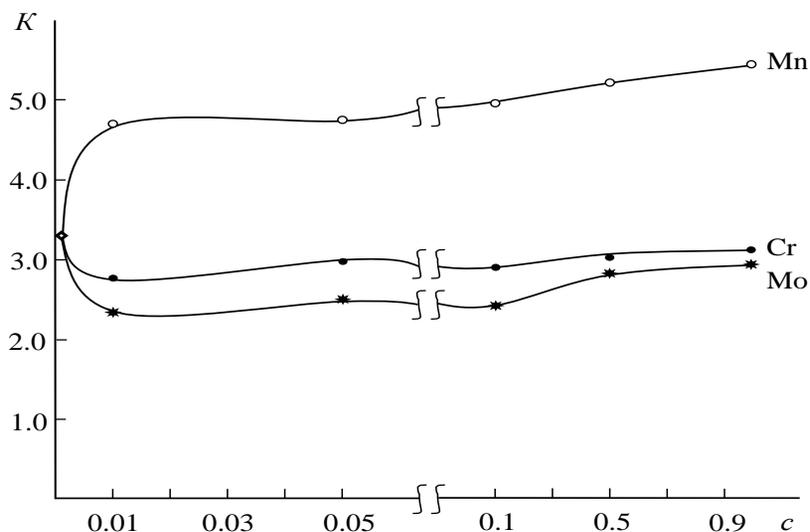


3-rasm. Zn55Al(1) qotishmasi uchun $\lg K$ ning $1/T$ ga bog'liqligi molibden bilan, mas. %: 0.01 (2); 0.05(3); 0.1(4); 0.5(5); 1.0(6)



4-rasm. Zn55Al-Mo qotishmalarining 573 K da oksidlanish izoxronlari.

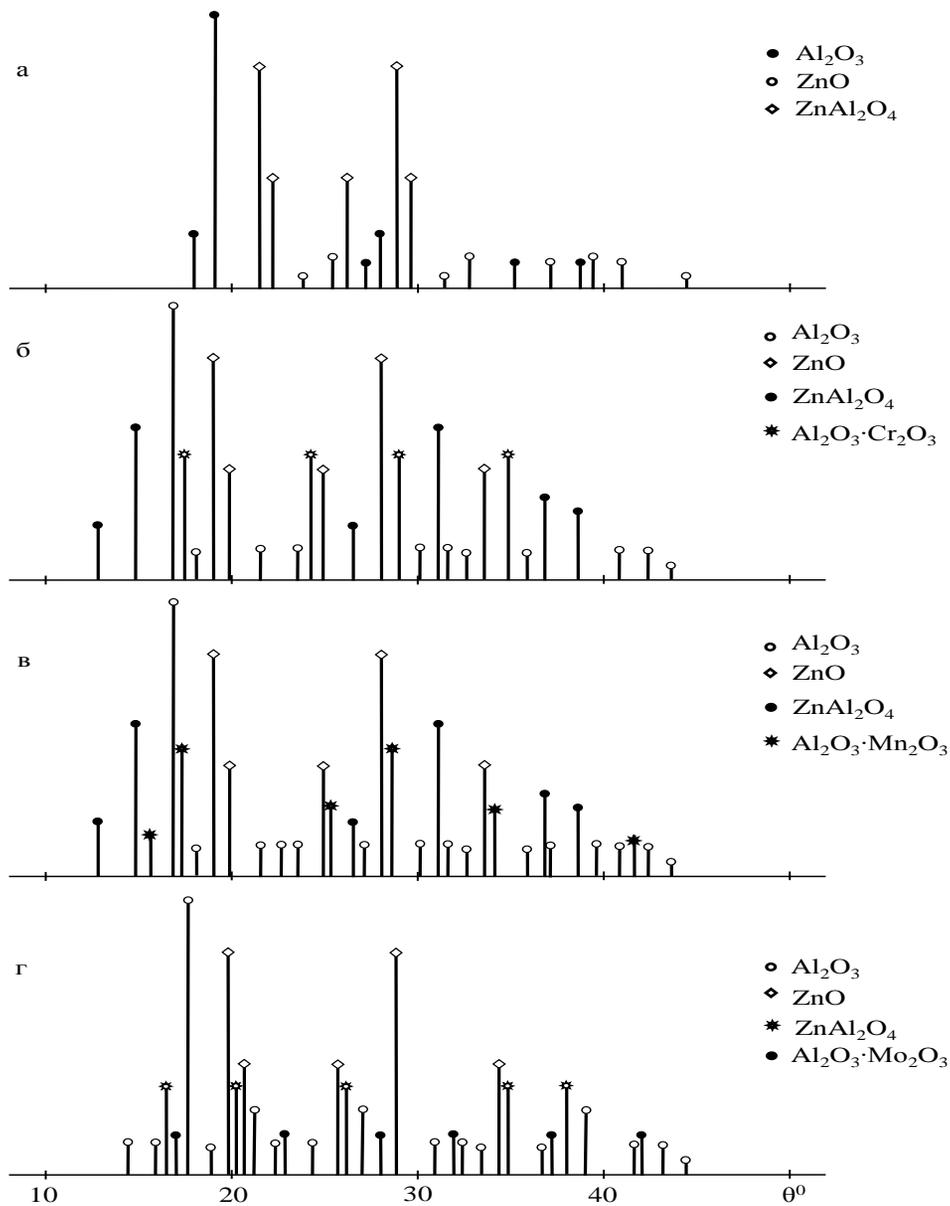
O'tish metallari, ularning konsentratsiyasiga qarab, tabiiy ravishda Zn55Al qotishmasining oksidlanishiga ta'sir qiladi. Zn55Al qotishmasini 0.01÷1% Cr va Mo bilan qotishganda oksidlanish qobiliyatining pasayishi kuzatiladi. Marganetsning qotishma ichiga kiritilishi bilan oksidlanish darajasi sezilarli darajada oshadi. Molibdendan xromga, keyin marganetsga qadar qotishmalarning oksidlanishi biroz oshadi (5-rasm).



5-rasm. Tarkibiga qarab Zn55Al qotishmasining oksidlanish tezligi ($K \cdot 10^4$, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sek}^{-1}$) o'zgarishining qiyosiy grafigi (c, mas.%) 523 K haroratda o'tish metallari.

Oksidlanish jarayonida himoya oksidi plyonkalarining shakllanishiga yordam beruvchi o'tish elementlarining qotishmasiga qo'shimchalar, bu holda xrom va molibden, qotishma oksidlanish tezligini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin (1-jadval). Qattiq metall qotishmalarining oksidlanishi sirtida yaratilgan himoya plyonkaning biroz o'sishi bilan birga keladi. Oksidlanish jarayonida metall qotishmasi va kislorod ionlari faza interfeyslarining qarama-qarshi yo'nalishlarida harakat qiladi: $\text{Me} \rightarrow \text{oksid}$; $\text{oksid} \rightarrow \text{gaz fazasi}$. O'rganilayotgan qotishmalarining oksidlanish kinetikasining pasayishi qattiq qotishmalarni oksidlanishdan himoya qiluvchi shpinel plyonka hosil bo'lishi bilan izohlanadi. Shunday qilib, qotishmalarining oksidlanishi jarayonida oddiy oksidlar va murakkab tarkibli shpinellarning aralashmalari hosil bo'ladi va dastlabki komponentlarning kristal fazalari ham mavjud (6-rasm).

Dissertatsiyaning **to'rtinchi bobida "Kuchli elektrolitlar HCl, NaCl, NaOH eritmalarida xrom, marganets va molibden bilan legirlangan Zn55Al qotishmasining anodik harakati"** muhitning pH darajasiga qarab kuchli elektrolitlar eritmalarida Zn55Al qotishmasining anodik xatti-harakatiga Cr, Mn va Mo qotishma qo'shimchalarining ta'sirini potentsiodinamik (2 mV/s) o'rganish natijalari keltirilgan.

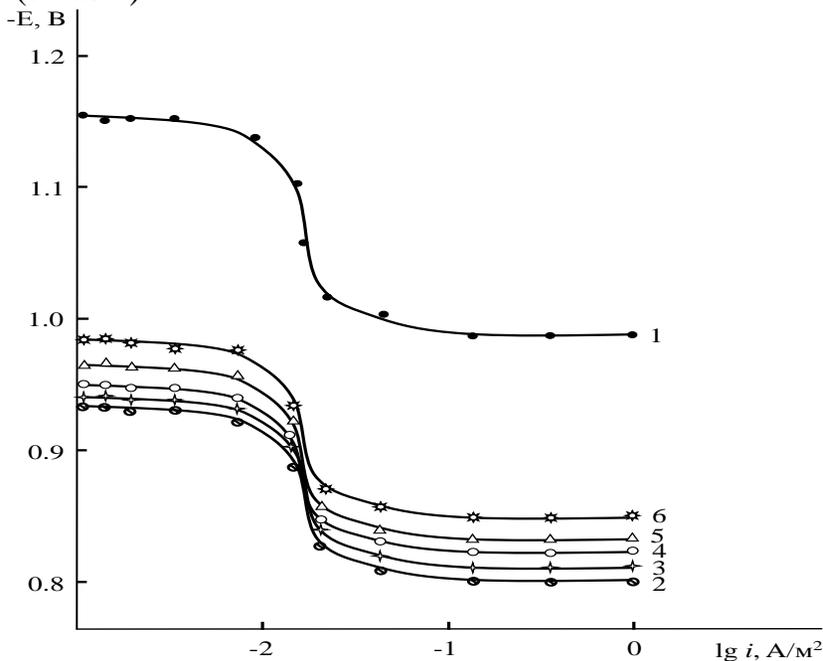


6-rasm.

Zn55Al (a), tarkibida 0.01% dan Cr (b), Mn (c) va Mo (d) qotishmalarining oksidlanish maxsulotlarining rentgen nurlari diffraksiyasi

Zn55Al-Mo qotishmalarining passivlashtiruvchi namunalarining anodik harakati uchun qotishmaning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishiga mos keladigan anodik polarizatsiya egri chizig'idagi xarakterli nuqtalar katta ahamiyatga ega. Elektrod potentsiali ijobiy tomonga o'zgarganda, o'rganilayotgan qotishma faol, faol-passiv va passiv holatlardan ketma-ket o'tadi. Zn55Al-Mo qotishmalarining egri chiziqlari (2-6) Zn55Al qotishmasining egri chizig'idan (1) sezilarli darajada pastda

joylashgan bo'lib, bu anodik dinamikasini 2.5-3 marta barqarorligini ko'rsatadi (7-rasm).



7-rasm. 3% NaCl eritmasidagi Zn55Al(1) xrom bilan, mas. %: 0.01(2), 0.05(3), 0.1(4), 0.5(5) va 1.0(6) qotishmalarining anodik qutblanish egri chiziq-lari.

Zn55Al qotishmasida Cr, Mn va Mo konsentratsiyasining oshishi bilan, ham minimal (0.01%), ham maksimal (1.0%) o'tish metali tarkibida sxema bo'yicha anodik xususiyatlarning oshishi kuzatiladi: molibden → xrom → marganets, bu xususiyat ularning tartib raqami o'zgarishi bilan bog'liq. Xrom va molibden qo'shilishi (0.01÷0.1%) anod barqarorlikni sezilarli darajada oshiradi va Zn55Al qotishmasining elektrokimyoviy korroziya tezligini kamaytiradi. Barcha marganets qo'shimchalari Zn55Al qotishmasining anodik xususiyatlariga salbiy ta'sir qiladi (3-jadval).

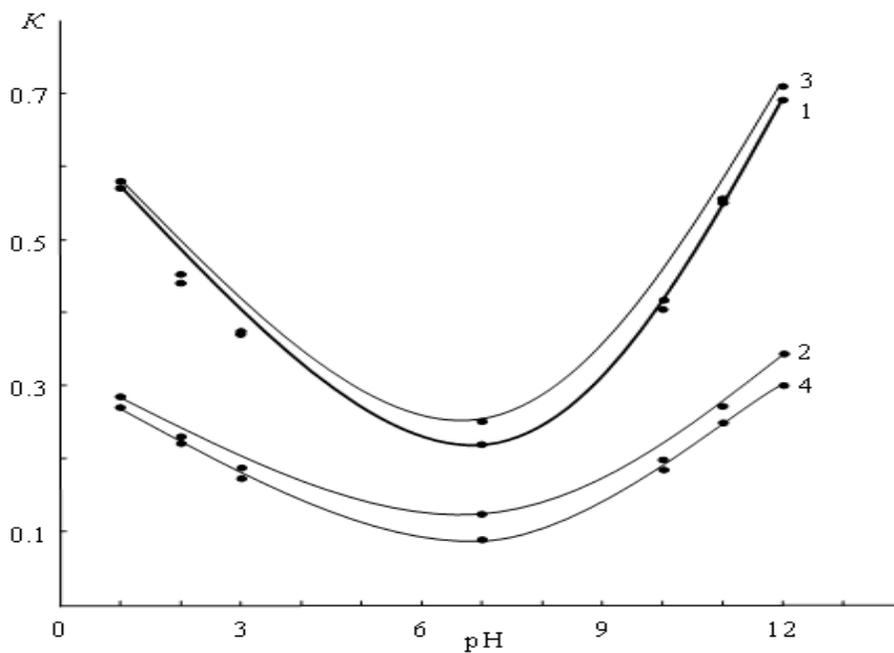
3-jadval. Elektrolitlar eritmalarida Zn55Al qotishmasining anodik xususiyatlariga legirlovchi o'tish metall qo'shimchalarining ta'siri

Elektrolit	Qotishmadagi qo'shimchalar Cr, Mn va Mo mas. %	Elektrokimyoviy potentsiallar				Korroziya darajasi	
		$-E_{svkor}$	$-E_{kor.}$	$-E_{p.f.}$	$-E_{rep.}$	$i_{kor.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$
		V				A/m^2	$g/m^2 \cdot s$
	—	1.085	1.090	1.040	1.045	0.078	0.572

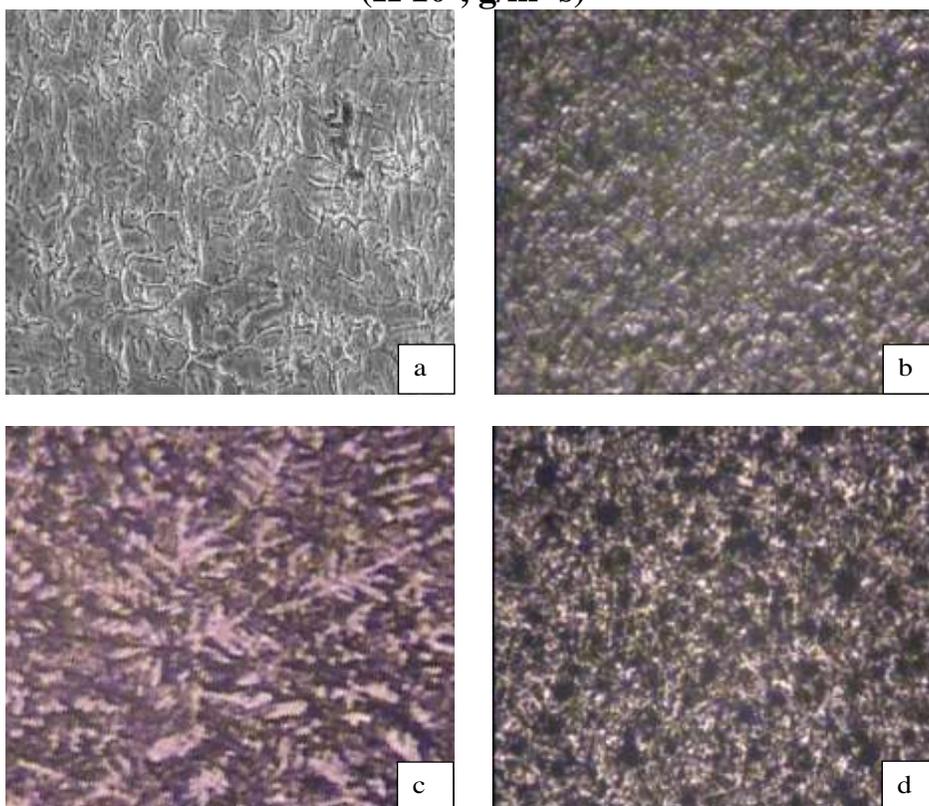
0.1n HCl	0.01 Cr	0.931	0.944	0.905	0.911	0.039	0.286
	0.01 Mn	1.104	1.112	1.045	1.053	0.078	0.572
	0.01 Mo	1.051	1.062	1.022	1.033	0.037	0.271
	1.0 Cr	0.989	0.995	0.940	0.948	0.052	0.381
	1.0 Mn	1.160	1.174	1.080	1.095	0.083	0.608
	1.0 Mo	1.080	1.080	1.053	1.055	0.049	0.359
3% NaCl	–	1.043	1.185	1.100	1.114	0.035	0.256
	0.01 Cr	0.924	1.010	0.895	0.901	0.019	0.139
	0.01 Mn	1.059	1.190	1.103	1.105	0.040	0.293
	0.01 Mo	0.885	0.890	0.785	0.790	0.014	0.103
	1.0 Cr	0.975	1.065	0.930	0.938	0.031	0.227
	1.0 Mn	1.103	1.225	1.156	1.163	0.048	0.352
0.1n NaOH	1.0 Mo	0.940	0.975	0.851	0.866	0.022	0.161
	–	1.115	1.135	1.075	1.080	0.095	0.696
	0.01 Cr	0.950	0.959	0.925	0.935	0.047	0.344
	0.01 Mn	1.126	1.131	1.090	1.102	0.094	0.689
	0.01 Mo	0.940	0.949	0.915	0.925	0.041	0.300
	1.0 Cr	1.008	1.014	0.962	0.978	0.063	0.461
	1.0 Mn	1.177	1.189	1.133	1.142	0.098	0.718
1.0 Mo	0.991	0.995	0.952	0.968	0.052	0.381	

Kuchli elektrolitlar HCl, NaCl, NaOH eritmalarining pH qiymati 3÷10 oralig'ida o'zgartirganda, xrom va molibdenli qotishmalar uchun korroziya tezligining mos ravishda 1.2–2.8 marta pasayishi kuzatiladi. Marganets qo'shilishi Zn55Al qotishmasining korroziya tezligini sezilarli darajada oshiradi. Binobarin, shuni aytish mumkinki, xrom va molibdenning qotishma qo'shimchalari asosiy qotishmaning anodik korroziyaga chidamliligini yaxshilaydi (8-rasm).

Xrom va molibdenning qotishma qo'shimchalari, α -Al + γ -Zn qattiq eritmalarida eriydi, yangi fazalarni hosil qilmaydi, lekin Zn55Al qotishmasining donadorligi hajmini sezilarli darajada kamaytiradi. Bunday holda, Zn55Al ning igna o'xshash tuzilmalari kichik sharsimon shaklga aylanadi. Marganetsli qotishmalar dendritik tuzilishga ega. Uchinchi komponentning (Cr, Mo) kichik qo'shimchalari kristallanish jarayonida Zn55Al qotishmasining don hajmini kamaytirishga yordam beradi va korroziyaga qarshi xususiyatlarning yuqori darajasini ta'minlaydi; qotishmaning igna o'xshash tuzilmalari nozik taneli struktura bilan almashtiriladi (9-rasm).



8-rasm. Zn55Al(1) 0.01% Cr(2), Mn(3) va Mo(4) bilan qotishmasini korroziya tezligiga muhitning pH ta'siri ($K \cdot 10^3, g/m^2 \cdot s$)



9-rasm. Zn55Al (a) ni 0.05% Cr (b), Mn (c) va Mo (d) bilan hosil qilgan qotishmasining mikrostruktura tasviri (x500)

XULOSALAR

1. Termogravimetrik usulda xrom, marganets va molibdenli Zn55Al qotishmalarining kinetik xususiyatlari tarkib, harorat va oksidlanish vaqtiga qarab o'zgarish qonuniyatlarini aniqlandi, qattiq qotishmalarning 523-623 K haroratda oksidlanishi giperbolik tabiatga ega ekanligi aniqlandi.

2. Qotishma komponentlari (Cr, Mo) 0.01-1.0 massa miqdorida Zn55Al qotishmasining yuqori haroratli oksidlanishga chidamliligini sezilarli darajada oshiradi va marganets qo'shilishi uning oksidlanishga chidamliligini biroz pasaytirishi, haqiqiy oksidlanish kinetikasi $K \cdot 10^4$, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ga tengligi isbotlandi.

3. Sintez qilingan qotishmaning oksidlanishi natijasida Al_2O_3 , ZnO, Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , MnO, Mo_2O_3 va ZnAl_2O_4 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Mo}_2\text{O}_3$ shpinellar plyonkalar hosil bo'lishi hisobiga himoya qatlamlari hosil qilishi rentgen fazali tahlili usulida isbotlandi.

4. Zn55Alning 0.01÷1.0 %-li Cr, Mn, Mo bilan legirlangan qotishmalari kuchli elektrolitlar HCl, NaCl va NaOH eritmalarida potentsiodinamik usulda (2 mV/s) korroziya tezligi xrom va molibdenli qotishmada 1.2-2.8 martaga kamayishi, marganetsli esa 1.1-1.4 marta oshishi isbotlandi.

5. Zn55Al ning Cr, Mn, Mo li qotishmalarining anod xarakteristikalarining muhitning pH o'zgarishi qarab oshishi qonuniyatlari aniqlandi, hamda xrom va molibdenli qotishmaning korroziyaga chidamliligi pH 3 dan 10 ga oshishi bilan oshishi aniqlandi. Bu esa Cr va Mo Zn55Al qotishmasining yuzasi donodor va zich ekanligi bilan, marganetsli qotishmalar dendritik tuzilishga egaligi bilan izohlanadi.

6. sintez qilingan Zn55Al ning Cr, Mn, Mo li qotishmalari Dushanbe shahridagi "Qorgoxi mashinasozi" davlat unitar korxonasi va "Nokili TALKo" MChJ korxonasi ishlab chiqarishiga joriy etildi. Ishqalanadigan qismlarning chidamliligini oshirish va mahsulotlarning xizmat qilish muddatini uzaytirish uchun tavsiya etildi.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.K.01.03
FOR AWARDING THE SCIENTIFIC DEGREE AT THE
NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

**KHUYAND STATE UNIVERSITY
NAMED AFTER ACADEMICIAN B. GAFUROV**

Rajabova Shafolat Ghafurovna

**KINETIC OXIDATION AND ANODIC BEHAVIOR
OF Zn55Al ALLOY WITH CHROMIUM,
MANGANESE AND MOLYBDENUM**

02.00.04 – Physical chemistry (chemical sciences)

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR
OF PHILOSOPHY (PhD) ON CHEMICAL SCIENCES**

Tashkent – 2024

The theme of Doctor of Philosophy (PhD) has been registered by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number _____.

The dissertation was carried out at the Khujand State University.

The abstract of the dissertation in three languages (Russian, Uzbek and English (resume)) is available online ik-kimyo.nuu.uz and on the website of "ZiyoNET" information-educational portal www.ziynet.uz.

Scientific consultants:	Obidov Ziyodullo Rahmatovich Doctor of Chemical Sciences, Professor
Official opponents:	Akbarov Khamdam Ikromovich Doctor of Chemical Sciences, Professor
	Guro Vitaliy Pavlovich Doctor of Chemical Sciences, Professor
Leading organization:	Tashkent chemical technological institute

The defense of the dissertation will take place on « 28 » 09 2024 in « 11⁰⁰ » at the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K.01.03 at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Tashkent, street Universitetical 4. Ph.: (99871)227-12-24. Fax: (99824) 246-53-21; 246-02-24. e- ilmiy_kengash@nuu.uz).

The doctoral dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of National University of Uzbekistan under № 96 (Address: 100174, 4 University Street, Tashkent, Administrative Building of the National University of Uzbekistan, tel.: (99871) 246-67-71).

The abstract of the dissertation has been distributed on « 18 » 09 2024 year

Protocol at the register № 24 dated « 17 » 09 2024 year


Z.A. Smanova
Chairman of the Scientific Council
for awarding the scientific degree,
Doctor of Chemical Sciences, Professor


N.Kh. Kutlimurotova
Secretary of the Scientific
Council for awarding the scientific degree,
Doctor of Chemical Sciences, Professor


Kh.I. Akbarov
Chairman of the Scientific Seminar
under Scientific Council for awarding
the scientific degree,
Doctor of Chemical Sciences, Professor



INTRODUCTION (Abstract of Doctor of Philosophy (PhD) thesis)

The aim of the research work is the synthesis of Zn55Al alloy with chromium, manganese and molybdenum, and the study of their oxidation kinetics and anodic behavior in different environments.

Research objectives:

- synthesis of Zn55Al alloy with chromium, manganese and molybdenum;
- investigation of kinetic and energy characteristics during oxidation of alloys of Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn and Zn55Al-Mo systems;
- determination of phase compositions of oxidation products of alloys;
- investigation of anodic characteristics when testing alloys of Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn and Zn55Al-Mo systems in HCl, NaCl, NaOH solutions;
- study of the influence of Cr, Mn and Mo on the microstructure of Zn55Al alloy;
- optimization of chemical composition of ternary alloys Zn55Al-Cr(Mn, Mo) and determination of their application area.

The objects of research works are alloys of Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn and Zn55Al-Mo systems.

The scientific novelty of the research work:

when alloying Zn55Al alloy with chromium and molybdenum has been established, a decrease in oxidation kinetics with a true rate of about $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;

addition of manganese (0.01÷1.0%) in the Zn55Al alloy leads to an increase in the oxidation kinetics, which ineffectively affects the oxidizability of the process;

the activation energy of the oxidation process varies extremely depending on the alloy composition, temperature and oxidation time;

oxidation kinetics of hard alloys of Zn55Al-Cr(Mn,Mo) systems obeys hyperbolic dependence;

at oxidation of alloys of systems Zn55Al-Cr(Mn,Mo) are formed simple oxides Al_2O_3 , ZnO, Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , MnO, Mo_2O_3 and spinels of complex composition ZnAl_2O_4 , $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Mn}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Mo}_2\text{O}_3$;

additions of transition metal (Cr, Mo) within 0.01÷0.1% by 2-3 times improve anodic characteristics of Zn55Al alloy in solutions of strong electrolytes HCl, NaCl, NaOH;

electrode potentials of anodic characteristics of Zn55Al-Cr and Zn55Al-Mo alloys shift to the region of positive values;

the rate of electrochemical corrosion of chromium- and molybdenum-doped Zn55Al alloy significantly decreases from the pH of the medium;

manganese additives (0.01÷1.0%) ineffectively affect the anodic characteristics of Zn55Al alloy.

Implementation of the research results.

synthesized samples of new ternary alloys Zn55Al-Cr, Zn55Al-Mn and Zn55Al-Mo containing various additives of transition metal;

established effective limits of kinetic and anodic characteristics of Zn55Al alloy with chromium, manganese and molybdenum;

obtained patent No. TJ 1275 for the developed new composition of Zn-Al alloy;

triple anodic alloys Zn-Al-Cr(Mn,Mo) of optimal composition were introduced into production as protective coatings for steel products.

implemented technology of applying protective coatings from alloyed Zn-Al alloys with transition metals on the surfaces of parts made of carbon steel St3, St45 and St65 in the production of SUE "Korgokhi Mashinasozi" in Dushanbe (Reference of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Tajikistan № 15-900 from 20.04.2023). As a result of improvement of durability and extension of service life of parts was achieved the effect in the amount of 840\$ USA per year;

uniform coating of steel cable trays with a dense layer of alloyed Zn-Al alloys is accepted for implementation at the enterprise LTD "Nokili TAiCo" in Dushanbe (Reference of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Tajikistan № 15-898 from 20.04.2023). The economic effect from the use of protective coating is 27 USA dollars per 1 m² of protected surface of products;

introduced technology of metallurgical treatment of working surfaces of machinery mechanisms (from steels St3, St45 and St65) with the use of protective coatings of anodic alloys Zn55Al-Cr(Mn,Mo) in the production of SUE "Korgohi Mashinasozi" in Dushanbe (Reference of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Tajikistan № 15-901 from 20.04.2023). As a result of improvement of durability of rubbing and prolongation of service life of products was achieved the effect in the amount of 905 USA dollars per year.

The structure and volume of the thesis. Dissertation consists of introduction, four chapters, conclusions, list of using literature and appendice. The volume of dissertation is 98 pages.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
LIST OF PUBLISHED WORKS

I часть (I bo'lim; I part)

1. Ш.Г. Раджабова, П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов
Кинетика окисления сплава Zn55Al с молибденом в твердом
состоянии // Журнал физической химии. Scopus, Web of Science. –
2023. – Т. 97. - № 2. – С. 237-240. DOI: 10.31857/S0044453723 020218.

Sh.G. Radzhabova, P.R. Ibrokhimov, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov.
Kinetics of the Oxidation of Zn55Al Alloy with Molybdenum in the Solid
State // Russian Journal of Physical Chemistry A. – Scopus, Web of
Science. – 2023. – Vol. 97. – No. 2. – P. 353-356. DOI:
10.1134/S0036024423020218.

2. Ш.Г. Раджабова, Р.Н. Амини, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов.
Исследование анодного поведения сплава Zn55Al, легированного
хромом, в коррозионно-активных средах // Журнал прикладной
химии. Scopus, Web of Science. – 2022. – Т. 95. - № 4. – С. 524-530.
DOI: 10.31857/S0044461822040144.

Sh.G. Radzhabova, R.N. Amini, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov. Study of
the Anodic Behavior of the Chromium – Doped Zn55Al Alloy in
Corrosive Environments // Russian Journal of Applied Chemistry. –
Scopus, Web of Science. – 2022. – Vol. 95. – No. 4. – P. 582-587. DOI:
10.1134/s1070427222040152.

3. Ш.Г. Раджабова, И.Н. Ганиев, П.Р. Иброхимов, З.Р. Обидов.
Повышение анодной устойчивости сплава Zn55Al легированием
хромом в нейтральной среде // UNIVERSUM – технические науки.
Crossref, Ulrichsweb. – 2022. – №3-2 (96). – С. 15-18. DOI:
10.32743/UniTech.2022.96.3.

4. Ш.Г. Раджабова, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов.
Анодное поведение сплава Zn55Al, легированного молибденом, в
кислой среде // Доклады Национальной академии наук
Таджикистана.– 2021.– Т.64.– № 9-10. – С. 579-582. EDN: QVBCSX.

II часть (II bo'lim; II part)

5. Ш.Г. Раджабова Влияние добавок хрома на анодное поведение
сплава Zn55Al // Вестник Бохтарского государственного
университета им. Н. Хусрава. Серия естественных наук. РИНЦ. –
2022.– №2/2 (99). – С. 82-85.

6. Ш.Г. Раджабова, З.Р. Обидов. Синтез и свободной коррозии

сплава Zn55Al, легированного марганцем // Сб. матер. Межд. научн. и науч.-техн. конф. «Ресурсо-энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве». Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова. – 2023. – С. 43-46.

7. Ш.Г. Раджабова, И.Н. Ганиев, П.Р. Иброхимов, З.Р. Обидов. Влияние молибдена на коррозионное поведение сплава Zn55Al в среде электролита NaCl // Сб. матер. Межд. науч.-практ. конф. «Роль Российско-Таджикского (Славянского) университета в становлении и развитии науки и инновационного образования в Республике Таджикистан». Российско-Таджикский (Славянский) университет. – 2021. – С. 6-8.

8. Ш.Г. Раджабова, И.Н. Ганиев, П.Р. Иброхимов, З.Р. Обидов. Окисление сплава Zn55Al с марганцем // Сб. матер. Межд. науч.-практ. конф. «Роль Российско-Таджикского (Славянского) университета в становлении и развитии науки и инновационного образования в Республике Таджикистан». Российско-Таджикский (Славянский) университет. – 2021. – С. 62-64.

9. Ш.Г. Раджабова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов и др. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1275. Цинк-алюминиевый сплав // Приоритет изобретения от 26.01.2022 г.