

Бо ҳуқуқи дастнавис



ОДИНАЕВА Насиба Бекмуродовна

**КОРРОЗИЯИ ХҶЛАИ $Zn+0.5\% Al$
БО ГАЛЛИЙ, ИНДИЙ ВА ТАЛЛИЙ**

**05.17.03 – технологияи равандҳои электрохимиявӣ
ва муҳофизат аз коррозия**

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии
номзади илмҳои химия

Душанбе – 2018

Диссертатсия дар озмоишгоҳи «Маводҳои ба коррозия устувор»-и Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон иҷро шудааст.

Роҳбарони илмӣ: доктори илмҳои химия, профессор,
академики АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон
Ғаниев Изатулло Наврузович

доктори илмҳои химия, дотсент
Обидов Зиёдулло Раҳматович

Муқарризи расмӣ: доктори илмҳои химия, профессор,
муовини директор оид ба илм ва таълими
Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини
АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон
Абулҳаев Владимир Чалолович

номзади илмҳои техникӣ, мудири
кафедраи «Маводшиносӣ, мошинҳо ва
таҷҳизотҳои металлургӣ»-и Донишгоҳи
техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ
Гулов Саломиддин Садридинович

Муассисаи пешбар: кафедраи «Фанҳои умумитехникӣ ва
мошиншиносӣ»-и Донишгоҳи давлатии
омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ

Ҳимояи диссертатсия 26 сентябри соли 2018, соати 9⁰⁰ дар ҷаласаи
Шӯрои диссертатсионии 6D.КOA-007 назди Институти кимиёи ба номи
В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон баргузор мегардад.
Суроға: 734063, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2.
E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва
сомонаи Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи
В.И. Никитин шинос шавед: www.chemistry.tj

Автореферат санаи «_____» _____ соли 2018 тавзеъ шудааст.

Котиби илмии
шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои химия, дотсент



Норова М.Т.

ТАВСИФИ УМУМИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Аҳамияти мавзӯи таҳқиқот. Коррозияи баҳрӣ, атмосферӣ ва зерзаминӣ ба маснуоти металлӣ, конструксияҳо ва иншоотҳо талафоти маводии зиёд мерасонад. Бинобар ин барои коркард ва истифодабарии муҳофизатҳои анодӣ ва протекторӣ, ки яке аз лавозимоти устувор ва самараноки мубориза ба зидди коррозияи химиявӣ ва электрохимиявӣ мебошад, диққати тамом дода мешавад.

Аҳамияти васеъ истифодабарии муҳофизати анодӣ бо якчанд бартарихо шарҳ дода мешавад, ки танҳо ба ин усул хос аст, ин: фойданокии баланд, дастрас, мусовӣ дар истифодабарӣ ва иқтисодӣ, муҳлати тӯлонии хизмат (махз ин усул метавонад, ки бе талафоти конструксияҳо аз истифодарӣ амалӣ гардад), беҳавф барои муҳити атроф, сарфакорона истифодабарии металлҳои ҷавҳаронӣ ба ивази металлҳои қимат ва камёб.

Маълум аст, ки барои муҳофизати пӯлод аз коррозия якчанд намуди протекторҳо ва рӯйпӯшҳои Zn-Al коркард шудааст. Ба сифати маводи протекторӣ барои муҳофизати конструксияҳои пӯлодӣ аз коррозия асосан аз хӯлаҳо дар асоси руҳ, алюминий ва магний истифода менамоянд. Амалан истифодабарии маводҳои протекторӣ барои муҳофизати иншоотҳои металлӣ аз коррозия махсусан аз хусусияти структураҳои хӯлаҳо, ҳолати сатҳ, ҳарорат ва хосияти ин хӯла вобаста аст. Аз ин рӯ, коркарди рӯйпӯшҳои анодии хӯлавии нав ва протекторҳо бо роҳи ҷавҳаронии компонентҳо бо фойданокии камтарин яке аз усули ҳақиқӣ ва фойданок барои баланднамоии устувории коррозионии мавод – маснуот мебошад.

Барои баланднамоии зареби қори фойданоки рӯйпӯшҳо ва протекторҳои анодӣ аз хӯлаи Zn+0.5%Al ҳангоми муҳофизат аз коррозия зарур аст, ки ин хӯла бо металлҳои бештар электроманфӣ ҷавҳаронида шавад. Маълум аст, ки металлҳои зергурӯҳи галлий бо қиматҳои электроманфигии намоён фарқдоранд, бинобар ин бештар ҳамчун иловаҳои ҷавҳаронӣ барои майлдиҳии потенциалҳои коррозионии металл – асосро ба самти потенциалҳои манфӣ истифода бурда мешаванд. Бо назардошти ин хусусияти металлҳои пошхӯрандаи нодир ба сифати компоненти ҷавҳаронии хӯлаи руҳ-алюминий (%-и вазнӣ: 0.5 - алюминий, боқимонда – руҳ) металл аз гурӯҳи галлий, индий ва таллий (дар меъёри 0.005-1.0 %-и вазнӣ) интихоб карда шудааст.

Ҳамин тавр, ҳалли масоили бунёдии интихоби мақсадноки протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатии самаранок гузаронидани таҳқиқоти коррозионӣ-электрохимиявии рафтори анодии хӯлаҳои ҳосилнамуда дар муҳитҳои гуногун, ки наздик ба муҳити табиат аст, тақозо менамояд.

Мақсади таҳқиқот ин коркарди таркиби оптималии хӯлаи руҳ-алюминий Zn+0.5%Al, ки бо галлий, индий ва таллий ҷавҳаронида шудаанд, мебошад, ки метавонанд ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодӣ барои баланднамоии устувории конструксияҳо, маснуот ва иншоотҳои пӯлодӣ ба коррозия истифода шаванд.

Дар вобастагӣ бо мақсади гузошта, дар рисолаи диссертатсионӣ *вазифаҳои зерин* ҳал карда шудааст:

- қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявии ҳӯлаи $Zn+0.5\%Al$, ки бо галлий, индий ва таллий ҷавҳаронида шудаанд, дар электролити $NaCl$ таҳқиқот шудааст;
- таъсири иловаҳои ҷавҳаронӣ ба микроструктура ва хосиятҳои ҳӯлаҳо омӯхта шудааст;
- қонуниятҳои равандҳои оксидшавии баландҳароратии ҳӯлаҳои таҳқиқшаванда дар ҳолати саҳт ва муҳити ҳаво таҳқиқот шудааст;
- таркиби фазавии маҳсули оксидшавии ҳӯлаҳо муайян карда шуда, нақши онҳо дар механизми оксидшавӣ аниқ карда шудааст;
- таркиби оптималии ҳӯлаҳои бо элементҳои зергурӯҳи галлий ҷавҳаронидаи ($Zn+0.5\%Al$) аз рӯйи комплекси омилҳои сифатнокӣ барои истифодаи онҳо ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯш ҳангоми муҳофизати анодии маснуот, конструкцияҳо ва иншоотҳои пӯлодӣ аз вайроншавии коррозсионӣ аниқ карда шудааст.

Усулҳои таҳқиқот ва дастгоҳҳои истифодашуда:

Ба сифати маводҳои аввалияи таҳқиқот руҳи тамғаи ХЧ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва элементҳои ҷавҳаронии Ga-00, In-00 ва Tl-00 истифода гардиданд. Таҳқиқот бо усулҳои микрорентгеноспектралӣ (микроскопи тасвирбардори электронии SEM), потенциостатикӣ (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографӣ (микроскопи SEM навъи AIS 2100), рентгенофазавӣ (ДРОН-2.0) ва термогравиметрӣ анҷом дода шудааст.

Навгонҳои илмӣ рисола. Дар асоси таҳқиқотҳои анҷомдодашуда бо усули потенциостатикӣ дар реҷаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенциал $2mV/c$ аниқ карда шудааст, ки иловаҳои элементҳои зергурӯҳи галлий то 0.1% -и вазнӣ устувории коррозсионии ҳӯлаи $Zn+0.5\%Al$ -ро ҳангоми истифодабарии муҳофизати анодии маснуот, конструкция ва иншоотҳои пӯлодӣ аз коррозия 2-5 маротиба баланд менамоянд. Дар ин вақт майлдиҳии потенциалҳои коррозия, пингтингхосилшавӣ ва репассиватсияи ҳӯлаҳо ба самти қиматҳои манфӣ мушоҳида карда мешавад. Ҳангоми гузариш аз ҳӯлаҳои ҷавҳаронидашуда бо галлий ба ҳӯлаҳои бо индий суръати коррозияи ҳӯлаҳо кам мешаванд, вале баъдан ба ҳӯлаҳои бо таллий каме афзоиш меёбад, мутаносибан дар муҳитҳои гуногуни электролити $NaCl$, ки дар мақсад бо тағйирёбии хосиятҳои элементҳои зергурӯҳи галлий мутобиқат менамояд. Муқоисакунии хусусиятҳои ҳӯлаи $Zn+0.5\%Al$, ки бо элемент аз зергурӯҳи галлий коркард шудааст, нишон медиҳад, ки ҳӯлаҳои бо индий нисбат ба ҳӯлаҳои бо галлий ва таллий структураи хеле хурд дорад. Пайгирона, дар байни металлҳои ҷавҳаронӣ галлий ва индий модификаторҳои самаранокӣ структураҳои ҳӯлаи $Zn+0.5\%Al$ маҳсуб мешаванд.

Нишон дода шудааст, ки оксидшавии баландҳароратии ҳӯлаҳои системаҳои $Zn-Al-Ga(In,Tl)$ дар ҳолати саҳт ба қонуниятҳои гиперболӣ итоат менамоянд. Бо афзоиши ҳарорат ва миқдори металл аз зергурӯҳи галлий дар ҳӯлаи $Zn+0.5\%Al$ суръати оксидшавӣ каме зиёд мешавад. Суръати

ҳақиқии оксидшавӣ дорои тартиби $K \cdot 10^{-4}$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ аст. Энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо (дар худуди концентратсияи омӯхташуда) ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо бо галлий ба хӯлаҳои индий зиёд гардида, баъдан ба хӯлаҳо бо таллий кам мегардад.

Бо усули рентгенофазавии таҳлил таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаи $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}$, ки дар таркибаш элемент аз зергурӯҳи галлий дорад ва нақши онҳо дар бавучудории механизми раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда оксидҳои – ZnO , Al_2O_3 , Ga_2O_3 , In_2O_3 ва Tl_2O_3 ҳосил мешаванд.

Аҳамияти амалии рисола. Дар асоси таҳқиқоти анҷомдодашуда концентратсияи оптималии галлий, индий ва таллий дар хӯлаи руҳ-алюминий $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}$ аниқ карда шудааст, ки бо устувории коррозионаш фарқ менамояд. Хӯлаҳо метавонанд ҳамчун протектор ва рӯйпӯшҳои анодии самаранок барои муҳофизати маснуот, конструксия ва иншоотҳои пӯлодӣ аз вайроншавии коррозионӣ истифода шаванд.

Таҳқиқоти илмии анҷомдодашуда ҳамчун асос барои коркарди таркиби нави хӯлаҳои протекторӣ ва рӯйпӯш хизмат намуд, ки бо Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳифз шудааст.

Мазмуни асосии рисола, ки дар ҳимоя пешкаш мегардад:

- натиҷаҳои таҳлили микрорентгеноспектралӣ ва микроструктуравии хӯлаҳои системаҳои Zn-Al-Ga (In , Tl);
- қонуниятҳои тағйирёбии хусусиятҳои коррозионно-электрохимиявии хӯлаи $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}$, ки бо галлий, индий ва таллий чавҳаронида шудаанд, дар концентратсияҳои гуногуни электролити NaCl ;
- қонуниятҳои тағйирёбии параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаи $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}$, ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий чавҳаронида шудаанд, дар ҳолати саҳт ва муҳити ҳаво;
- натиҷаҳои таҳлили рентгенофазавии маҳсули оксидшавии хӯлаи $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}$ бо металлҳои зергурӯҳи галлий ҳангоми ҳарорати баланд.

Саҳми муаллиф дар таҳлили маълумоти адабиёт, вазифагузорӣ ва ҳалли вазифаҳои таҳқиқот бо тарзи гузаронидани таҳқиқотҳои амалӣ, коркард ва таҳлили онҳо, ҷамъбастаномии мазмуни асосӣ ва хулосаҳои диссертатсия хотима меёбад.

Дарачаи саҳеҳият ва баррасии рисола. Дарачаи саҳеҳияти рисола бо усулҳои муосири таҳқиқот, мутобикати босифатии натиҷаҳои ҳосилнамуда, ки дар адабиёт қиматҳои додашудаи амалӣ ва тасаввуроти назариявӣ таъмин гардидааст. Натиҷаҳои рисолаи диссертатсионӣ дар конферонсҳои илмии байналмилалӣ ва ҷумҳуриявии зерин муҳокима ва баррасӣ гардидаанд: Международной научно-практической конференции «Комплексные соединения и аспекты их применения» - Таджикский национальный университет (Душанбе, 2013); Республиканской научно-практической конференции «Достижение инновационной технологии композиционных материалов и их сплавов для машиностроения» - Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни

(Душанбе, 2014); VII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» - Таджикский технический университет им. М.С. Осими (Душанбе, 2014); Республиканской научной конференции «Актуальные проблемы современной науки» - Филиал НИТУ «МИСиС» в г. Душанбе (Душанбе, 2015); Всероссийской Международной научно-практической конференции «Новые технологии – нефтегазовому региону» - Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень, 2015); Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан» - Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); Республиканской научно-практической конференции «XIII Нумановские чтения» - Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); Международной научно-практической конференции «Научные достижения и открытия современной молодёжи» - Пенза (Пенза, 2017).

Интишорот. Дар натиҷаи таҳқиқотҳо 14 мақола ба нашр расидааст, аз ҷумла 5 мақола дар маҷаллаҳои тақризишавандаи тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон - «Ахбори АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон. Шӯъбаи физикаю математика, химия, геология ва техника», «Ғузоришҳои АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон», «Паёми ДТТ ба номи М.С. Осимӣ»; дар 9 маводҳои конференсияи байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ ва 1 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст.

Ҳаҷм ва сохтори рисола. Рисолаи диссертатсионӣ аз муқаддима, навиди адабиёт, се боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замиро дар бар мегирад. Диссертатсия дар 121 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ баён мегардад, ки дорои 29 ҷадвал ва 43 расм мебошад. Рӯйхати адабиётҳо аз 112 номгӯй иборат аст.

Дар муқаддима аҳамиятнокии мавзӯи диссертатсия асоснок карда шуда, ҳаҷми таҳқиқотҳо муайян гардида, усулҳои махсуси таҳқиқот баён шудааст.

Дар боби аввал «Рафтори коррозияи ҳӯлаҳои руҳ-алюминий дар муҳитҳои гуногун» таҳлили маълумотҳои дар адабиётҳо мавҷуда оид ба устувории коррозияи ҳӯлаҳои руҳ-алюминий дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ; коррозияи электрохимиявӣ ва баландҳароратии ҳӯлаҳои руҳ-алюминий оварда шудааст.

Таҳлили маълумотҳои адабиётҳо нишон медиҳанд, ки ҳосиятҳои гуногуни ҳӯлаҳои руҳ-алюминий $Zn5Al$ ва $Zn55Al$ бо якҷанд элементҳои ҷадвали даврӣ таҳқиқ шудаанд, зеро ин ҳӯлаҳо ҳангоми коркарди рӯйпӯшҳои муҳофизатии конструксияҳои пӯлодӣ ва маснуот аз онҳо қобили истифодаанд. Маълумотҳо оиди коррозияи электрохимиявӣ ва баландҳароратии ҳӯлаи $Zn+0.5\%Al$ бо галлий, индий ва таллий дар адабиёт тамоман мавҷуд нест.

Вусъатёбии соҳаҳои истифодабарии ҳӯлаҳои протекторӣ ва рӯйпӯшҳо дар асоси руҳ ва алюминий, махсусан дар муҳитҳои гуногуни агрессивӣ таҳқиқоти системавии ҳосиятҳои коррозияи электрохимиявии ҳӯлаҳои мазкурро бо иштироки қатори элементҳои фаъоли ҷадвали даврӣ, бо

мақсади дарозкунии муҳлати хизмати маснуот ва конструкцияҳои пӯлодӣ тақозо менамояд.

Боби дуввуми рисола ба таҳқиқоти рафтори анодии хӯлаи $Zn+0.5\% Al$ дар муҳити электролити $NaCl$ бахшида шудааст.

Дар боби саввуми диссертатсия натиҷаҳои таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаи $Zn+0.5\% Al$ дар атмосфераи ҳаво оварда шудааст.

МАЗМУНИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

РАФТОРИ КОРРОЗИОНӢ-ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ ХӢЛАИ $Zn+0.5\% Al$, КИ БО ГАЛЛИЙ, ИНДИЙ ВА ТАЛЛИЙ ЧАВӢАРОНИДА ШУДААНД

Усули таҳқиқоти хосиятҳои электрохимиявии хӯлаҳо. Барои таҳқиқоти коррозияи металлҳо усулҳои электрохимиявӣ ва потенциостатикӣ бомуваффақият истифода мешаванд. Усули потенциостатикӣ имкон медиҳад, ки нақши потенциали электродӣ дар рафтори металл (хӯла) дар ҳолати пасивнокӣ омӯхта шавад. Аниқ карда шудааст, ки хусусияти муҳими коррозионии металл ин вобастагии суръати ҳалшавӣ аз потенциал мебошад, ки ҳангоми ҳисобкунии устувории коррозионии метали муайян ё хӯла, инчунин барои интихоби усули оптималии муҳофизат дар шароити додасуда, истифода мешавад.

Ба сифати маводҳои аввалияи таҳқиқот руҳи тамғаи ХЧ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва элементҳои чавҳаронии Ga-00, In-00 ва Tl-00 истифода гардиданд. Синтези хӯлаҳо дар бӯтаҳои аз оксиди алюминии сохташуда дар кӯраи муқовимати электрикии намуди СШОЛ дар ҳудуди ҳарорати 650–750 °C гузаронида шуд. Таркиби элементии хӯлаҳо дар микроскопи электронии SEM навъи AIS2100 (Кореяи ҷанубӣ) назорат карда шуданд. Аз хӯлаҳои мазкур, намунаи хӯлаҳо дар қолиби рехтагарии графитӣ бо андозаҳои диаметр – 8 мм ва дарозӣ – 140 мм ҳосил карда шуданд. Пеш аз воридкунии намунаи хӯлаҳо ба маҳлули корӣ қисмати ғуллаҳои он сайқал дода шуда, беравған карда шуда, бодикқат бо спирт шӯста шуда, баъдан ба маҳлули электролитҳои HCl , $NaCl$ ва $NaOH$ ворид карда шуданд. Ҳарорати маҳлул дар ячейка доимӣ 20°C бо ёрии термостати МЛШ-8 нигоҳ дошта шуд.

Таҳқиқоти потенциостатикӣ рафтори коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаи $Zn+0.5\% Al$, ки бо галлий, индий ва таллий чавҳаронида шудаанд, дар муҳити 0.03, 0.3, 3%-и электролити $NaCl$, дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенциал 2 мВ/с дар потенциостати ПИ-50.1.1 гузаронида шудааст.

Натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳанд, потенциали озоди коррозия ($-E_{корр.оз.}$, В), ҷӣ барои хӯлаи руҳ-алюминии $Zn+0.5\% Al$ ва ҷӣ барои хӯлаҳои бо элементҳои зергурӯҳи галлий чавҳаронидасуда бошад (дар мисоли галлий, ҷадвали 1), аз рӯи вақт ба самти мусбат майл менамояд, яъне ҳангоми нигоҳдорӣ дар электролити $NaCl$ бо концентратсияҳои гуногун. Қайд карда шудааст, ки бавучудоии қабати оксидшавии муҳофизатӣ аз аввали воридкунии намунаҳои хӯла ба электролит дар 35 дақиқа ба охир мерасад ва аз таркиби химиявии онҳо кам вобаста аст (ҷадвали 1).

Чадвали 1 – Тағйирёбии потенциали (х.с.э.) коррозияи озод ($-E_{\text{корр.оз.}}$, В) хўлаи $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}$, ки бо галлий чавхаронида шудааст, аз рўйи вақт дар муҳити электролити NaCl

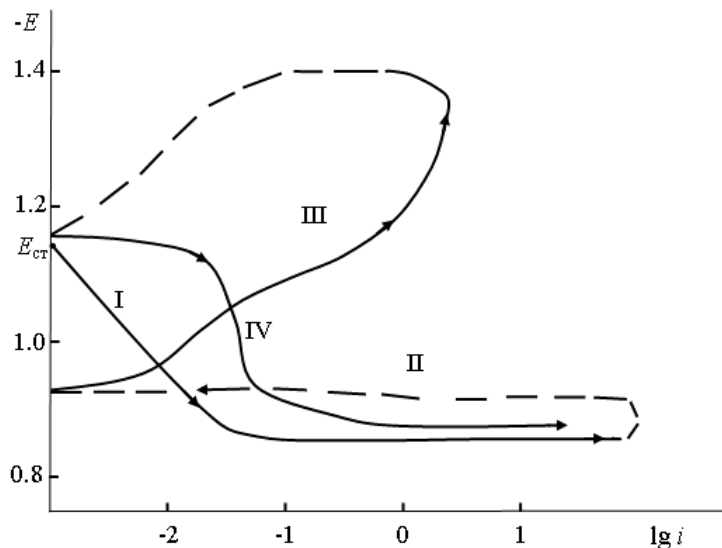
Муҳити NaCl , %	Миқдори Ga дар хўла, %-и вазнӣ	Вақт, дақиқа							
		1/3	2/3	1	5	15	35	40	60
0.03	-	0.980	0.979	0.978	0.967	0.963	0.960	0.960	0.960
	0.005	1.070	1.068	1.067	1.065	1.062	1.061	1.061	1.061
	0.01	1.115	1.114	1.110	1.102	1.098	1.085	1.085	1.085
	0.05	1.130	1.122	1.118	1.108	1.100	1.097	1.097	1.097
	0.1	1.145	1.143	1.134	1.126	1.112	1.105	1.105	1.105
	0.5	1.062	1.060	1.054	1.050	1.047	1.045	1.045	1.045
	1.0	1.044	1.043	1.040	1.037	1.033	1.031	1.031	1.031
3.0	-	1.092	1.091	1.087	1.083	1.073	1.070	1.070	1.070
	0.005	1.191	1.190	1.187	1.181	1.177	1.173	1.173	1.173
	0.01	1.197	1.196	1.194	1.190	1.190	1.188	1.188	1.188
	0.05	1.214	1.212	1.212	1.207	1.203	1.200	1.200	1.200
	0.1	1.208	1.207	1.200	1.198	1.197	1.195	1.195	1.195
	0.5	1.174	1.172	1.170	1.168	1.162	1.160	1.160	1.160
	1.0	1.168	1.167	1.161	1.157	1.151	1.145	1.145	1.145

Ҳангоми таҳқиқоти коррозионӣ-электрохимиявӣ намунаҳоро бо реҷаи потенциодинамикӣ аз потенциали доимӣ ба самти мусбат поляризатсия намудем, ки ҳангоми воридкунӣ ба электролит то якбора афзоиши ҷараёни электрикӣ дар натиҷаи пинтнингҳосилкунӣ аниқ гардид (каҷхати I). Баъдан намунаҳоро ба самти баракс то потенциали 1400 В (каҷхатҳои II, III) поляризатсия намудем. Дар охир, намунаҳоро ба самти мусбат (каҷхати IV) поляризатсия намуда, каҷхатҳои поляризатсионии хўлаҳоро ҳосил намуда (расми 1- масалан хўлаи $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}+0.05$), аз рўйи он потенциалҳои электрохимиявии хўлаҳои таҳқиқшударо муайян намудем.

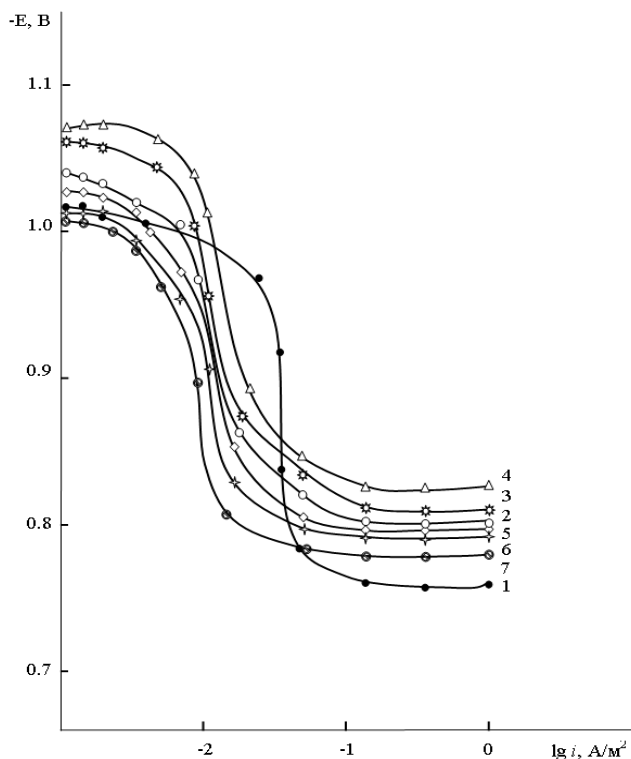
Каҷхатҳои поляризатсионии потенциодинамикии анодии бо компоненти сеюм чавхаронидашудаи хўлаҳо дар мисоли хўлаҳои $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}$ бо индӣ, ҳам мавзеи ҳалшавии фаъол ва ҳам ҳолати нофаъолро (пассивнокӣ) нишон медиҳад, ки дар мақсад устувории коррозионии онҳоро дар муҳити нейтралӣ тавсиф менамояд (расми 2). Аз хатҳои анодии поляризатсионӣ потенциалҳои электрохимиявии хўлаҳои таҳқиқшаванда муайян карда шуданд, ки дар мисоли хўлаҳои системаи Zn-Al-Ga дар чадвали 2 оварда шудааст.

Чавхаронии хўлаи $\text{Zn}+0.5\%\text{Al}$ бо галлий дар ҳудуди концентратсионии таҳқиқшуда (0.005-1.0%-вазнӣ) қобилияти майлдиҳии потенциалҳои коррозия, пинтнингҳосилшавӣ ва репассиватсияи хўлаҳоро ба самти манфӣ зоҳир менамояд. Потенциалҳои коррозияи хўлаҳо аз якдигар на он қадар фарқ менамоянд. Хусусияти тағйирёбии потенциал аз таркиби хўлаҳо ба қиматҳои аниқшуда мутобиқ аст, яъне бо афзоиши миқдори компонентҳои чавхаронӣ дар хўлаи аввалия қимати потенциалҳои

электрохимиявӣ ба самти манфӣ майл менамоянд (ҷадвали 2).



Расми 1 – Қаҷхати пурраи поляризатсионии потенциодинамикии (2мВ/с) хӯлаи Zn+0.5%Al, ки дар таркибаш 0.05%-и вазнӣ галлий дорад, дар муҳити 0.3%-и электролити NaCl. E – потенциал (В), i – зичии ҷараёни электрикӣ ($A \cdot m^{-2}$).



Расми 2 – Қаҷхатҳои поляризатсионии потенциодинамикии (2 мВ/с) анодии хӯлаи Zn+0.5% Al (1), ки индӣ дорад, %-и вазнӣ: 0.005 (2); 0.01 (3); 0.05 (4); 0.1 (5); 0.5 (6); 1.0 (7) дар муҳити электролити 0.3%-и NaCl.

Бо зиёдшавии компоненти ҷавҳаронӣ (индӣ) дар хӯлаи Zn+0.5%Al потенциалҳои озоди коррозия ва питтингҳосилшавӣ хӯлаҳо ба самти манфӣ майл менамоянд, ки ин қонуният барои ҳамаи таркиби хӯлаҳои таҳқиқшаванда, аз ҷумла барои хӯлаи аввалияи руҳ-алюминий мушоҳида мегардад. Бузургҳои потенциалҳои питтингҳосилшавӣ ва коррозияи озоди

хӯлаҳои таҳқиқшаванда бо афзоиши консентратсияи хлорид-ион дар электролит ба самти бештари манфӣ майл менамоянд, махсусан дар муҳити 3%-и NaCl (расмҳои 3 ва 4).

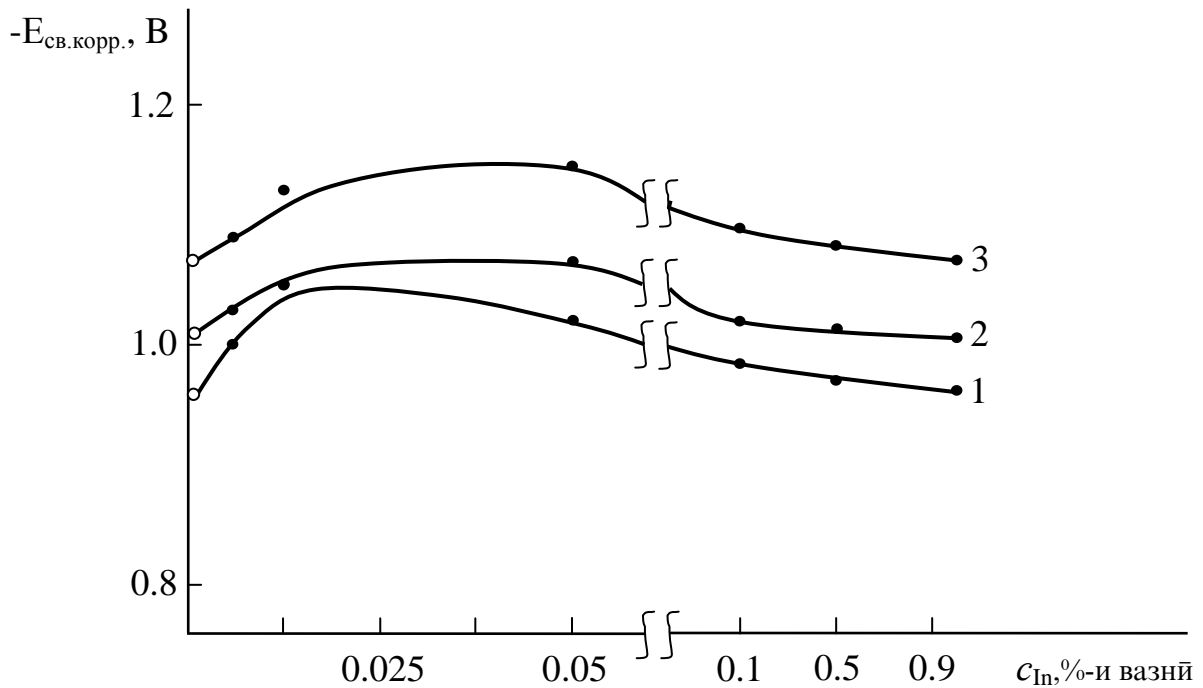
Ҷадвали 2 – Хосиятҳои коррозионӣ-электрохимиявӣ хӯлаи Zn+0.5% Al, ки бо галлий чавҳаронида шудааст, дар муҳити электролити NaCl

Муҳити NaCl, %	Миқдори галлий дар хӯла, %-вазӣ	Потенциалҳои электрохимиявӣ (э.х.н.), В				Суръати коррозия	
		-E _{корр.оз.}	-E _{корр.}	-E _{п.х.}	-E _{реп.}	$i_{корр.} \cdot 10^{-2}$	K · 10 ⁻³
						A/м ²	г/м ² · ч
0.03	-	0.960	0.968	0.745	0.809	0.037	0.45
	0.005	1.061	1.075	0.785	0.783	0.013	0.16
	0.01	1.085	1.091	0.795	0.785	0.008	0.10
	0.05	1.097	1.110	0.810	0.827	0.007	0.09
	0.1	1.105	1.103	0.771	0.811	0.010	0.12
	0.5	1.045	1.045	0.760	0.773	0.015	0.18
	1.0	1.031	1.048	0.753	0.760	0.017	0.21
0.3	-	1.007	1.016	0.760	0.766	0.050	0.61
	0.005	1.115	1.123	0.808	0.804	0.019	0.23
	0.01	1.133	1.135	0.824	0.818	0.015	0.18
	0.05	1.145	1.155	0.830	0.837	0.011	0.13
	0.1	1.098	1.095	0.785	0.831	0.017	0.21
	0.5	1.080	1.088	0.780	0.800	0.021	0.25
	1.0	1.075	1.077	0.765	0.787	0.023	0.28
3.0	-	1.070	1.086	0.779	0.804	0.055	0.67
	0.005	1.173	1.176	0.800	0.841	0.021	0.25
	0.01	1.188	1.188	0.835	0.863	0.016	0.20
	0.05	1.200	1.207	0.875	0.870	0.014	0.17
	0.1	1.195	1.203	0.870	0.887	0.018	0.22
	0.5	1.160	1.173	0.795	0.835	0.024	0.29
	1.0	1.145	1.153	0.790	0.820	0.027	0.33

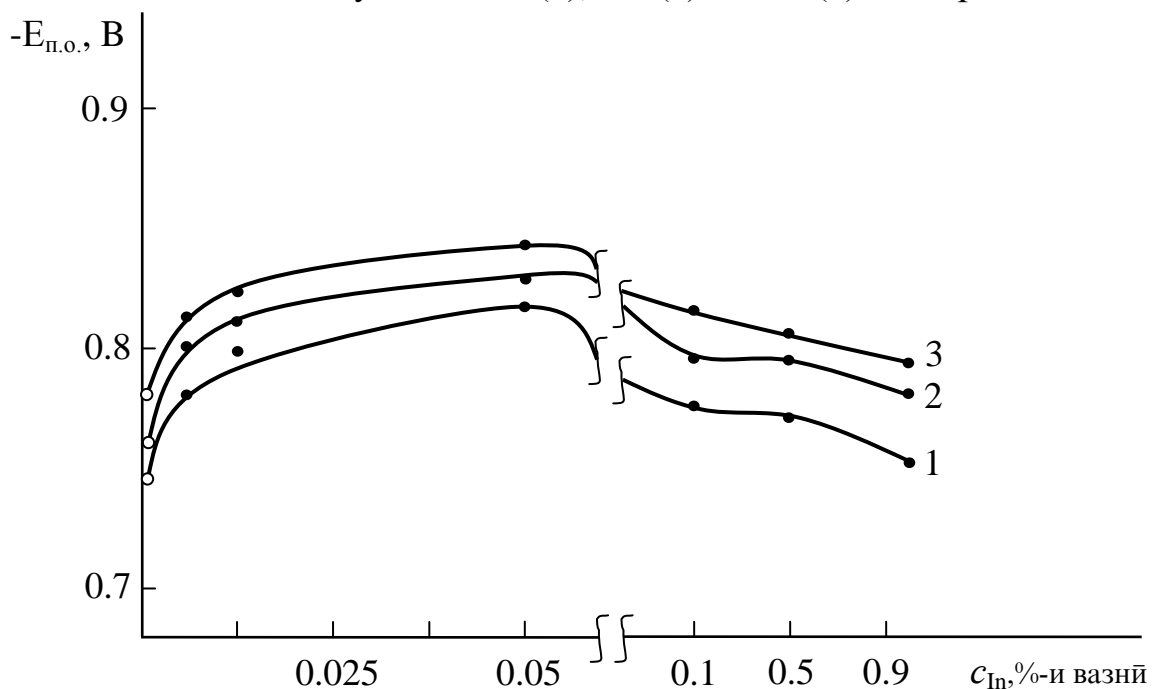
Потенциалҳои коррозияи озод ва пitting-хосилшавии хӯлаҳои таҳқиқшаванда бо афзоиши консентратсияи иловаҳои чавҳаронӣ (Ga, In, Tl) дар хӯлаи (Zn+0.5%Al) ба самти манфӣ майл менамоянд, вале дар ҳолати бо таллий тасвири муқобилҳолат низ ба мушоҳида мерасад, яъне ҳангоми чавҳаронидани хӯлаи аввалия бо таллий (0.1-1.0%-и вазӣ) потенциалҳои электрохимиявӣ нишондодашуда ба самти мусбати қиматҳо майл менамоянд. Бо афзоиши консентратсияи хлорид-ион камшавии ин потенциалҳои электрохимиявӣ мушоҳида мегардад. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо бо галлий ба индий ва таллий потенциалҳои коррозияи озод ва pitting-хосилшавии хӯлаҳо кам мегарданд, мутаносибан дар муҳитҳои гуногуни электролити NaCl (ҷадвали 3).

Аз расми 5 дида мешавад, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаи аввалияи Zn+0.5%Al ба хӯлаҳо бо индий, ба хӯлаҳо бо галлий ва таллий камшавии

суръати коррозияи хӯлаҳои таҳқиқшаванда мушоҳида мегардад, ки бо хосиятҳои элементҳои зергурӯҳи галлий мувофиқат менамояд. Бо зиёдшавии консентратсияи хлорид-ион якҷанд афзоиши суръати коррозияи хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ ва хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда мушоҳида мегардад (расми 5).



Расми 3 – Вобастагии потенциали (э.х.н.) коррозияи озоди хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ аз консентратсияи индий дар муҳити 0.03 (1); 0.3 (2) ва 3% (3) электролити $NaCl$.



Расми 4 – Вобастагии потенциали (э.х.н.) питтингҳосилшавии хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ аз консентратсияи индий дар муҳити 0.03 (1); 0.3 (2) ва 3% (3) электролити $NaCl$.

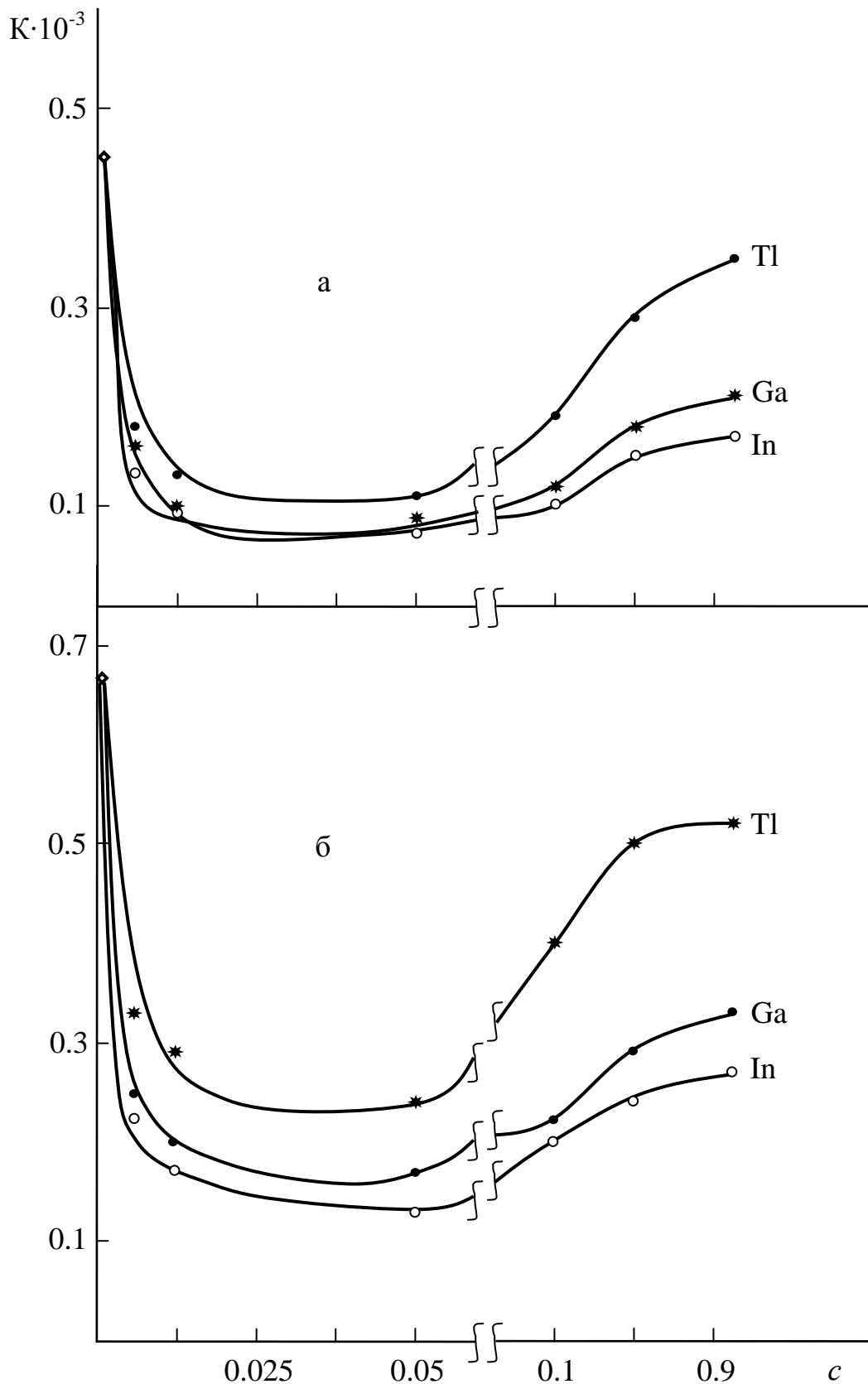
Ҷадвали 3 – Потенциалҳои (э.х.н.) коррозияи озод ва питтингҳосилшавии хӯлаи Zn+0.5% Al, ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий, дар муҳити электролити NaCl

Электролити NaCl, %	Миқдори Ga дар хӯла, %-и вазнӣ	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}	Миқдори In дар хӯла, %-и вазнӣ	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}	Миқдори Tl дар хӯла, %-и вазнӣ	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}
		В			В			В	
0.03	-	0.960	0.745	-	0.960	0.745	-	0.960	0.745
	0.005	1.061	0.785	0.005	1.000	0.780	0.005	0.971	0.767
	0.01	1.085	0.795	0.01	1.055	0.798	0.01	0.980	0.786
	0.05	1.097	0.810	0.05	1.020	0.817	0.05	0.993	0.803
	0.1	1.105	0.771	0.1	0.985	0.775	0.1	0.957	0.740
	0.5	1.045	0.760	0.5	0.971	0.770	0.5	0.948	0.732
	1.0	1.031	0.753	1.0	0.963	0.750	1.0	0.933	0.721
0.3	-	1.007	0.760	-	1.007	0.760	-	1.007	0.760
	0.005	1.115	0.808	0.005	1.035	0.800	0.005	1.011	0.777
	0.01	1.133	0.824	0.01	1.055	0.810	0.01	1.024	0.789
	0.05	1.145	0.830	0.05	1.073	0.828	0.05	1.041	0.793
	0.1	1.098	0.785	0.1	1.020	0.796	0.1	1.000	0.755
	0.5	1.080	0.780	0.5	1.015	0.795	0.5	0.985	0.742
	1.0	1.075	0.765	1.0	1.010	0.780	1.0	0.973	0.729
3.0	-	1.070	0.779	-	1.070	0.779	-	1.070	0.779
	0.005	1.173	0.800	0.005	1.088	0.813	0.005	1.088	0.790
	0.01	1.188	0.835	0.01	1.135	0.823	0.01	1.096	0.803
	0.05	1.200	0.875	0.05	1.148	0.843	0.05	1.106	0.816
	0.1	1.195	0.870	0.1	1.095	0.815	0.1	1.061	0.771
	0.5	1.160	0.795	0.5	1.087	0.807	0.5	1.045	0.764
	1.0	1.145	0.790	1.0	1.075	0.793	1.0	1.031	0.757

Суръати коррозияи хӯлаҳо, ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий ҷавҳаронида шудаанд нисбат ба хӯлаи Zn+0.5%Al 2-5 маротиба кам мешаванд. Махсусан иловаҳои галлий ва индий дар ҳудуди консентратсияҳои омӯхташуда мусбат таъсир мерасонанд, яъне устувории коррозияи хӯлаи аввалияро дар муҳитҳои гуногун баланд менамоянд. Афзоиши баъдии консентратсияи таллий (> 0.1%-и вазнӣ) суръати коррозияи хӯлаи Zn+0.5%Al каме зиёд менамояд, вале аз рӯи қиматҳои нисбат ба хӯлаи аввалия кам аст. Ин вобастагӣ дар ҳама муҳитҳои таҳқиқшуда мушоҳида гардид (расми 5).

Дар мақсад, таҳқиқоти анҷомдодашуда нишон дод, ки иловаҳои галлий, индий ва таллий бо миқдорҳои 0.005–0.1%-и вазнӣ устувории анодии хӯлаи аввалияи Zn+0.5%Al -ро дар муҳити нейтралӣ баланд менамоянд. Таркиби коркарднамудаи хӯлаҳо метавонанд ба сифати протекторҳо ва рӯйпӯшҳо ҳангоми муҳофизати анодии маводҳои металлӣ, махсусан маснуот,

конструксияҳо ва иншоотҳои пӯлодӣ муҳитҳои агрессивӣ аз коррозия истифода шаванд.



Расми 5 – Таъсири миқдори галлий, индий ва таллий (c , %-вазнӣ) ба суръати коррозияи $K \cdot 10^{-3}$ (г/м²·ч) ҳулаи Zn+0.5% Al дар муҳити электролити 0.03 (а) ва 3% (б) NaCl.

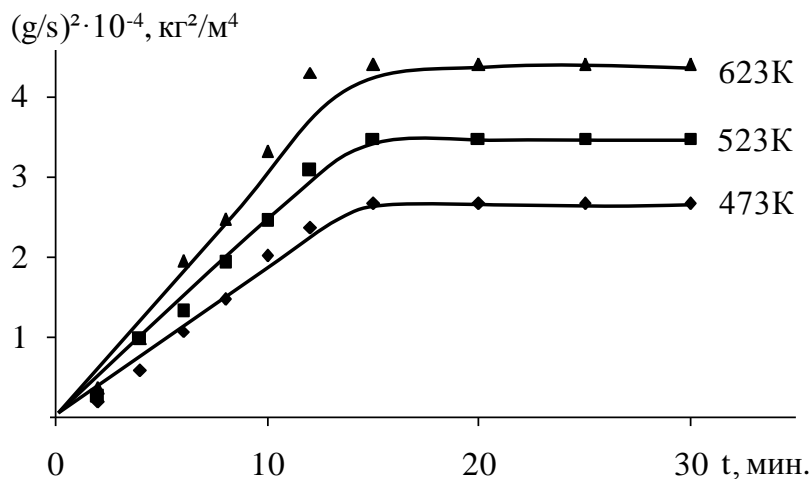
ОКСИДШАВИИ БАЛАНДҲАРОРАТИИ ХҶЛАИ $Zn+0.5\%Al$, КИ БО ГАЛЛИЙ, ИНДИЙ ВА ТАЛЛИЙ ЧАВҲАРОНИДА ШУДААНД, ДАР ҲОЛАТИ САХТ

Усули таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаҳо ва маҳсули оксидшавии онҳо. Оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо дар ҳолати сахт бо усули термогравиметрӣ омӯхта шуд. Барои гузаронидани таҳқиқот аз дастгоҳ, ки аз кӯраи муқовимати карбонӣ бо чилдпушонӣ аз оксиди алюминий иборат аст, истифода карда шуд. Барои сохтани атмосфераи назоратӣ қисми болоии охири чилд бо сарпӯши обхунуккунанда маҳкам карда шуд, ки дорои сурӯҳи барои найчаи газгузарон, термопараҳо ва бӯта бо хӯлаи таҳқиқшаванда буда, намунаи хӯлаҳо ба сими фанарии платинавӣ овезон карда шуданд. Тағйирёбии вазни хӯлаҳо бо ёзандагии фанар тавассути катетометр КМ-8, ки ҳудуди ченкунии 0.0-0.5 м –ро дорад, қайд карда шуд. Барои амаликунии таҳқиқотҳо бӯта аз оксиди алюминий, ки андозаҳои зеринро (қутр 18-20 мм, баландӣ 25-26 мм) дорад, истифода гардид. Бӯтаҳо пеш аз таҳқиқот дар ҳарорати 1000-1200 °С, мутаносибан дар муҳити оксигенӣ то вазни доимӣ тафсонии дода шуд. Ҳарорат бо термопараи платина-платинородӣ, ки дар сатҳи болоии хӯлаи таҳқиқшаванда ҷойгир шудааст, чен карда шуд. Пас аз интиҳои таҳқиқот система хунук карда шуда, бӯта бо намунаи хӯлаҳо баркашида шуда, сатҳи реаксионии он муайян карда шуд. Баъдан оиди маълумотгирӣ доир ба таркиби фаза дар маҳсули оксидшавӣ, қабатҳои оксидии ҳосилшуда аз сатҳи намунаи хӯлаҳо ҷудо карда шуда, бо усули таҳлили рентгенофазавӣ омӯхта шуд. Таҳлили рентгенофазавӣ дар дифрактометри ДРОН-2.0 анҷом дода шуда, дифрактограммаҳо бошад бо истифода аз K_{α} -нурафкании мисӣ аксбардори гардид.

Барои таҳқиқоти раванди оксидшавӣ якҷанд хӯлаҳои руҳ-алюминий бо иловаҳои галлий, индий ва таллий дар ҳудуди 0.01-1.0%-и вазнӣ ҳосил карда шуд. Барои таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои сахт дар муҳити ҳаво афзоиши вазни намунаҳои хӯла бо афзудани қабати оксидӣ дар вобастагӣ аз вақт ҳангоми ҳароратҳои доимии 473, 523 ва 623 К чен карда шуд. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ бо расиши саршавӣ аз меҳвар ба қачхатта аз рӯи муодилаи: $K=g/s \cdot \Delta t$ ва қимати энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванди оксидшавӣ бошад, аз рӯи тангенс кунҷии майлони рост дар вобастагӣ аз $\lg K-1/T$ ҳисоб карда шуд.

Қачхатҳои мураббаъи кинетикии раванди оксидшавӣ дар мисоли хӯлаи $Zn+0.5\%Al$, ки бо галлий чавҳаронида шудааст, дар расми 6 оварда шудааст. Дида мешавад, ки раванди оксидшавӣ дар зинаҳои аввал намуди хатшаклро зоҳир намуда, баъдан дар 12-15 дақиқа ба намуди гиперболий тағйир меёбад. Ба ин бавучудоии қабатҳои муҳофизатии оксидӣ шаҳодат медиҳад, ки зимни баҳамтаъсирот бо оксигени ҳаво дар 15 дақиқа ба анҷом мерасад. Самти қачхатҳои кинетикӣ хусусияти гиперболии механизми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшавандаро ишора менамояд. Ба ин хусусияти хати рост набудан дар меҳвари $(g/s)^2-t$ шаҳодат медиҳад ва инчунин ин ҳолат аз вобастагиҳои аналитикии $y = Kt^n$, дар ин ҷо $n = 2 \div 5$ низ дида мешавад (ҷадвали 4). Қиматҳои суръати ҳақиқии оксидшавии аз қачхатҳои

кинетикии хӯлаи Zn+0.5%Al, ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий чавҳаронида шудаанд, дар мисоли хӯлаҳо бо индӣ дар вобастагӣ аз ҳарорат ва таркиби хӯлаҳои таҳқиқшуда дар ҷадвали 5 оварда шудааст.



Расми 6 – Қадҳатҳои мураббаъи раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаи Zn+0.5% Al, ки 0.5%-и вазнӣ галлий дорад.

Ҷадвали 4 – Натиҷаҳои коркарди қадҳатҳои кинетикии раванди оксидшавии хӯлаи Zn+0.5% Al, ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий чавҳаронида шудаанд, дар ҳолати саҳт

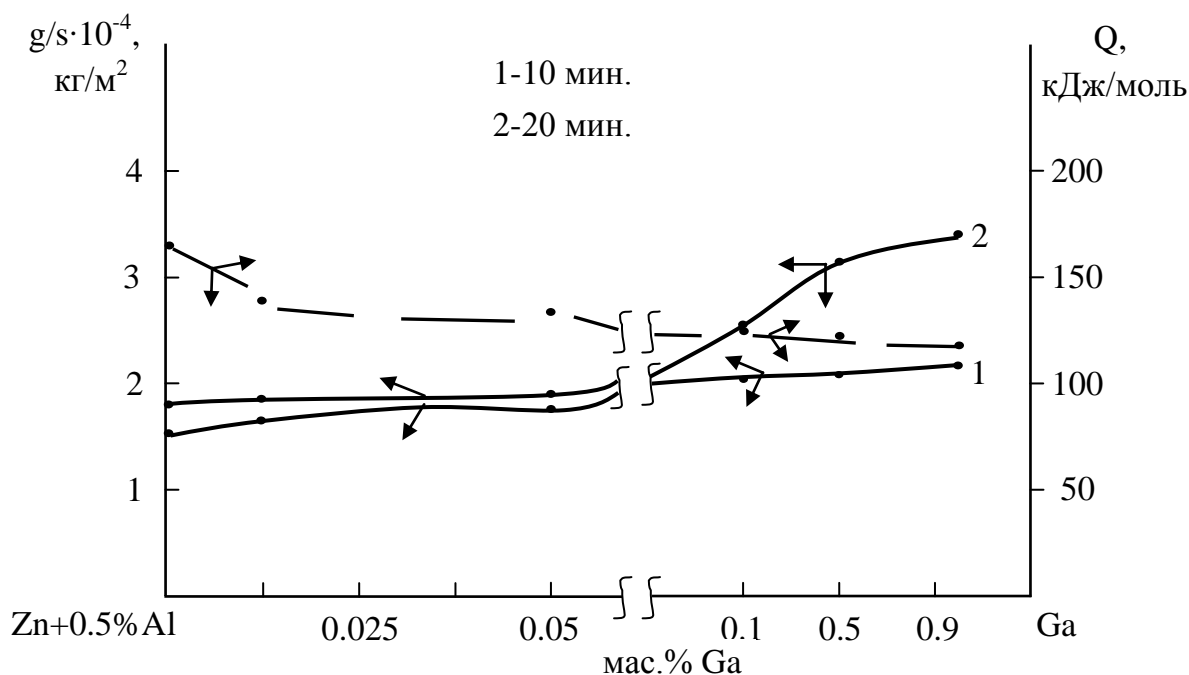
Миқдори компоненти чавҳаронӣ дар хӯла, %-и вазнӣ	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Полиномаҳои қадҳатҳои кинетикии оксидшавии хӯлаҳо	Зариби ҳамгирӣ, R ²
-	473	$y = -1E - 06x^4 + 0.000x^3 - 0.009x^2 + 0.224x - 0.164$	0.997
	523	$y = -2E - 06x^4 + 0.000x^3 - 0.011x^2 + 0.266x - 0.185$	0.998
	623	$y = -3E - 06x^4 + 0.000x^3 - 0.013x^2 + 0.294x - 0.108$	0.996
0.5Ga	473	$y = -1E - 06x^5 + 0.000x^4 - 0.004x^3 + 0.057x^2 - 0.065x + 0.093$	0.996
	523	$y = -2E - 06x^5 + 0.000x^4 - 0.007x^3 + 0.091x^2 - 0.167x + 0.248$	0.998
	623	$y = -3E - 06x^5 + 0.000x^4 - 0.009x^3 + 0.111x^2 - 0.142x + 0.228$	0.996
0.5In	473	$y = -1E - 06x^5 + 0.000x^4 - 0.004x^3 + 0.058x^2 - 0.079x + 0.096$	0.996
	523	$y = -2E - 06x^5 + 0.000x^4 - 0.007x^3 + 0.090x^2 - 0.168x + 0.211$	0.997
	623	$y = -3E - 06x^5 + 0.000x^4 - 0.009x^3 + 0.110x^2 - 0.136x + 0.172$	0.996
0.5Tl	473	$y = -1E - 07x^5 + 0.001x^4 - 0.004x^3 + 0.041x^2 - 0.078x + 1.614$	0.986
	523	$y = -2E - 07x^5 + 0.001x^4 - 0.022x^3 + 0.078x^2 - 0.156x + 2.017$	0.988
	623	$y = -3E - 07x^5 + 0.002x^4 - 0.035x^3 + 0.121x^2 - 0.134x + 2.367$	0.985

Динамикаи тағйирёбии суръати ҳақиқии оксидшавӣ ва энергияи самараноки фаълшавии раванди оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшавандаро метавон аз рӯи изоҳрони оксидшавии хӯлаи Zn+0.5%Al, ки концентратсияҳои гуногуни галлий дорад, дар ҳарорати 523 К сохта шуда, ба 10 ва 20 дақиқаҳои раванди оксидшавӣ рост меояд, мушоҳида намуд (расми 7). Қадҳатҳои раванди оксидшавӣ бо якшакл афзоиши суръати оксидшавӣ ва камшавии энергияи фаълшавӣ ҷойгир шудаанд, яъне

ҳангоми миқдори компоненти ҷавҳаронӣ дар ҳӯлаи аввалияи Zn+0.5%Al то 0.05%-и вазнӣ. Иловаҳои галлий умуман оксидшавии ҳӯлаи аввалияро зиёд менамоянд (расми 7).

Ҷадвали 5– Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ риванди оксидшавии баландҳароратии ҳӯлаи Zn+0.5% Al, ки бо индӣ ҷавҳаронида шудааст, дар ҳарорати саҳт

Миқдори In дар ҳӯла, %-и вазнӣ	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Суръати ҳақиқии оксидшавӣ $K \cdot 10^{-4}$, $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$	Энергияи самараноки фаъолшавӣ, кҶ/мол
-	473	3.30	168.4
	523	3.68	
	623	4.11	
0.01	473	3.32	156.6
	523	3.71	
	623	4.16	
0.05	473	3.34	152.0
	523	3.73	
	623	4.18	
0.1	473	3.38	144.3
	523	3.83	
	623	4.24	
0.5	473	3.40	133.7
	523	3.95	
	623	4.37	
1.0	473	3.49	128.1
	523	4.05	
	623	4.48	

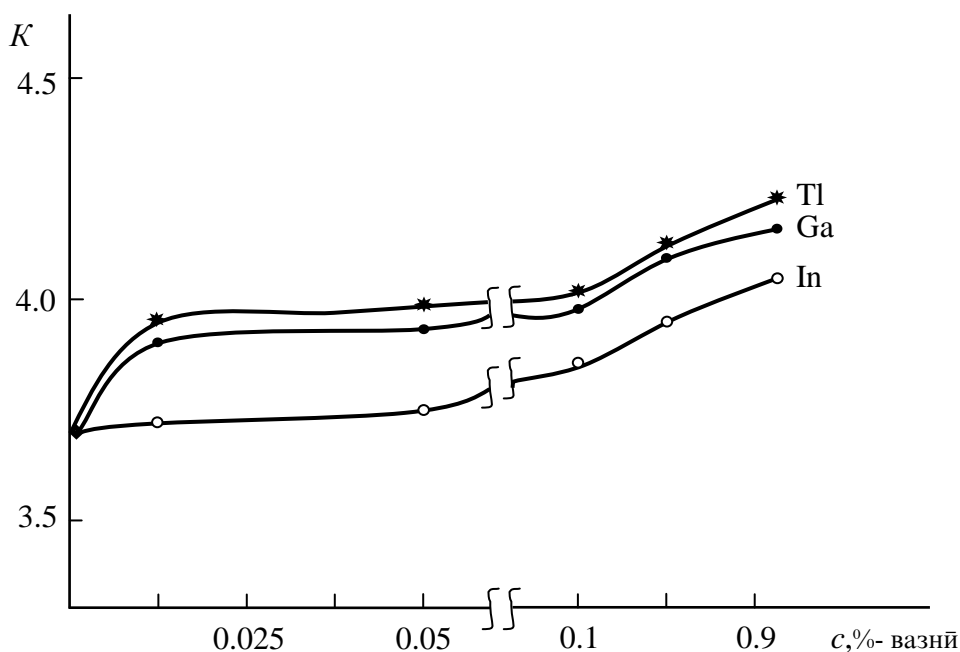


Расми 7 – Изохрони оксидшавии (523 К) ҳӯлаи Zn+0.5%Al, ки бо галлий ҷавҳаронида шудааст.

Барои таҳлили муқоисавӣ дар намуди умумӣ натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири иловаҳои галлий, индий ва таллий ба кинетикаи раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ дар ҷадвали 6 ва расми 8 оварда шудааст. Дида мешавад, ки хангоми гузариш аз хӯлаҳои бо галлий ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳо бо индий камшавии суръати ҳақиқии оксидшавӣ ва афзоиши энергияи самараноки фаъолшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда мушоҳида мегардад. Баъдан хангоми гузариш аз хӯлаҳо бо индий ба хӯлаҳо бо таллий оксидшавии хӯлаҳо якҷанд афзоиш меёбад (расми 8, ҷадвали 6).

Ҷадвали 6 – Вобастагии муқоисавии энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ аз миқдори элементҳои ҷавҳаронии зергурӯҳи галлий

Ҳарорати оксидшавӣ, К	Компоненти ҷавҳаронии хӯлаи $Zn+0.5\%Al$	Энергияи самараноки фаъолшавӣ, кҶ/мол					
		Миқдори иловаҳо, %-и вазнӣ					
		-	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
473 523 623	-	168.4	-	-	-	-	-
	Ga	-	143.6	140.5	135.2	126.8	120.0
	In	-	156.6	152.0	144.3	133.7	128.1
	Tl	-	137.7	134.8	130.4	122.0	116.5



Расми 8 – Вобастагии муқоисавии тағйирёбии суръати миёнаи ҳақиқии хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ аз миқдори элементҳои ҷавҳаронии зергурӯҳи галлий.

Дар мақсад, бо усули термогравиметрӣ таҳқиқоти баҳамтаъсири хӯлаи руҳ-алюминии $Zn+0.5\%Al$, ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий ҷавҳаронида шудаанд бо оксигени ҳаво хангоми ҳароратҳои 473, 523 и 623

К, дар ҳолати саҳт анҷом дода шудааст. Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо муайян карда шудааст. Аниқ карда шудааст, ки оксидшавии хӯлаҳо ба қонуниятҳои гиперболий иттибот менамояд, суръати ҳақиқӣ дорои тартиби 10^{-4} аст. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда оксидҳои ZnO , Al_2O_3 , Ga_2O_3 , In_2O_3 ва Tl_2O_3 ба вуҷуд меоянд. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои элементҳои зергурӯҳи галлий оксидшавии хӯлаи $Zn+0.5\% Al$ –ро дар ҳудуди консентратсионии 0.01-0.05%-и вазнӣ каме зиёд менамоянд, ки мутаносибан барои истифодабарӣ ба сифати протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодӣ барои муҳофизати маснуот, конструксияҳо ва иншоотҳои пӯлодӣ аз коррозия тавсия мешаванд.

ХУЛОСАҲО

1. Бо усули потенциостатикӣ таҳқиқот дар речаи потенциодинамикӣ (суръати тобиши потенциал 2 мВ/с), дар консентратсияҳои гуногуни электролити $NaCl$ аниқ карда шудааст, ки суръати коррозияи хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ ҳангоми бо галлий, индий ва таллий ҷавҳаронидан (0.005-0.1 %-и вазнӣ) 2-5 маротиба кам мегардад. Қонуниятҳои тағйирёбии хусусиятҳои асосии электрохимиявӣ (потенциалҳои коррозия, пиннингҳосилшавӣ ва репассиватсия) хӯлаҳо аз консентратсияи компонентҳои ҷавҳаронӣ ва ионҳои хлор аниқ карда шудааст.

2. Бо усули термогравиметрӣ таҳқиқоти кинетикаи баландҳароратии оксидшавии хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ бо галлий, индий ва таллий, дар ҳолати саҳт ва муҳити ҳаво анҷом дода шудааст. Хусусияти гиперболии оксидшавии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ бо таллий бузургии минималии энергияи фаъолшавӣ ва қимати суръати бештарини оксидшавиро дорад, вале хӯлае, ки бо индий ҷавҳаронида шудааст – дорои қимати максималии энергияи самараноки фаъолшавӣ ва суръати ҳақиқӣ камтарини оксидшавӣ аст. Хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ бо галлий бошад ҳолати фосилавиро ишғол менамояд. Муайян карда шудааст, ки компонентҳои ҷавҳаронӣ дар меъёри 0.01-0.05 %-и вазнӣ оксидшавии хӯлаи аввалияро каме зиёд менамоянд.

3. Таркиби фазавӣ маҳсулоти оксидшавии хӯлаи руҳ-алюминий $Zn+0.5\%Al$, ки элементҳои зергурӯҳи галлийро дорад ва нақши онҳо дар раванди оксидшавӣ бо усули таҳлили рентгенофазавӣ омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки маҳсули оксидшавии хӯлаҳои дучанда ва сечандаи таҳқиқшуда аз оксидҳои ZnO , Al_2O_3 , Ga_2O_3 , In_2O_3 ва Tl_2O_3 иборат аст.

4. Микроструктураҳои хӯлаҳои таҳқиқшуда дар микроскопи SEM навъи AIS2100 омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки элементҳои ҷавҳаронӣ (Ga, In, Tl), махсусан индий структураи хӯлаи $Zn+0.5\%Al$ -ро намоён хурд менамояд. Хӯла бо таллий нисбат ба хӯлаҳо бо галлий структураҳои калонҳаҷм дорад.

5. Таркиби хӯлаҳои нави ба коррозия устувори коркардшуда ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодӣ истифода гардида, бо Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон № ТҶ 793 ҳифз карда шудаанд.

Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар интишороти зерин баён гардидааст:

Мақолаҳои, ки дар маҷаллаҳои илмии тавсиянамудаи КОА-и назди

Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд

1. **Одинаева, Н.Б.** Потенциодинамическое исследование сплава Zn+0.5% Al, легированного таллием / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Р.Н. Амини // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. – Т. 57. – № 8. – С. 686-689.
2. **Одинаева, Н.Б.** Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного индием, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, Ф.Р. Сафарова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Вестник Таджикского технического университета.– 2014. – № 4 (28). – С. 73-76.
3. **Одинаева, Н.Б.** Высокотемпературное окисление сплава Zn+0.5% Al, легированного таллием, в твердом состоянии / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф. Азиззода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – Таджикский технический университет им. М.С. Осими. – 2018. – № 1 (41). – С. 113-119.
4. **Одинаева, Н.Б.** Высокотемпературное окисление сплава Zn+0.5% Al, легированного галлием, в твёрдом состоянии / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.Р. Сафарова, М. Максудов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2018. – Т. 61. – № 2. – С.
5. **Одинаева, Н.Б.** Высокотемпературное окисление сплава Zn+0.5% Al, легированного индием, в твёрдом состоянии / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.Р. Сафарова, И. Латипов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2017.– № 4(169). – С.

Ихтироот

6. Малый патент Республики Таджикистан № ТҶ 793. Цинк-алюминиевый сплав / **Н.Б. Одинаева**; заявитель и патентообладатель: З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов, Ф.Р. Сафарова, Н.Б. Одинаева / № 1601022; заявл. 31.03.16, опубл. 12.10.16, бюл. 63, 2016. – 2 с.

Мақолаҳои дар маводҳои конференсияҳо нашршуда

7. **Одинаева, Н.Б.** Влияние индия на потенциал свободной коррозии сплава Zn+0.5% Al, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, Ф.Р. Сафарова, З.Р. Обидов // Сб. матер. Межд. конф. «Комплексные соединения и аспекты их применения». – ТНУ. – 2013. – С. 30-32.
8. **Одинаева, Н.Б.** Коррозионно-электрохимическое поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного таллием / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, Ф.Р. Сафарова, З.Р. Обидов // Матер. Респ. научно-практ. конф. «Достижение инновационной технологии композиционных материалов и их сплавов для машиностроения». – ТГПУ им. С. Айни. – 2014. – С. 35-36.
9. **Одинаева, Н.Б.** Влияние галлия и таллия на потенциал свободной коррозии сплава Zn+0.5% Al, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, Ф.Р. Сафарова, З.Р. Обидов // Матер. VII Межд. научно-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования». – ТТУ. – 2014. – С. 192-193.

10. **Одинаева, Н.Б.** Влияние галлия на потенциал свободной коррозии сплава Zn+0.5% Al, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, Ф.Р. Сафарова, З.Р. Обидов // Сб. тез. докл. науч. конф. «Актуальные проблемы современной науки». – Филиал НИТУ «МИСиС» в г. Душанбе. – 2015. – С. 30.
11. Обидов, З.Р. Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного галлием, в среде электролита NaCl / З.Р. Обидов, **Н.Б. Одинаева**, Ф.Р. Сафарова, М.К. Эшбоева // Сб. матер. Всеросс. междунар. науч.-практ. конф. «Новые технологии – нефтегазовому региону ТюмГНГУ». – Тюмень. – 2015. – Т. 4. – С. 60-62.
12. **Одинаева, Н.Б.** Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного таллием, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, Ф.Р. Сафарова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов // Сб. матер. Респ. науч.-практ. конф. «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан». – Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан.– 2016. – С. 77-79.
13. **Одинаева, Н.Б.** Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного галлием, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, Ф.Р. Сафарова, З.Р. Обидов // Сб. матер. XIII Нумановские чтения. – Институт химии им.В.И.Никитина АН Республики Таджикистан.– 2016.–С.144-146.
14. **Одинаева, Н.Б.** Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного индием и таллием, в нейтральной среде / Н.Б. Одинаева, У.Ш. Якубов, З.Р. Обидов // Сб. статей Межд. научно-практ. конф. «Научные достижения и открытия современной молодёжи». – Пенза. – 2017. – С. 30-32.
15. **Одинаева, Н.Б.** Окисление сплава Zn+0.5% Al, легированного галлием / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, А.Э. Бердиев // Матер. Респ. науч.-практ. конф. «Перспективы развития естественных наук». – Российско-Таджикский(Славянский) университет. – 2018. – С. 72-75.

АННОТАТСИЯ

ба диссертатсияи Одинаева Насиба Бекмуродовна «Коррозияи хӯлаи Zn+0.5%Al бо галлий, индий ва таллий», барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои химия аз рӯи ихтисоси 05.17.03 – технологияи равандҳои электрохимиявӣ ва муҳофизат аз коррозия

Мақсади корҳои таҳқиқотӣ ин коркарди таркиби оптималии хӯлаи руҳ-алюминий Zn+0.5%Al, ки бо галлий, индий ва таллий ҷавҳаронида шудаанд, мебошад, ки ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодӣ барои баланднамоии устувории конструксияҳо, маснуот ва иншоотҳои пӯлодӣ ба коррозия истифода мешаванд.

Ба сифати маводҳои аввалияи таҳқиқот руҳи тамғаи ХЧ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва элементҳои ҷавҳаронии Ga-00(галлий), In-00(индий) ва Tl-00(таллий) истифода гардидааст.

Бо усули потенциостатикӣ таҳқиқот дар речаи потенциодинамикӣ (суръати тобиши потенциал 2 мВ/с), дар концентратсияҳои гуногуни электролити NaCl аниқ карда шудааст, ки суръати коррозияи хӯлаи Zn+0.5%Al ҳангоми бо галлий, индий ва таллий ҷавҳаронидан (0.005-0.1 %-и вазнӣ) 2-5 маротиба кам мегардад. Қонуниятҳои тағйирёбии хусусиятҳои асосии электрохимиявӣ (потенциалҳои коррозия, пitting-ҳосилшавӣ ва репассиватсия) хӯлаҳо аз миқдори компонентҳои ҷавҳаронӣ ва ионҳои хлор аниқ карда шудааст.

Бо усули термогравиметрӣ таҳқиқоти кинетикаи баландҳароратии оксидшавии хӯлаи Zn+0.5%Al бо галлий, индий ва таллий, дар ҳолати саҳт ва муҳити ҳаво анҷом дода шудааст. Хусусияти гиперболии оксидшавии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки хӯлаи Zn+0.5%Al бо таллий бузургии минималии энергияи фаъолшавӣ ва қимати суръати бештарини оксидшавиро дорад, вале хӯлае, ки бо индий ҷавҳаронида шудааст – дорои қимати максималии энергияи самараноки фаъолшавӣ ва суръати ҳақиқии камтарини оксидшавӣ аст. Хӯлаи Zn+0.5%Al бо галлий бошад ҳолати фосилавино ишғол менамояд. Муайян карда шудааст, ки компонентҳои ҷавҳаронӣ дар меъёри 0.01-0.05 %-и вазнӣ оксидшавии хӯлаи аввалияро каме зиёд менамоянд.

Таркиби фазавии маҳсулоти оксидшавии хӯлаи руҳ-алюминий Zn+0.5%Al, ки элементҳои зергурӯҳи галлийро дорад ва нақши онҳо дар раванди оксидшавӣ бо усули таҳлили рентгенофазавӣ омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки маҳсули оксидшавии хӯлаҳои дучанда ва сечандаи таҳқиқшуда аз оксидҳои ZnO, Al₂O₃, Ga₂O₃, In₂O₃ ва Tl₂O₃ иборат аст.

Микроструктураҳои хӯлаҳои таҳқиқшуда дар микроскопи SEM навъи AIS2100 омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки элементҳои ҷавҳаронӣ (Ga, In, Tl), махсусан индий структураи хӯлаи Zn+0.5%Al-ро намоён хурд менамояд. Хӯла бо таллий нисбат ба хӯлаҳо бо галлий структураҳои калонҳаҷм дорад. Таркиби хӯлаҳои нави ба коррозия устувори коркардшуда ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодӣ истифода гардида, бо Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳифз карда шудаанд.

Рисолаи диссертатсионӣ аз муқаддима, навиди адабиёт, се боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замимаро дар бар мегирад. Диссертатсия дар 121 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ баён мегардад, ки дорои 29 ҷадвал ва 43 расм мебошад. Рӯйхати адабиётҳо аз 112 номгӯй иборат аст.

Дар натиҷаи таҳқиқотҳо 14 мақола ба нашр расидааст, аз ҷумла 5 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон; дар 9 маводҳои конфронсҳои байналмилалӣ ҷумҳуриявӣ ва 1 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: коррозия, хӯлаи Zn+0.5%Al, ҷавҳаронӣ, галлий, индий, таллий, усулҳои потенциостатикӣ ва термогравиметрӣ, таҳлили микрорентгеноспектралӣ ва рентгенофазавӣ, ҳосиятҳои коррозийонӣ-электрохимиявӣ, рафтори анодӣ.

РЕЗЮМЕ

к диссертации Одинаевой Насибе Бекмуродовны «Коррозия сплава Zn+0.5%Al с галлием, индием и таллием», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности

05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Цель работы заключается в разработке оптимального состава цинк-алюминиевого сплава Zn+0.5%Al, легированного галлием, индием и таллием, которые используются в качестве анодных эффективных протекторов и покрытий для повышения коррозионной стойкости стальных конструкций, изделий и сооружений.

В качестве объекта исследования использовались цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и легирующих элементов марок Ga-00(галлий), In-00(индий) и Tl-00(таллий).

Потенциостатическим методом исследования в потенциодинамическом режиме (скорости развёртки потенциала 2 мВ/с), в электролите NaCl различной концентрации показано, что скорость коррозии сплава Zn+0.5%Al уменьшается в 2-5 раза при легировании его галлием, индием и таллием (0.005-0.1 мас.%). Установлены закономерности изменения основных электрохимических характеристик (потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации) сплавов от содержания легирующих компонентов и хлорид-иона.

Методом термогравиметрии исследована кинетика высокотемпературного окисления сплава Zn+0.5%Al с галлием, индием и таллием, в твёрдом состоянии, кислородом воздуха. Установлен гиперболический характер процесса окисления сплавов. Выявлено, что сплав Zn+0.5%Al с таллием имеет минимальные величины энергии активации и наибольшее значение скорости окисления, а сплавы, легированные индием - максимальные значения эффективной энергии активации и наименьшей истинной скоростью окисления. Сплав Zn+0.5%Al с галлием занимает промежуточное положение. Определено, что легирующие компоненты в пределах 0.01-0.05 мас.% незначительно увеличивают окисляемость исходного сплава.

Фазовый состав продуктов окисления цинк-алюминиевого сплава Zn+0.5%Al, содержащего элементов подгруппы галлия и их роль в процессе окисления определены методом рентгенофазового анализа. Показано, что продукты окисления изученных двойных и тройных сплавов состоят из оксидов ZnO, Al₂O₃, Ga₂O₃, In₂O₃ и Tl₂O₃.

Микроструктуры исследованных сплавов изучены на микроскопе SEM серии AIS2100. Показано, что легирующие элементы (Ga, In, Tl), особенно индий значительно измельчают структуру сплава Zn+0.5%Al. Сплав с таллием имеет наиболее крупную структуру, чем сплавы с галлием. Составы, разработанных новых коррозионностойких сплавов в качестве анодных протекторов и покрытий, защищены малым патентом Республики Таджикистан.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, трёх глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 121 страницах компьютерного набора, включает 29 таблиц, 43 рисунков. Список литературы включает 112 наименований.

По результатам исследований опубликовано 14 работы, в том числе 5 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан; в 9 материалах международных и республиканских конференций и получено 1 патент Республики Таджикистан на составы разработанных сплавов.

Ключевые слова: коррозия, сплав Zn+0.5%Al, легирование, галлий, индий, таллий, потенциостатический и термогравиметрический методы, микрорентгеноспектральный и рентгенофазовый анализ, коррозионно-электрохимические свойства, анодное поведение.

SUMMARY

on Nasiba Odinaeva's dissertation "Corrosion of alloy Zn+0.5%Al with gallium, indium and thallium», which represented for getting science degrees of candidate of chemical science on 05.17.03 – technology of electrochemical processes and protection against corrosion

The work purpose consists in working out of optimum structure zinc-aluminium of alloy Zn+0.5%Al alloyed by gallium, indium and thallium which are used as anode effective protectors and coverings for increase of corrosion firmness of steel designs, products and constructions.

As object of research were used zinc of mark ChC (granulated), aluminium of mark A7 and alloying elements of marks Ga-00 (gallium), In-00 (indium) and Tl-00 (thallium).

Potentiostatical method of research in potentiodynamical a mode (speeds of development of potential 2 mv/c), in electrolit NaCl to the various environment it is established, that speed of corrosion of alloy Zn+0.5%Al decreases in 2-5 times at alloyed with gallium, indium and thallium (0.005-0.1 wt.%). Laws of change of the basic electrochemical characteristics (corrosion potentials, pitting formation and repassival) alloys from the maintenance of alloying components and chlorides-ions are established.

Kinetic high-temperature oxidation of alloy Zn+0.5%Al with gallium, indium and thallium, in a firm condition it is investigated by a method thermo gravimetrical in the air environment. Hyperbolic character of oxidation of the given alloys is established. It is shown, that alloy Zn+0.5%Al with thallium the minimum sizes of energy of activation and the greatest have speeds of oxidation, and the alloys alloyed indium - the maximum values of effective energy and the least of true speed of oxidation. Alloy Zn+0.5%Al with gallium occupy intermediate position. It is defined, that alloying components within 0.01-0.05 wt.% slightly increase oxidability of an initial alloy.

Phase structure of products of oxidation zinc-aluminium of the alloy, containing elements of a subgroup of gallium and their role in the course of oxidation are defined by a method X-ray the analysis. Showed, that products of oxidation of the studied alloyed double and threefold alloys consist from oxidation ZnO, Al₂O₃, Ga₂O₃, In₂O₃ and Tl₂O₃.

Microstructures of the investigated alloys are studied on microscope SEM of series AIS2100. Showed, that alloying elements (Ga, In, Tl), especially indium considerably crush structure of alloy Zn+0.5%Al. Zinc-aluminium an alloy with thallium have the largest structure, than alloys with gallium. The structures, developed new corrosion stability alloys as anode protectors and coverings are protected by the small patent of Republic Tajikistan.

The dissertation consists of introduction, the review of the literature, three heads, conclusions, the list of the literature and appendices. Work is stated on 121 pages of a computer set, includes 29 tables, 43 drawings. The literature list includes 112 names.

By results of researches 14 papers, including 5 articles in the journals recommended HAK at the President of Republic Tajikistan are published; in 9 materials of the international and republican conferences and 1 patent of Republic Tajikistan for structures of the developed alloys also are received.

Key words: corrosion, alloy Zn+0.5%Al, alloying, gallium, indium and thallium, potentiostatical and thermogravimetrical methods, electron microprobe and x-ray diffraction, corrosion-electrochemical properties, anodic behaviour.

Ба чоп 02.05.2018с. ичозат шуд. Ба чоп 05.05.2018с. имзо шуд.
Коғазии офсетӣ. Чопи офсетӣ. Хуруфи адабӣ.
Андозаи 60x84 1/16. Ҷузъи чопӣ 1,5.
Теъдоди нашр 100 нусха.

Нашриёти «Донишварон»
734063, ш. Душанбе, кӯчаи Аммонал, 3/1
тел.: 915-14-45-45. E-mail: donishvaron@mail.ru

