

Бо ҳуқуқи дастнавис



УДК 669.77:621

АЗИМОВ Холиқназар Ҳақимович

**ТАРКИБИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИЙ АЖ 2.18
БО ЛИТИЙ, БЕРИЛЛИЙ ВА МАГНИЙ**

05.02.01 – Маводшиносӣ (дар мошинсозӣ)

АВТОРЕФЕРАТИ

**Диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии
номзади илмҳои техникӣ**

ДУШАНБЕ – 2018

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

Роҳбарони илмӣ:

Ғаниев Изатулло Наврузович - доктори илмҳои химия, профессор, академики АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон;
Амонзода Илҳом Темур - номзади илмҳои техникӣ, дотсент

Муқарризонии расмӣ:

1. Абулҳаев Владимир Ҷалолович - доктори илмҳои химия, профессор, муовини директори Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба илм ва маориф
2. Гулов Саломидин Садридинович - номзади илмҳои техникӣ, дотсент, мудири кафедраи масолахшиносӣ, мошинҳо ва дастгоҳҳои металлургии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ

Муассисаи пешбар:

Филиали Донишгоҳи миллии таҳқиқотию технологияи «Донишкадаи пӯлоду хӯлаҳои Москва» дар шаҳри Душанбе

Ҷимояи диссертатсия 19 декабри соли 2018, соати 9⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-007 назди Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин 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 интернетии 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,
доктори илмҳои химия, дотсент



Обидов З.Р.

ТАВСИФИ УМУМИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Мубрам будани мавзӯи диссертатсия. Тули 50-60 соли охир хӯлаҳои алюминий ҳамчун масолеҳи конструксионӣ бар ивази конструксияҳои пӯлодин рӯ ба афзоишанд. Дар натиҷаи таҳқиқоти муфассали диаграммаи ҳолатии системаҳои металӣ дар асоси алюминий, хӯлаҳои нави сабук бо таснифӣ конструксионӣ коркард карда баромада шудаанд, ки аз пулодин афзалтар ё хамарзиш мебошанд. Ба чунин системаҳо хӯлаҳои алюминий бо иловаҳои магний, руҳ, литий, мис ва ғ. шомиланд.

Айни замон дар истеҳсолоти алюминий равандҳои илмию техникий пешрафта дар шароитҳои муборизаи рақобатӣ дар бозори ҷаҳонӣ амалӣ гардида истодаанд. Барои ҳамин, талаботи асосӣ ин болоравии самарани доимии маҳсулоти охирин бахисоб меравад. Дар шароити таъсири бухрони иқтисодӣ дар соҳаи металлургия, самтҳои асосии афзоиши соҳаи алюминий аз истеҳсоли металҳои (маҳсулот) сифати дараҷаи оливошта вобастааст. Аз ҳама маҳсулоте, ки дар бозори ҷаҳонӣ талаботи зиёд дорад алюминий, ки аз он маҳсулотҳо дар намуди рехтаҳо, маҳсулотҳои гелонида куфта ҳосилшуда, профилҳо ва варақаҳои алюминий вобаста ба талаботи истифодабаранда бадаст оварда мешавад, ки талаботи истифодабарандаро қонеъ мегардонад.

Монеаи асосии васеъ истифодабарии алюминий ва хӯлаҳои алюминий дар соҳаҳои гуногуни истеҳсолот ин зиёд будани миқдори ғашиҳо дар таркиби он ба монанди оҳан ва силитсий ба шумор меравад. Ғашиҳо (оҳан ва силитсий) бо алюминий фаза ҳосил намуда дар натиҷа нӯксонҳои дохилӣ ба намуди сохти гуногунтаркиб муайян карда мешавад, ки ба хосиятҳои алюминий таъсири манфӣ мерасонад.

Масолеҳҳои конструксионӣ дар асоси хӯлаҳои Al – Fe бо он ҷолиб аст, ки миқдори оҳан дар таркиби алюминийи дуҷумдараҷа нисбат ба алюминийи якҷумдараҷа хело зиёд мебошанд. Ин ҳолат зангзаниустуворӣ ва хосиятҳои ёзандагии алюминийро паст мекунад. Тоза кардани оҳан аз таркиби алюминий хароҷоти зиёдро талаб менамояд. Бар ивази ин кори пурхароҷот ва меҳнатталаб, коркарди хӯлаҳои нави ояндадорро дар асоси системаи зикршуда ба роҳ мондан зарур аст.

Як қатор хосиятҳои хӯлаҳои системаи Al – Fe-ро омехтем, маълум гардид, ки бо зиёдшавии миқдори оҳан қайшӣ, ҳудуди ҷоришавӣ ва муқовимати ҷараёнии хула зиёд шуда бузургии гармигузаронӣ ва ҳудуди хастагӣ паст мешавад.

Чуноне, ки маълум аст хӯлаҳои алюминие, ки дар таркибашон оҳан ва элементҳои нодирзаминӣ доранд ҳамчун ноқил барои ҷараёнгузаронӣ дар муҳаррикҳои ҳавопаймоҳо ва мошинҳо, ноқилҳо, чархҳо, меҳварҳо ва дигар намуди маснуотҳо дар саноати барқ истифода бурда мешавад.

Мавзӯи диссертатсияи номзадӣ дар «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм ва технология солҳои 2010-2015» ва дар барномаи «Ҷорӣ намудани ихтирооти муҳимтарини Ҷумҳурии Тоҷикистон дар солҳои 2010-2015» дохил мешавад.

Мақсади диссертатсия муқаррар намудани функцияҳои термодинамикӣ, кинетикаи оксидшавӣ ва хосиятҳои анодии хӯлаи АЖ2.18%, ки бо литий, бериллий ва магний ҷавҳаронида шудаанд, инчунин истифода намудани онҳо дар истеҳсолот ҳамчун хӯлаи муракабтаркиб ба ҳисоб меравад.

Вазифаи таҳқиқот. Вобаста бо мақсади гузошташуда дар диссертатсияи диссертатсионӣ вазифаҳои зерин ҳал карда шудааст:

– Омӯхтани вобастагии ҳарорати гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия, энергияи Гиббс) хӯлаи АЖ2.18%, ки бо литий, бериллий ва магний ҷавҳаронида шудаанд.

– Омӯхтани хусусиятҳои кинетикӣ ва энергетикӣ ираванди оксидшавии хӯлаи АЖ2.18%, бо литий, бериллий ва магний ҷавҳаронидашуда ва муайян намудани механизми раванди оксидшавӣ.

– Бо роҳитаҷрибавӣ муайян намудани таъсири литий, бериллий ва магний ба рафтори анодии хӯлаи АЖ2.18 дар муҳити электролити NaCl.

– Муносиб кардани таркиби хӯлаи секарата ҷавҳаронидашуда дар асоси хосиятҳои физикию химиявӣ ва муайян намудани самтҳои истифодабарии он.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқот. Муносиб кардани асосҳои қонунияти тағирёбии гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия, энергияи Гиббс) хӯлаи АЖ2.18%, ки бо литий, бериллий ва магний ҷавҳаронида шудааст, вобаста аз ҳарорат ва миқдори элементҳои ҷавҳарӣ. Маълум гардид, ки бо зиёдшавии ҳарорат гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропияи хӯлаҳо меафзояд ва бузургии энергияи Гиббс паст мешавад. Бо зиёдшавии миқдори элементҳои ҷавҳарӣ бузургии гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикӣ паст мешавад.

Таҳқиқот нишон дод, ки бо зиёдшавии ҳарорат суръати оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний дар ҳолати сахтӣ меафзояд. Иловаи бериллий то миқдори 0.5%-и вазн суръати оксидшавиро нисбат ба хӯлаи ибтидоӣ зиёд мекунад, иловаи литий ва магний бошад паст мекунад. Дар навбати худ энергияи эҳтимолии ғаёлшавӣ ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо литий ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳои бо магний ҷавҳаронидашуда паст шуда ба хӯлаҳои бо бериллий ҷавҳаронидашуда зиёд мешавад. Доимии суръати оксидшавӣ тартиби $10^{-4} \cdot \text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ доро мебошад. Муқаррар карда шудааст, ки оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний бо қонуни гиперболӣ итоат мекунанд.

Бо усули патенсостатикӣ дар речаи патенсодинамикӣ ҳангоми суръати тобиши патенсиали 2 мВ/с будан, муқаррар карда шуд, ки иловаҳои элементҳои лигарӣ то 0.05% - и вазн ба зангзанӣ устувории хӯлаи АЖ2.18 – ро аз 30% то 40% зиёд мекунанд. Дар ин ҳолат потенциалҳои ба зангзаниустуворӣ хӯлаи ибтидоӣ ба самти мусбат ва патенсиалҳои питтингҳосилкунӣ ва репасиватсионӣ ба самти манфии тири ордината майл мекунанд. Ҳангоми гузаштан аз хӯлаҳои бо литий ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳои бо бериллий ҷавҳаронидашуда, ба зангзаниустуворӣ меафзояд, ба хӯлаҳои бо магний ҷавҳаронидашуда бошад паст мешавад (барои хӯлаҳои бо 0.05%-и вазн).

Аҳамияти амалии кор. Иҷроиши таҳқиқотҳо имконият дод, ки таркиби хӯлаҳо, ки бо оксидшавии паст дар ҳароратҳои баланд аз якдигар фарқ

мекунанд ошкор карда шавад ва инчунин миқдори муътадили иловаҳои ҷавҳарии литий, бериллий ва магний барои баланд бардоштани ба зангзаниустувории хӯлаи ибтидоии АЖ2.18 интихоб карда шавад.

Дар маҷӯ, дар асоси натиҷаҳои таҳқиқотҳои алоҳидаи таркиби хӯлаи АЖ2.18, бо литий, бериллий ва магний, бо нахустпатентҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳифз карда шудаанд.

Усулҳои таҳқиқот ва дастгоҳҳои истифодашуда. Ба сифати объекти асосӣ барои таҳқиқот, хӯлаи таркиби эвтектикии алюминий бо оҳан $Al+2.18\%Fe$ (вазн %), инчунин литийи металлӣ, бериллий ва магнийи тозаи техникӣ истифода бурда шудааст. Усули таҳқиқоти гармиғунҷоиши металлҳо ва хӯлаҳо дар речаи «хунуккунӣ» бо истифода аз ченкунии автоматии ҳарорати намуна аз вақти хунукшавӣ, усули термогравиметрӣ, металлографи (Neophot-31), рентгенофазавӣ (ДРОН-2,5) таҳқиқоти ИК-спектроскопӣ (UR-20), усули потенциостатикӣ (ПИ-50-1.1) (асбоби ПИ-50.1.1) гузаронида шудааст. Таҳлилҳои математикии натиҷаҳои кор дар барномаҳои Microsoft Excel ва SigmaPlot коркард шудааст.

Ба ҳимоя пешкаш мегардад:

- Натиҷаҳои таҳқиқоти вобастагии ҳарорати гармиғунҷоиш ва тағирёбии функсияҳои термодинамикии хӯлаи АЖ2.18, бо литий бериллий ва магний.

- Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ ҳосилнамудаи раванди оксидшавии хӯлаи АЖ2.18, бо литий бериллий ва магний, инчунин механизми оксидшавии хӯлаҳо.

- Алоқамандии хусусиятҳои анодӣ ва суръати зангзании хӯлаи АЖ2.18, бо литий бериллий ва магний вобаста аз миқдори элементҳои лиғарӣ дар муҳити электролитии NaCl.

- Таркиби муносиби хӯлаҳо, ки бо оксидшавии пастарин фарқ мекунанд ва ба зангзаниустувории баланд, ки дар сифати анодии масолах барои тайёр кардани протекторҳо хангоми муҳофизати конструксияҳои пӯлодӣ аҳамият дорад.

Саҳми шахсии муалиф дар таҳлили маълумотҳои дар адабиётҳои додашуда, дар ҳалли масъалаҳои таҳқиқот, тайёр намудан ва гузаронидани таҳқиқотҳои таҷрибавӣ дар шароитҳои озмоишгоҳ, таҳлили натиҷаҳои бадастомада, дар тасвири чамъбасти мазмуни асосӣ ва хулосаҳои диссертатсия иборат мебошад.

Дарачаи саҳеҳият ва баррасии натиҷаҳо. Ҳолатҳои асосии диссертатсия муҳокима карда шудааст дар: Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования», -Таджикский технический университет им. М.С.Осими (ТТУ, Душанбе, 2012); Республиканской конференции «Комплексообразование в растворах», -Таджикский национальный университет (ТНУ, Душанбе, 2012); Республиканской научно-практической конференции «Внедрение наукоёмкой техники и технологий в производстве» - Технологический университет Таджикистана (ТУТ, Душанбе, 2013); Международной конференции «Комплексные соединения и аспекты их применения» -ТНУ (Душанбе, 2013);

Республиканской конференции «Проблемы аналитического контроля объектов окружающей среды и технических материалов» -ТНУ (Душанбе, 2013); Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» -ТТУ (Душанбе 2014); Международной конференции «Химия рения» -ТНУ (Душанбе, 2014); Республиканской конференции «Состояние химической науки и её преподавание в образовательных учреждениях Республики Таджикистан» -Таджикский государственный педагогический университет им. С.Айни (ТГПУ, Душанбе 2015); Первый международный форум «Молодежь - интеллектуальный потенциал развития страны» -ТУТ (Душанбе 2015); Научно-практической конференции студентов, магистров и аспирантов «Таджикская наука-ведущий фактор развития общества» –ТТУ (Душанбе, 2016); Научно-практической конференции студентов, магистров и аспирантов «Таджикская наука-ведущий фактор развития общества» -Институт химии им. В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, 2017); Республиканской научно-практической конференции «Вклад молодых учёных в инновационное развитие Республики Таджикистан» -ТУТ (Душанбе, 2017); Республиканской научно-практической конференции «Позиция молодёжи в развитие науки»-Худжандский государственный университет им. Б. Гафурова (ХГУ, Худжанд, 2017); Международной научно-практической конференции «Роль информационно-коммуникационных технологий в информационном развитии Республики Таджикистан» –ТУТ (Душанбе, 2017); XIV Нумановские чтения «Вклад молодых ученых в развитие химической науки», посвященных «Году молодежи» -Институт химии им. В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, 2017); Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы естественных наук» -Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе (Душанбе, 2017); Научно-практическом семинаре, посвященном 100-летию НИТУ «МИСиС» «Наука-производству» -Филиал НИТУ «МИСиС» в г. Душанбе (Турсунзода, 2017); Республиканской научно-практической конференции «Перспективы развития естественных наук», посвященной реализации “Программы развития естественных, математических и технических наук на 2010-2020 годы” и “Государственная программа экологии в Республике Таджикистан на 2009-2019 годы” – Российско-Таджикский-(Славянский) университет (РТСУ, Душанбе, 2018); Республиканской научно-практической конференции «Наука и техника для устойчивого развития» - ТУТ (Душанбе, 2018); Международной научно-практической конференции «Перспективы использования материалов устойчивых к коррозии в промышленности Республики Таджикистан», посвященной «Дню химика» - Институт химии им. В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, 2018).

Интишорот. Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқот 1 монография ва 27 мақолаҳои илмӣ нашр шудааст, ки аз онҳо 6 мақола дар маҷаллаҳои тавсиянамудаи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шуда, 5 нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудааст.

МАЗМУНИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Ҳаҷм ва таркиби диссертатсия. Диссертатсияи номзадӣ аз муқаддима, ҷаҳор боб ва замима иборат аст, ки дар 123 саҳифаи компютерӣ хуруфчинӣ

шудааст, ки дорои 52 расм, 46 чадвал ва 118 номгӯи адабиётхоро дар бар гирифтааст, баён карда шудааст.

Дар муқаддима масъалаҳои асосии таҳқиқот, асосноккунии муҳраи будани мавзӯи диссертатсия, инъикоси нағзониҳои илмӣ ва аҳамияти амалии он ва мазмуни асосии диссертатсия, ки ба ҳимоя пешкаш мегардад, баён карда шудааст.

Дар боби якум ташкил намудани сохти таркиби алюминий бо оҳан, литий, бериллий ва магний, хосиятҳои гармию физикавии алюминий, оҳан, литий, бериллий ва магний, муҳимияти оксидшавӣ ва рафтори коррозионӣ-электрохимиявии ҳӯлаҳои алюминий бо оҳан, литий, бериллий ва магний дар муҳитҳои гуногун қайд карда шудааст. Аз иттилооти адабиёт бар меояд, ки хосиятҳои гармию физикавии алюминий, оҳан, литий, бериллий ва магний хуб омӯхта шудааст, вале маълумотҳо оиди хосиятҳои физикавию химиявии ҳӯлаи алюминии бо оҳан, литий, бериллий ва магний мавҷуд нестанд. Дар бораи хосиятҳои физикавию химиявии ҳӯлаи АЖ2.18, бо литий, бериллий ва магний ҷавҳаронидашуда дар адабиётҳо маълумот мавҷуд набуд, аз ҳамин сабаб ҳамчун объект барои омӯзиши хосиятҳои физикавию химиявӣ дар диссертатсияи номзадӣ интихоб карда шудааст.

Дар боби дуюм натиҷаҳои таҳқиқоти гармиғунҷоиш вобаста аз ҳарорат ва функсияҳои термодинамикии ҳӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний оварда шудааст.

Боби сеюм натиҷаҳои таҳқиқоти озмоишии кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи АЖ2.18, бо литий, бериллий ва магниро дар бар мегирад.

Дар боби чорум натиҷаҳои таҳқиқотҳои озмоишии рафтори анодии ҳӯлаи АЖ2.18, бо литий, бериллий ва магний дар муҳити электролити NaCl оварда шудааст.

Диссертатсияи номзадӣ бо хулосаи умумӣ, рӯйхати адабиётҳо ва замима ба итмом расонида шудааст.

ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТИИ ГАРМИҒУНҶОИШ ВА ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ҲҶЛАИ АЖ2.18 БО ЛИТИЙ, БЕРИЛЛИЙ ВА МАГНИЙ

Гармиғунҷоиш, яке аз муҳимтарин таркиби физикавии ҷисмҳои саҳт, ки характери тағироти ҳолати модда бо ҳароратро ифода мекунад. Омӯзиши гармиғунҷоиш яке аз усулҳои асосии таҳқиқи таркибӣ ва ҳолати мубаддалшавӣ ба ҳӯлаҳо ба шумор меравад. Аз рӯи вобастагии ҳарорати гармиғунҷоиш, дигар хислатҳои физикавии ҷисми саҳт: ҳарорат ва намуди мубаддалшавии фазаӣ, ҳарорати Дебай, энергияи ҳосилшавии ҷои ҳолӣ, зарби электронии гармиғунҷоиш ва ғайраҳо муайян намудан мумкин аст.

Пешрафти пайвастаи техникаи дар соҳаи автомобилсозӣ, тракторсозӣ ва дигар соҳаҳои хоҷагии халқ зиёд намудани ҳаҷми хело калони истеҳсоли ҳӯлаҳои гуногуни металлҳои ранга ва баланд бардоштани сифати онҳо талаб менамояд. Алюминий ва ҳӯлаҳо дар асоси он барои ҳалли ин масъала ҷои муҳим дорад. Нисбатан зичии кам дар якҷоякунӣ бо тавсифи механикии баланд, инчунин сарватҳои зиёди ашёи хом имкон медиҳад, ки истифодабарии

алюминий ва хӯлаҳои алюминий дар соҳаҳои гуногуни саноат ба таври васеъ ҷорӣ карда шаванд.

Хӯлаҳои алюминиро дар мошинсозӣ ба ҷои пӯлод, ҷӯян ва дигар масолеҳҳо бо мақсади таъмин ва кам намудани металлғунҷоиши конструксия, яъне алоқамандии вазни мошинҳо нисбат ба тавоноии он истифода мебаранд. Чи хеле, ки аз сарчашмаи адабиётҳои додашуда бармеояд, чунин тараққиёт дар оянда низ ҳифз меёбад.

Бартариҳои асосии хӯлаи АЖ2.18 ($Al+2.18\%Fe$) муқоиса бо дигар хӯлаҳои ин фосилаи ками булуршавӣ (кристаллизация), бинобар ин, дар рехта ковокии таҳшинӣ ҳосил намешавад. Хӯлаи мазкур барои тайёр намудани ҷузъҳои герметикӣ тавсия карда мешавад. Чуноне, ки маълум аст металлҳои ишқордор ва ишқорзаминӣ элементҳои фаъоли сатҳӣ буда, ба таври васеъ ба сифати модификатор ба сохтори хӯлаҳои алюминий истифода бурда мешаванд. Дар ин ҳолат иловаи литий ба хӯлаҳои алюминий низ перспективӣ мебошад. Бо вучуди ин дар адабиётҳо ба таври бояду шояд маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба гармиғунҷоиши ин хӯла мавҷуд нест. Таҳқиқи вобастагии ҳарорати гармиғунҷоиш ва функсияҳои термодинамикии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний аз рӯи усули маълум гузаронида шуд.

Барои ҷенкунии гармиғунҷоиши хоси хӯлаҳо дар минтақаҳои фарохи ҳарорат қонуни «хунукшавӣ»-и Нютон-Рихман истифода шуд. Ҳама ҷисмҳо, ки ҳарорати баландтар аз муҳити атроф доранд, ҳатман хунук мешаванд ва суръати хунукшавӣ аз бузургии гармиғунҷоиши ҷисм вобаста аст.

Агар ду намуд намунаҳои металии шакли якхеладоштаро гирифта, онҳоро дар як ҳарорат хунук кунем, он гоҳ аз рӯи вобастагии ҳарорати намунаҳо аз вақт (каҷхаттаи хунукшавӣ), гармиғунҷоиши як намунаро бо дониستاني гармиғунҷоиши намунаи дигар (эталон) ёфтани мумкин аст.

Миқдори гармии талафшудаи ҳаҷми dV -и металл дар вақти $d\tau$, баробар аст

$$\delta Q = C_p^0 \cdot \rho \frac{dT}{d\tau} \cdot dV \cdot d\tau, \quad (1)$$

дар ин ҷо C_p^0 - гармиғунҷоиши хоси металл,

ρ - зичии металл,

T – ҳарорати намуна (дар ҳамаи нуқтаҳои намуна якхел қабул карда мешавад, чунки андозаҳои хаттии ҷисм кам ва гармигузаронандагии металл зиёд аст).

Бузургии δQ -ро ҳисоб намудан мумкин аст, илова бар ин аз рӯи қонуни:

$$\delta Q = \alpha(T - T_0) \cdot dS \cdot d\tau, \quad (2)$$

дар ин ҷо dS – элементи сатҳ,

T_0 – ҳарорати муҳити атроф,

α - коэффиенти гармидиҳӣ.

Ибораҳои (1) ва (2)-ро баробар намуда, ҳосил мекунем

$$C_p^0 \cdot \rho \frac{dT}{d\tau} \cdot dV = \alpha(T - T_0) dS. \quad (3)$$

Миқдори гармие, ки тамоми ҳаҷми намуна талаф мекунад, баробар аст

$$Q = \int_V C_P^0 \cdot \rho \frac{dT}{d\tau} \cdot dV = \int_S \alpha(T - T_0) dS. \quad (4)$$

Фарз карда мешавад, ки C_P^0 , ρ ва $\frac{dT}{d\tau}$ аз координати нуқтаҳои ҳаҷм вобаста нест, α , T ва T_0 -и намуна аз координати нуқтаҳои сатҳи намуна вобаста набуда, чунин навишта мешавад:

$$C_P^0 \cdot \rho \cdot V \frac{dT}{d\tau} = \alpha(T - T_0)S, \quad (5)$$

ё ин ки,

$$C_P^0 \cdot m \frac{dT}{d\tau} = \alpha(T - T_0)S, \quad (6)$$

дар ин ҷо V – ҳаҷми тамоми намуна ва $\rho \cdot V = m$ – масса,

S – масоҳати сатҳи ҳамаи намуна.

Таносуби (6) барои ду намунаҳои андозаи якхеладошта ҳангоми дурустии $S_1 = S_2$, $T_1 = T_2$, $\alpha_1 = \alpha_2$ чунин навишта мешавад:

$$C_{P_1}^0 = C_{P_2}^0 \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1} = C_{P_2}^0 \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\left(\frac{\Delta T}{\Delta \tau}\right)_2}{\left(\frac{\Delta T}{\Delta \tau}\right)_1}. \quad (7)$$

Пайгирона, вазни намунаҳо m_1 ва m_2 -ро доништа, суръати хунукшавии онҳо ва гармиғунҷоиши хоси C_{P_1} , суръати хунукшавӣ ва гармиғунҷоиши хоси C_{P_2} -ро аз муодилаи зерин ҳисоб намудан мумкин аст:

$$C_{P_2}^0 = C_{P_1}^0 \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}, \quad (8)$$

дар ин ҷо $m_1 = \rho_1 V_1$ – массаи намунаи якум,

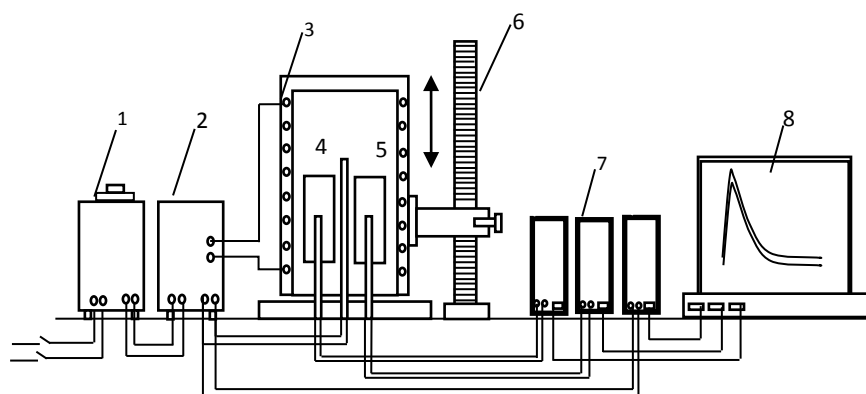
$m_2 = \rho_2 V_2$ – массаи намунаи дуюм,

$\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1, \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2$ – суръати хунукшавии намунаҳо ҳангоми ҳарорати додашуда.

Барои муайян намудани суръати хунукшавӣ, қачхаттаи хунукшавии намунаҳои додашударо месозанд. Қачхаттаи хунукшавӣ, вобастагии ҳарорати намуна аз вақт ҳангоми хунук намудани он дар ҳавои беҳаракат мебошад.

Интиқоли гармӣ аз ҷисми бештар гармшуда ба ҷисми камтар гармшуда –раванди кӯшиш ба муқаррар намудани мувозинати термодинамикӣ дар система, аз миқдори заррачаҳои бузург, яъне ин раванди релаксатсионӣ, ки дар вақти нигоранда навиштан мумкин аст. Дар ҳолати мо ҷисми гармшуда гармии худро ба муҳити атроф интиқол медиҳад (яъне ҷисме, ки гармиғунҷоиши зиёди беохир дорад). Ҳамин тариқ ҳарорати муҳити атрофро доимӣ (T_0) ҳисоб намудан мумкин аст. Он гоҳ қонуни тағирёбии ҳарорати ҷисм аз вақт τ дар намуна навиштан мумкин аст, ки дар ин ҷо ΔT – фарқияти ҳарорати ҷисми гарм кардашуда ва муҳити атроф; $\Delta \tau$ – фарқияти ҳарорати ҷисми гарм кардашуда ва муҳити атроф ҳангоми ΔT , $\Delta \tau$ – доимии хунукшавӣ, ададан баробар ба вақт, дар давоми ҷараёне, ки фарқияти ҳарорат байни ҷисми гарм кардашуда ва муҳити атроф ба e маротиба кам мешавад.

Санҷиши гармиғунҷришро дар дастгоҳ, схемаи дар расми 1 оварда шуда гузаронидем. Кӯраи электрикии 3 ба тиргаки 6 васл карда шудааст, ки он метавонад ба боло ва поён ҳаракат намояд (бо тирча самти ҳаракат нишон дода шудааст). Намунаи 4 ва эталони 5 ҳам метавонад ҳаракат кунад. Намуна дорои силиндри дарозияш 30мм ва диаметраш 16мм мебошад, ки аз як нӯгаш барои 4-ва 5 сӯроҳ карда шудааст. Нӯгҳои термпара ба термпараи рақамии «Digital Multimeter DI9208L» 7,8 ва 9 наздик оварда шудааст. Кӯраи электрикии 3 тавассути автотрансформатори озмоишӣ (ЛАТР) ҳарорати лозимиро бо ёрии термотанзимгари 2 муқаррар намуда ба қор дароварда мешавад. Аз рӯи нишондиҳандаҳои рақамии термпараҳои «Digital Multimeter DI9208L» 7,8 ва 9, қиматҳои аввалаи ҳарорат қайд карда мешавад. Намунаи 4 ва эталони 5-ро дар кӯраи электрикии 3 тела дода дароварда то ҳарорати зарурӣ гарм намуда, ҳароратро аз рӯи нишондиҳандаи термпараҳои рақамии «Digital Multimeter DI9208L» аз компютери 10 назорат менамоем. Намунаи 4 ва эталони 5-ро яку якубора аз кӯраи электрикии 3 кашида бароварда аз ҳамин лаҳза ҳароратро қайд менамоем. Нишондиҳандаҳои термпараи рақамии «Digital Multimeter DI9208L» 7,8 ва 9-ро ба компютери 10 пас аз ҳар 5, 10, 20с то хунукшавии ҳарорати намуна ва эталон менависем.



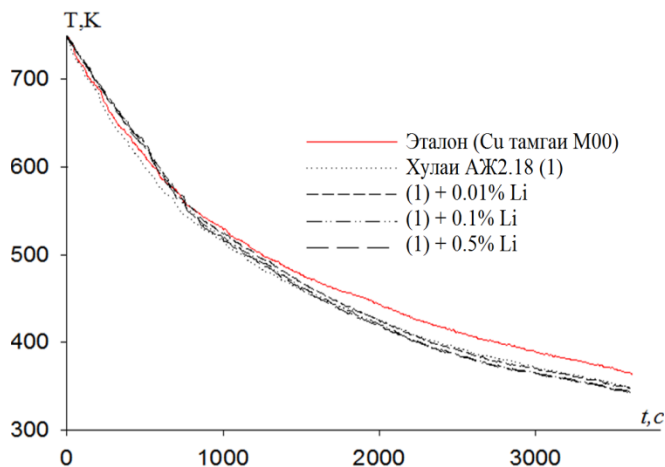
Расми 1- Схема барои гузоштан ва муайян намудани гармиғунҷоиши ҷисмҳои саҳт дар реҷаи «хунуккунӣ»: 1-автотрансформатор; 2-термотанзимгар; 3-кӯраи электрикӣ; 4-намунаи санҷидашаванда; 5- эталон; 6- тиргаки кӯраи электрикӣ; 7-ҳароратсанҷи рақамии бисёрканала; 8- асбоби бақайдгиранда (компютер).

Қаҷҳатҳои хунукшавии намунаҳои хӯлаи АЖ2.18 бо литий, ки бо усули озмоишӣ ҳосил карда шудаанд дар расми 2 оварда шудаанд. Фосилаи муваққатии ба қайд гирифташудаи ҳарорат 10 сонияро ташкил дод. Ҳатогии нисбии ченкунии ҳарорат дар фосилаи аз 40°C то 400°C ±1% ва дар фосилаи зиёда аз 400°C ± 2.5%-ро ташкил дод. Ҳатогии ченкунии гармиғунҷоиши хос аз рӯи медотикаи пешниҳодшуда аз 4% зиёд намешавад.

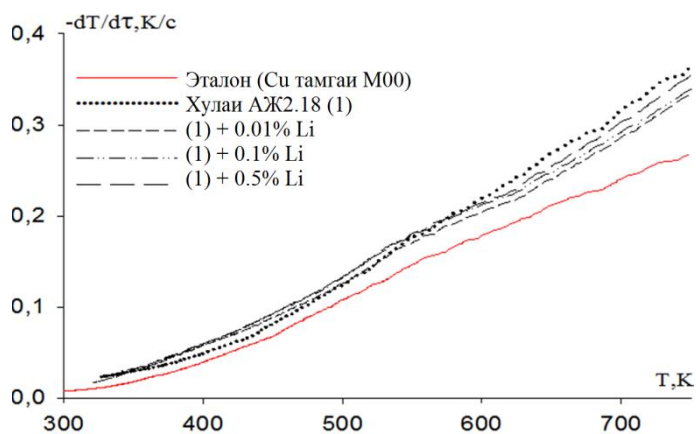
Аз рӯи вобастагҳои ба даст оварда шуда ҳарорати намунаҳо аз вақти хунукшавӣ барои намунаҳои хулаи АЖ2.18 бо литий (расми 2), чунин муодила навишта мешавад:

$$T = -a \exp(-b\tau) - p \exp(-k\tau), \quad (9)$$

дар ин ҷо a , b , p , k – доимиҳо барои намунаи додашуда, τ – вақти хунукшавӣ.



Расми 2 - Графики вобастагии ҳарорати намунаҳои хӯлаи АЖ2.18 бо литий аз вақти хунукшавӣ.



Расми 3 - Вобастагии ҳароратии суръати хунукшавии намунаҳои хӯлаи АЖ2.18 бо литий.

Вобаста ба муодилаи (9) бо τ , муодила барои муайян намудани суръати хунуккунии хӯлаҳоро дар намуди зерин ҳосил мекунем

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (10)$$

Аз рӯи вобастагии ҳарорати намунаҳо аз вақт (расми 2) ва суръати хунукшавии намунаҳои хулаҳо (расми 3), ки бо усули озмоишӣ ба даст оварда шудаанд ва полиномаҳои (9) ва (10) навишта мешавад, бо компютер коркард намуда зарибҳои онҳоро муайян намудем.

Қимати зарибҳои a , b , p , k , ab , pk дар муодилаи (10) барои хӯлаҳои таҳқиққардашуда дар ҷадвали 1 оварда шудаанд. Қаҷхатгаи суръати хунукшавии эталон ва намунаҳои хӯлаҳо дар расми 3 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1 - Қимати зарибҳои a , b , p , k , ab , pk дар муодилаи (10) барои хӯлаи АЖ2.18 бо литий

Микдори литий дар хӯлаи АЖ2.18, %-и вазн	a , К	b 10^{-4} , c^{-1}	p , К	k 10^{-5} c^{-1}	ab , Kc^{-1}	pk , Kc^{-1}
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	298.2839	1.11	445.5995	6.84	0.33	0.03
(1)+0.01%Li	347.4929	8.92	407.4659	5.46	0.31	0.02
(1)+0.1%Li	345.7766	9.53	411.1845	5.89	0.33	0.02
(1)+0.5%Li	379.6813	8.57	3.7700	3.81	0.33	0.01
Эталон (Cu тамгаи M00)	359.984	7.22	370.2279	2.48	0.26	0.01

Ҳамаи натиҷаҳои коркардро бо барномаи MS Excel гузаронида, графикҳоро бо ёрии барномаи SigmaPlot сохтем. Зариби коррелясионӣ на кам аз 0.998-ро ташкил дод.

Бузургҳои суръати хунукшавии хӯлаҳоро истифода бурда аз рӯи муодилаи (8) гармиғунҷоиши хоси хӯлаҳо бо литий ҳисоб карда шудааст. Натиҷаҳои ҳисоб нишон медиҳад, ки вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси эталон (мис тамгаи M0) ва хӯлаи АЖ2.18 бо литий муодилаи намуди (11) навишта мешавад.

$$C_P^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (11)$$

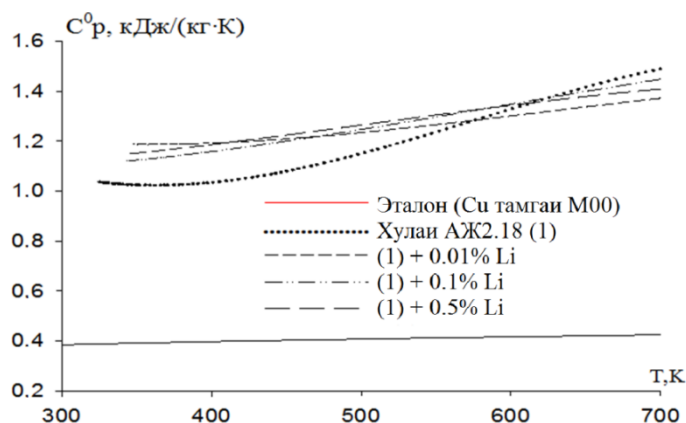
Қимати зарибтхоро дар полиномаи (11), (ҷадвали 2) гирифта натиҷаҳои ҳисоби онҳоро бо ёрии барномаи SigmaPlot коркард намудем. Натиҷаҳои ҳисоби вобастагии ҳарорат ва гармиғунҷоиши хос аз рӯи формулаи (8) ва (9) бо фарқи 100 К дар ҷадвали 2, 3 ва расми 4 оварда шудааст.

Ҷадвали 2 - Қимати зарибҳои a, b, c, d дар муодилаи (10) барои эталон ва хӯлаи АЖ2.18 бо литий

Миқдори литий дар хӯлаи АЖ2.18, %-и вазн	a	b	c	d	Зариби коррелясионӣ, R ² , %
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	2.7757	-1.14·10 ⁻²	2.29·10 ⁻⁵	-1.32·10 ⁻⁸	0.9987
(1)+0.01%Li	1.6753	-3.19·10 ⁻³	6.31·10 ⁻⁶	-3.3910 ⁻⁹	0.9983
(1)+0.1%Li	1.2241	-1.48·10 ⁻³	4.25·10 ⁻⁶	-2.4010 ⁻⁹	0.9987
(1)+0.5%Li	1.2241	-1.48·10 ⁻³	4.25·10 ⁻⁶	-2.4010 ⁻⁹	0.9987
Эталон (Cu тамғаи М00)	0.3245	2.75	2.87·10 ⁻⁷	1.42·10 ⁻¹⁰	1.00

Ҷадвали 3 - Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси (Ҷ/кг·К) хӯлаи АЖ2.18 бо литий

Миқдори литий дар хӯлаи АЖ2.18, %-и вазн	Массаи намунаҳо то ченкунӣ, гр.	Т,К					
		300	400	500	600	700	800
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	16.75	1.06	1.03	1.15	1.33	1.49	1.55
(1)+0.01%Li	16.75	1.19	1.19	1.23	1.30	1.37	1.43
(1)+0.1%Li	16.5	1.12	1.19	1.26	1.34	1.41	1.44
(1)+0.5%Li	16.75	1.12	1.19	1.26	1.34	1.41	1.44
Эталон (Cu тамғаи М00)	44.23	0.38	0.39	0.41	0.42	0.43	0.43



Расми 4- Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси хӯлаи АЖ2.18 бо литий.

Барои ҳисобкунии вобастагии ҳароратии тағирёбии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс, интегралҳо аз гармиғунҷоиши хос ва аз рӯи муодилаи (11) истифода гардид:

$$H^{\circ}(T) - H^{\circ}(T_0) = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (12)$$

$$S^{\circ}(T) - S^{\circ}(T_0) = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (13)$$

$$[G^{\circ}(T) - G^{\circ}(T_0)] = [H^{\circ}(T) - H^{\circ}(T_0)] - T[S^{\circ}(T) - S^{\circ}(T_0)], \quad (14)$$

дар ин ҷо $T_0 = 298.15$.

Натиҷаҳои ҳисоби вобастагии ҳароратии тағирёбии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс аз рӯи муодилаи (12-14) бо фарқи 100 К дар чадвали 4 оварда шудааст.

Дар речаи «хунуккунӣ» аз рӯи гармиғунҷоиши маълум, намунаи эталон аз мис гармиғунҷоиши хӯлаи АЖ2.18 муқаррар карда шудааст. Ҳосил намудани полиномаҳои вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия, ва энергия Гиббс) бо фарқи 300-900К. Тавассути полиномаҳои ҳосилшудаи вобастагӣ нишон дода шудааст, ки бо афзудани ҳарорати гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропияи хӯлаҳо зиёд шуда, энергияи Гиббс кам мешавад. Иловаи литий дар концентратсияи омӯхташавандаи фосилаи (0.05–0.5 % - и вазн) ба қимати гармиғунҷоиш ва тағири функцияҳои термодинамикии хӯлаи ибтидоии АЖ2.18, амалан таъсир намерасонад. Тағироти ками гармиғунҷоиши хӯлаи эвтектикии АЖ2.18 хангоми бо литий дигаргун кардан (модифицирование), мефаҳмонад, ки миқдори ками литий эффекти дигарнункунии суст дорад, яъне илова, шакл ва характери булуршавии (кристаллизация) ғаш дар эвтектикаи $\alpha\text{-Al+Al}_3\text{Fe}$ -ро тағир намедихад. Чуноне, ки маълум аст тағироти структуравӣ ба тағироти калони физикавӣ ва таркиби механикии масолеҳҳо оварда мерасонад.

Чадвали 4 -Вобастагии ҳароратии тағирёбии функцияҳои термодинамикии хӯлаи АЖ2.18 бо литий ва эталон (мис тамғаи М00)

Миқдори литий дар хӯлаи АЖ2.18, %-и вазн	барои хӯлаҳо					
	Т.К					
	300	400	500	600	700	800
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	1.96	105.22	213.65	337.42	478.78	632.03
(1)+0.01%Li	2.21	121.08	242.09	368.71	502.36	642.46
(1)+0.1%Li	2.03	114.56	234.64	364.31	504.14	653.26
(1)+0.5%Li	2.08	117.39	239.82	370.24	507.99	650.93
Эталон (Cu тамғаи М00)	0.71	39.87	80.17	121.42	163.52	206.45
	барои хӯлаҳо					
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	0.0066	0.3038	0.5453	0.7704	0.9880	1.1926
(1)+0.01%Li	0.0074	0.3494	0.6192	0.8499	1.0558	1.2428
(1)+0.1%Li	0.0068	0.3301	0.5977	0.8338	1.0492	1.2482
(1)+0.5%Li	0.0069	0.3382	0.6111	0.8487	1.0609	1.2517
Эталон (Cu тамғаи М00)	0.0024	0.12	0.21	0.28	0.35	0.40
	барои хӯлаҳо					
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	-0.006	-16.30	-58.98	-124.84	-212.83	-322.01
(1)+0.01%Li	-0.187	-25.20	-74.98	-145.63	-234.92	-340.96
(1)+0.1%Li	-0.006	-17.48	-64.20	-135.98	-230.28	-345.27
(1)+0.5%Li	-0.006	-17.91	-65.74	-138.97	-234.64	-350.44
Эталон (Cu тамғаи М00)	-0.002	-6.11	-22.24	-46.58	-77.90	-115.31

*

Ба ҳамин монанд хосиятҳои гармофизикавӣ ва функцияҳои термодинамикии хӯлаи АЖ2.18 бо бериллий ва магний ҷавҳаронидашуда омӯхта шудааст.

Натиҷаҳои таҳқиқот дар мисоли хӯлаҳои 0.5 %-вазн. компонентҳои лигари дошта, дар ҷадвали 5 ва 6 ҷамъбаст карда шудаанд. Маълум мешавад, ки бо зиёдшавии ҳарорат гармиғунҷоиш, энтропия ва энталпияи хӯлаҳо зиёд шуда, қимати энергияи Гиббс кам мешавад.

Ҷадвали 5 -Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси (кҶ/кг·К) хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний

Миқдори компоненти легиронидашуда дар хӯлаи АЖ2.18, %-и вазн	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	1.06	1.03	1.15	1.33	1.49	1.55
(1)+0.5%Li	1.12	1.19	1.26	1.34	1.41	1.44
(1)+0.5%Be	1.02	1.05	1.19	1.39	1.58	1.73
(1)+0.5%Mg	0.92	1.17	1.28	1.34	1.39	1.51

Ҷадвали 6 -Вобастагии ҳароратии тағирёбии энталпия (кҶ/кг), энтропия (Ҷ/кг·К) ва энергияи Гиббс (кҶ/кг) барои хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний

Миқдори компоненти легиронидашуда дар хӯлаи АЖ2.18, %-и вазн	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
H⁰(Т)-H⁰(Т₀), кҶ/кг барои хӯлаҳо						
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	1.96	105.22	213.65	337.42	478.78	632.03
(1)+0.5%Li	2.21	121.08	242.09	368.71	502.36	642.46
(1)+0.5%Be	1.88	104.41	216.17	345.02	493.76	660.07
(1)+0.5%Mg	1.70	107.47	230.87	362.08	497.92	641.89
барои хӯлаҳо						
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	0.0066	0.3038	0.5453	0.7704	0.9880	1.1926
(1)+0.5%Li	0.0074	0.3494	0.6192	0.8499	1.0558	1.2428
(1)+0.5%Be	0.0063	0.3010	0.5498	0.7842	1.0131	1.2349
(1)+0.5%Mg	0.0057	0.3082	0.5831	0.8222	1.0315	1.2236
барои хӯлаҳо						
Хӯлаи АЖ2.18 (1)	-0.006	-16.30	-58.98	-124.84	-212.83	-322.01
(1)+0.5%Li	-0.187	-25.20	-74.98	-145.63	-234.92	-340.96
(1)+0.5%Be	-0.006	-15.992	-58.735	-125.496	-215.401	-327.883
(1)+0.5%Mg	-0.005	-15.831	-60.696	-131.250	-224.139	-336.975

ТАЪСИРИ ЛИТИЙ, БЕРИЛЛИЙ И МАГНИЯ БА КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ АЖ2.18 ДАР ҲОЛАТИ САХТИ

Ҳимояи металлҳо ва хӯлаҳои моеъ аз оксидшавӣ дар шароити муносири истеҳсолот ба даст оварда шуда, аҳамияти колон дорад, зеро ки онро ғубор, дараҷаи ифлосии ба оксидҳо дохилшаванда, сифати сатҳҳо ва ғайра муайян мекунад.

Омӯзиши равандҳои оксидшавии хӯлаҳои моеъ инчунин барои самаранок истифода намудани ҳалқунандаҳо ва комплексҳои лигатура зарур мебошад.

Хӯлаҳо барои таҳқиқот дар оташдони тамғаи СШОЛ аз бевосита гудохта омехтани компонентҳо ба даст оварда шудааст. Баркашидани гудохаҳо (шихты)

бо тарозуҳои аналитикии АРВ-200 бо дақиқии $0.1 \cdot 10^{-6}$ кг иҷро карда шудааст. Ба сифати объекти таҳқиқот алюминий ки дар таркибаш 2.18%Fe дорад инчунин литий металли тамғаи ЛЭ-1 (ГОСТ 8774-75), магний (ГОСТ 804-93) ва бериллий (ГОСТ 23685-79) истифода бурда шудааст.

Кинетикаи оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий дар ҳолати сахтӣ бо усули термогравиметрӣ омӯхта шудааст. Барои таҳқиқи таъсири литий ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи сахти АЖ2.18, бо миқдори аз 0.005 то 0.1 %-и вазни синтезкардашуда истифода бурда шуд. Таҳқиқот дар муҳити ҳаво ҳангоми ҳарорати 673, 773 ва 873 К гузаронида шуд. Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи АЖ2.18, ки аз литий иборат аст дар ҷадвали 7 оварда шудааст.

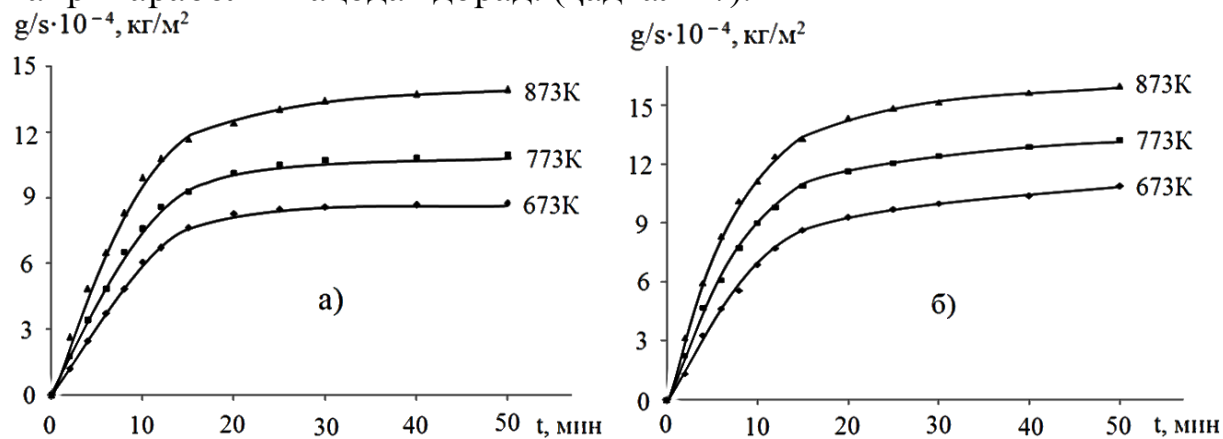
Чи тавре, ки аз ҷадвал дида мешавад, иловаи литий энергияи эҳтимолии фаъолшавии оксидшавии хулаҳоро паст менамояд. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ ҳангоми ҳароратҳои якхелаи хӯлаи АЖ2.18, ки 0.005, 0.01, 0.05 ва 0.1 % -и вазни литий дошта якҷанд маротиба аз хӯлаи ибтидоии АЖ2.18 зиёд мебошад. Пардаи ташклёфтаи оксидӣ дар марҳилаҳои аввали раванд аз назар таркиби муҳофизавии кофӣ надорад, ки аз афзоишҳои суръати оксидшавии хулаҳо аз ҳарорат шабоҳат медиҳад. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ ҳисоб карда мешавад аз рӯи расанда гузаштан аз аввали координат ба қачхати оксидшаванда аз рӯи формулаи $K = g/s \cdot \Delta t$ ҳисоб кардашуда барои хӯлаи 0,1% литий дошта $2.53 \cdot 10^{-4}$ и $4.50 \cdot 10^{-4}$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. мувофиқ ба ҳароратҳои 673, ва 873 К. Энергияи эҳтимолии фаъолшавии оксидшавиро аз рӯи тангенс афтиши кунҷии рости вобастагии $\lg K - 1/T$ муайян намудем, ки 86.37 кҶ/мол-ро ташкил дод (Ҷадвали 7).

Ҷадвали 7 – Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, дар ҳолати сахтӣ

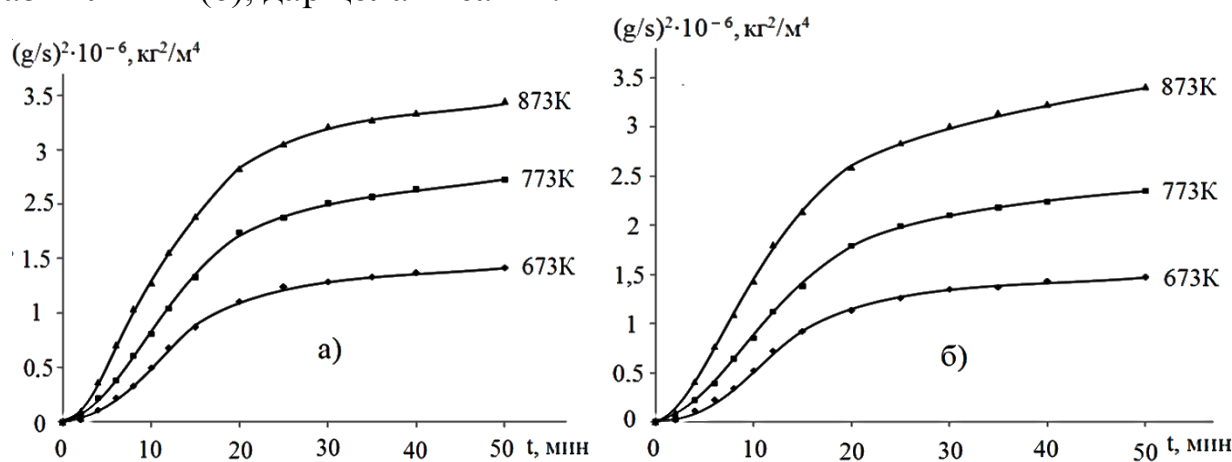
Миқдори литий дар хӯлаи АЖ2.18, %-и вазн	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Суръати ҳақиқии оксидшавӣ $K \cdot 10^{-4}$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Энергияи эҳтимолии фаъолшавии оксидшавӣ, кҶ/моль
0.0	673К	2.10	149.00
	773К	2.70	
	873К	3.62	
0.005	673К	2.13	132.54
	773К	2.80	
	873К	3.65	
0.01	673К	2.18	118.91
	773К	2.96	
	873К	3.80	
0.05	673К	2.30	102.28
	773К	3.08	
	873К	4.00	
0.1	673К	2.53	86.37
	773К	3.50	
	873К	4.50	

Қаҷхати мураббаъи кинетикаи оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо 0.05 ва 0.1%-и вазни литий дар координатаҳои $(g/s)^2-t$ дар расми 6 тасвир карда шудааст.

Қаҷхатҳо хислати ғайрихаттӣ дошта, оксидшавии онҳо бо қонуни ғайрипараболӣ шаҳодат дорад. (ҷадвали 7).



Расми 5- Қаҷхаттаи кинетикаи оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 (а) бо 0.005 %-и вазни литий (б), дар ҳолати сахтӣ.



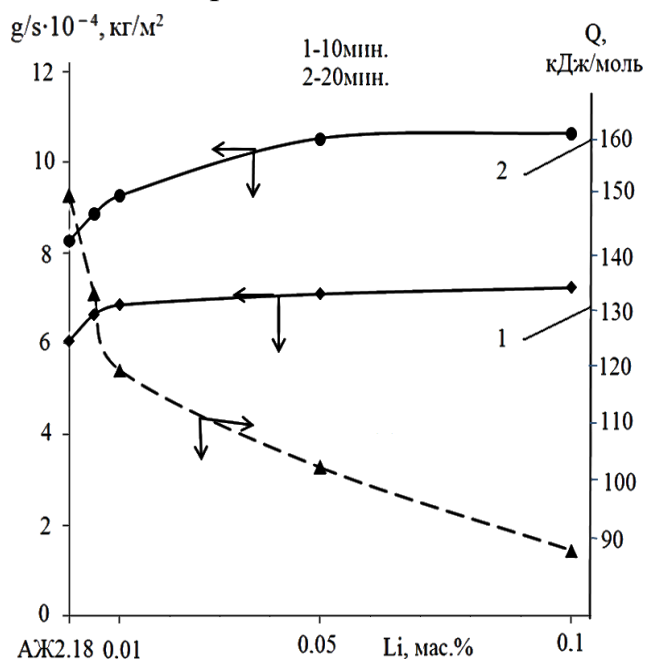
Расми 6- Қаҷхати мураббаъи кинетикаи оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо 0.05 (а) ва 0.1 (б) %-и вазни литий дар ҳолати сахтӣ.

Натиҷаҳои коркарди математикии қаҷхатҳои мураббаъи оксидшавии хӯлаҳои системаи АЖ2.18–Li дар ҷадвали 8 оварда шудааст. Чуноне, ки дида мешавад, полиномаҳои ҳосилкардашудаи оксидшавии хӯлаҳо дар ҳолати сахтӣ ба вобастагии гиперболавӣ итоат менмаоянд.

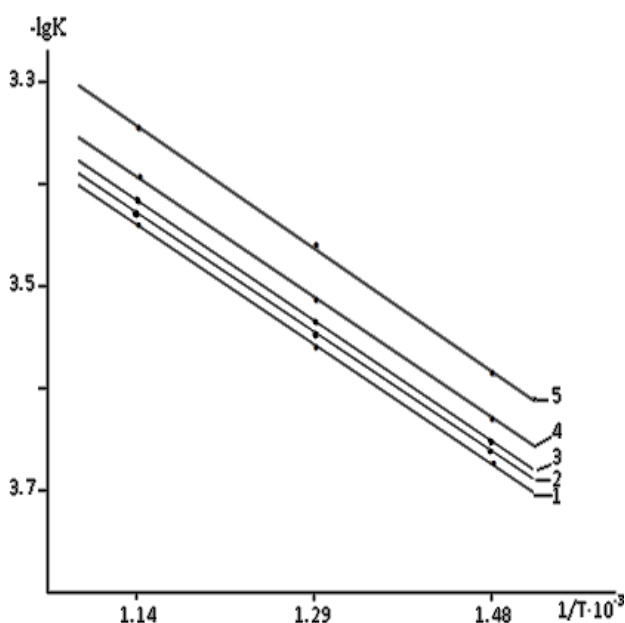
Ҷадвали 8- Натиҷаҳои коркарди қаҷхати оксидшавии хӯлаи АЖ2.1 бо литий дар ҳолати сахт

Миқдори литий дар хӯлаи АЖ2.18, %-и вазн	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Полиномаҳои қаҷхати оксидшавии хӯлаҳо	Кoeffит-сиенти коррелятсионӣ, R ² , %
0.0	673К	$y = - 4E-06x^5 + 0,000x^4 - 0.005x^3 + 0.049x^2 + 0.493x$	0.999
	773К	$y = - 5E-06x^5 + 0,000x^4 - 0.005x^3 + 0.034x^2 + 0.794x$	0.999
	873К	$y = - 4E-06x^5 + 0,000x^4 - 0.004x^3 - 0.003x^2 + 1.267x$	0.999
0.01	673К	$y = - 4E-06x^5 + 0.000x^4 - 0.005x^3 + 0.029x^2 + 0.711x$	0.999
	773К	$y = - 2E-06x^5 + 0.000x^4 - 0.002x^3 - 0.022x^2 + 1.23x$	0.999
	873К	$y = - 2E-06x^5 + 6E-05x^4 + 0.000x^3 - 0.071x^2 + 1.780x$	0.999
0.1	673К	$y = - 2E-06x^5 + 0.000x^4 - 0.004x^3 + 0.030x^2 + 0.712x$	0.999
	773К	$y = - 9E-07x^5 + 5E-05x^4 - 0.000x^3 - 0.032x^2 + 1.270x$	0.999
	873К	$y = 4E-07x^5 - 5E-05x^4 + 0.002x^3 - 0.095x^2 + 1.924x$	0.999

Изохрони оксидшавии хӯлаҳо хангоми 10 ва 20 дақиқаи оксидшавӣ ва ҳарорати 673K дар расми 7 оварда шудааст. Чихеле, ки аз расм дида мешавад бо зиёдшавии миқдори литий ғафсшавии хӯлаҳо зиёд шуда қимати энергияи эҳтимолии фаъолшавии оксидшавӣ кам мешавад.



Расми 7 - Изохрони оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий дар ҳарорати 673K.



Расми 8 - Вобастагии $\lg K$ аз $1/T$ барои хӯлаи АЖ2.18, (1) бо литий, %-и вазн: 0.005(2); 0.01 (3); 0.05 (4); 0.1 (5).

Вобастагии $\lg K$ - $1/T$ барои хӯлаи АЖ2.18, ки бо литий чавҳаронидашудааст дар расми 8 оварда шудааст, нишон медиҳад, ки бо афзудани ҳарорат суръати оксидшавӣ зиёд мешавад, ки ин вобастагӣ дорои хусусияти ростхатта мешавад. Қаҷхати хӯлаҳои литийдошта аз қаҷхати хӯлаи ибтидоии АЖ2.18 болотар меҳобад.

Бо ҳамин монанд кинетикаи оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо бериллий ва магний омӯхта шудааст. Дар ҷадвали 9 бузургҳои энергияҳои фаъоли раванди оксидшавии хӯлаи АЖ2.18, ки бо литий, бериллий ва магний бо миқдорҳои гуногун чавҳаронида шудааст, оварда шудаанд.

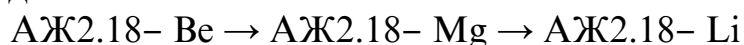
Чуноне, ки маълум аст раванди оксидшавии хӯлаҳо, раванди диффузияи компонентҳои онро аз болои пардаи оксидӣ муайян мекунад. Дар ин ҳолат тозашавии оксиди қабатҳои дохилии компонентҳои диффундӣ оҳиста ба чашм мерасад. Ҳамаи ин дар якҷоягӣ раванди кинетикаро тағир медиҳад. Оксидҳои компонентҳои лигарӣ дар ҳолати мо, литий, бериллий ва магний, ки ба ҳайати оксидҳои алюминий дохил шуда диффузияи ионҳои алюминиро (бериллий) мушкил мекунад (литий ва магний) осон намуда, ҳуди онҳо раванди умумии оксидшавиро суст менамоянд ё метезонанд.

Мувофиқи хӯлаҳои таҳқиқшудаи системаи АЖ2.18-Li (Be, Mg) бояд қайд намуд, ки дар қатори литий, бериллий ва магний аз литий ба бериллий суръати оксидшавии хӯлаҳо зиёд шуда, аз магний бошад суръати оксидшавии хӯлаҳо кам мешавад. (Ҷадвали 9).

Ҷадвали 9 – Қимати энергияи эҳтимолии фаъолшавии (кҶ/мол) оксидшавии хӯлаҳои системаи АЖ2.18-Li (Be, Mg), ки 0.5%-и вазн компонентҳои лигарӣ доранд.

Микдори Li, Be, Mg, %-и вазн Система	0.0	0.005	0.01	0.05	0.1	0.5
АЖ2.18%Fe-Li	149.00	132.54	118.91	102.28	86.37	-
АЖ2.18%Fe-Be	149.00	154.98	162.88	169.67	177.63	189.00
АЖ2.18%Fe-Mg	149.00	128.33	114.93	105.38	95.79	84.28

Бо камшавии бузургҳои энергияи эҳтимолии фаъолшавии равандҳои оксидшавии хӯлаҳои системаи АЖ2.18-Li (Be, Mg), пас, ҳамин тавр суръати миёнаи афзоиши оксидшавии хӯлаҳои системаи таҳқиқшаванда дар чунин катор ҷойгир мешавад:



Чунон, ки маълум аст маълумоти муҳимро дар бораи механизми оксидшавии хӯлаҳо таҳқиқ намуда, пардаи оксидиро ҳангоми оксидшавӣ ҳосил намудан мумкин аст. Пардаҳои оксидии ҳосилшударо ҳангоми оксидшавии хӯлаҳо бо усули ИКС бо инфрактометри UR-20 ва РФА дар асбоби ДРОН-2.5 таҳқиқ намудем. Дар ин ҳолат афканишоти Cu K_α истифода бурда шуд. Дар ИК-спектрҳо маҳсулҳои оксидшудаи хӯлаҳо асосан зарраҳои ҷаббидашуда ҳангоми $590\text{-}630\text{ см}^{-1}$ будан ба пайвастагиҳои $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ дахл доранд. Илова бар ин тасмаҳои алоҳидаи ҷаббидашуда бештар дар оксидҳои хӯлаҳои оҳан Fe_2O_3 вомехуранд. Ба оксидҳои элементҳои лигарӣ литий, бериллий ва магний тааллуқдошта бинобар кам будани микдори онҳо (микдори максималӣ 0,5%-и вазн), оксидҳои онҳо зохир карда нашуд.

ТАҲҚИҚИ РАҲТОРИ АНОДИИ ХҶЛАИ АЖ2,18, БО ЛИТИЙ, БЕРИЛЛИЙ ВА МАГНИЙ ДАР МУҲИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИИ NaCl

Дар қолиби рехтагари графитӣ меҳварҳои металли (стержни) диаметри 8мм ва дарозии 140мм рехта ба даст оварда шуд. Қисми ғайрикории намунаҳоро бо катрон (омехтаи 50% канифол ва 50% парафин) изолятсия намудем. Ба сифати сатҳи корӣ паҳлуи электрод хизмат расонид. Пеш аз ғутонидани намуна ба маҳлули корӣ қисми паҳлуи, нӯги намунаро бо қоғазӣ сунбода (наждак) сайқал дода, тамиз намуда, бодикқат бо спирт шуста пас аз он ба маҳлули электролити NaCl барои таҳқиқот ғутонида шуд. Ҳарорати маҳлул дар ячейка 20°C ба таври доимӣ бо ёрии термостати MLШ-8 нигоҳ дошта шуд.

Барои омӯзиши хосиятҳои электрохимиявии хӯлаҳои сегона чунин усули таҳқиқот истифода бурда шуд. Озмоиши электрохитиявии намунаҳоро бо усули потенциостатикӣ дар реҷаи потенциодинамикӣ дар потенциостати ПИ-50.1.1 бо суръати тобиши потенциали 2 мВ/с дар муҳити электролити NaCl гузаронида шуд. Ба сифати электроди таҳқиқотӣ-муқоисавӣ хлорию нукрагӣ ва ҳамчун электроди ёрирасон - платинагӣ хизмат расонид.

Намунахоро бо усули потенциодинамикӣ дар самти мусбӣ аз потенциал поляризатсия намуда, ҳангоми ғутонидан то ногаҳон зиёдшавии ҷараён дар натиҷаи пिटтингҳосилкунӣ муқаррар карда мешавад. Сипас намунахоро дар самти мӯқобил поляризатсия намуда аз рӯи бурида гузаштани қатҳатҳо бузургии потенциали репассивиро муайян карда шуд. Сипас аз рӯи минтақаи катод то қимати потенциали $-1,1\text{В}$ барои дур кардани пардаи оксидӣ бо сатҳи электрод дар натиҷаи ишқорноккунии сатҳи электрод ҳаракат карда шуд. Дар охир намунахоро аз сари нав поляризатсия намуда аз рӯи қатҳати анодӣ параметрҳои асосии электрохимиявӣ муайян карда шуд.

Ҳамин тавр аз қатҳатҳои ҳосилкардашудаи поляризатсионӣ, характеристикаҳои асосии электрохимиявии хӯлаҳо: потенциали пिटтингҳосилкунӣ ($E_{п.о.}$), потенциал ва ҷараёни зангзанӣ ($E_{кор.}$ и $i_{кор.}$) муайян карда шуд. Потенциали репассивӣ ($E_{р.п.}$), ба таври графикӣ ба мисли ҳамгашти (изгиб) яқум ба ҳаракати баргашти қатҳати анодӣ ё ин, ки ба мисли бурида гузаштани хати рост ва ҳаракати баргашт муайян карда шуд. Ҳисоби ҷараёни зангзанӣ ҳамчун характеристикаи асосии раванди зангзанӣ аз рӯи қатҳати катодӣ бо назардошти моилии таффеловӣ $V_k=0,12\text{В}$ ба роҳ монда шуд, азбаски дар муҳити нейтралӣ раванди пिटтингҳосилкуни зангзании алюминий ва хӯлаҳои он аз рӯи реаксияи катодии ионизатякунии оксиген назорат карда мешавад. Суръати зангзанӣ дар навбати худ функсияи ҷараёни зангзанӣ мебошад, ки аз рӯи ифодаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$K = i_{кор.} \cdot K,$$

дар ин ҷо $k = 0.335 \text{ г/А} \cdot \text{час}$ барои алюминий.

Натиҷаҳои таҳқиқот дар ҷадвали 10 ва 11 оварда шудааст. Натиҷаҳои таҳқиқот аз он дарак медеҳад, ки дар дақиқаҳои аввали ғутонидани хӯла дар маҳлули электролити NaCl ҷойивазкунии ногаҳонии потенциали озоди зангзанӣ (потенциали статсионарӣ) ба минтақаи мусбат мавқеи худро иваз мекунад. Дар хӯлаҳои, ки бо литий ҷавҳаронида шудаанд, устуворшавии потенциали озоди зангзанӣ дар фосилаи 30 - 40 дақиқа ба мушоҳида мерасад. Динамикаи тағирёбии потенциали озоди зангзанӣ дар муҳитҳои гуногуни электролити NaCl монанд мебошад.

Таҳқиқот нишон медиҳад, ки иловаи литий, бериллий ва магний дар андозаи 0.005-0.5 %-вазн потенциали озоди зангзаниро (потенциали статсионариро) ба минтақаи мусбат мавқеяшро ҷӣ дар муҳити 3%-и NaCl , ҷӣ дар муҳитҳои 0.3% ва 0.03%-и NaCl иваз мекунад. Илова бар ин потенциалҳои пिटтингҳосилшавӣ ва репассивӣ низ қиматашро ба минтақаи мусбат иваз мекунад (ҷадвали 10).

Хӯлаҳои, ки 0.005-0.5% иловаҳои литий, бериллий ва магний доранд нисбат ба хӯлаи ибтидоии алюминии АЖ2.18 1.5-2.0 маротиба суръати зангзании онҳо камтар мебошад (ҷадвали 11). Иловаҳои литий, бериллий ва магний ба хӯлаи АЖ2.18 имконияти кам кардани суръати коррозияи анодиро доранд ва ин аз он шаҳодат медиҳад, ки ҷойивазшавӣ дар минтақаи мусбат то андозаи шоҳаҳои анодии қатҳатаҳои потенциодинамикии хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда мебошад.

Илова бар ин бо андозаи зиёд намудани концентратсияи хлориди-ион дар электролити NaCl суръати зангзании хӯлаҳо бевоситаи аз миқдори компонентҳои ҷавҳаронидашудаи –литий, бериллий ва магний зиёд мешавад, ки боиси ҷойивазшавии минтакаи мусбии потенциалҳои зангзанӣ, питтингҳосилшавӣ ва репассивӣ мегардад. Вобастагии мазкур барои ҳамаи хӯлаҳо бевосита аз таркиб, сохт ва хосиятҳои физикавӣ-химиявӣ компонентҳои лигарӣ хос мебошад. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои таркибашон литийдошта ба хӯлаи таркибаш бериллийдошта афзоиши суръати зангзанӣ ба назар расида ҳангоми гузариш ба хӯлаи таркибаш магнийдошта суръати зангзанӣ кам мешавад, ки бо таркиби худ металлҳо мувофиқ аст. Барои хӯлаи алюминий бо оҳан низ афзоиши суръати зангзанӣ бо зиёдшавии концентратсияи хлориди-ион дар электролит хос аст (ҷадвали 11).

Ҷадвали 10-Потенциалҳои (х.с.э.) озоди зангзанӣ ($-E_{св.корр.}$, В) ва питтингҳосилкунии ($-E_{п.о.}$, В) хӯлаҳои системаи АЖ2.18–Li, (Be, Mg), дар муҳити электролити NaCl

Муҳити NaCl, % - вазн	Миқдори Li, Be, Mg дар хӯлаи, АЖ2.18, %- вазн	Хӯлаҳо бо Li		Хӯлаҳо бо Be		Хӯлаҳо бо Mg	
		$-E_{св.корр.}$	$-E_{п.о.}$	$-E_{св.корр.}$	$-E_{п.о.}$	$-E_{св.корр.}$	$-E_{п.о.}$
0.03	-	0.680	0.500	0.680	0.500	0.680	0.500
	0.005	0.658	0.480	0.680	0.510	0.620	0.480
	0.01	0.640	0.465	0.650	0.500	0.600	0.460
	0.05	0.580	0.440	0.630	0.480	0.530	0.450
	0.1	0.545	0.439	0.600	0.460	0.500	0.420
	0.5	-	-	0.588	0.450	0.484	0.400
0.3	-	0.712	0.520	0.712	0.520	0.712	0.520
	0.005	0.672	0.510	0.720	0.520	0.650	0.510
	0.01	0.660	0.500	0.680	0.515	0.610	0.480
	0.05	0.648	0.500	0.657	0.500	0.580	0.460
	0.1	0.560	0.470	0.633	0.500	0.540	0.450
	0.5	-	-	0.620	0.480	0.518	0.444
3.0	-	0.735	0.585	0.735	0.585	0.735	0.585
	0.005	0.690	0.585	0.790	0.540	0.680	0.550
	0.01	0.682	0.540	0.770	0.525	0.620	0.540
	0.05	0.655	0.520	0.720	0.510	0.600	0.520
	0.1	0.576	0.500	0.700	0.510	0.560	0.500
	0.5	-	-	0.684	0.500	0.533	0.500

Умуман қайд намудан зарур аст, ки иловаҳои элементҳои тағирдиҳанда (литий, бериллий ва магний) ба хӯлаи ибтидоии АЖ2.18 таъсири модификатсионӣ мерасонанд, яъне ба таври қатъӣ шакли кристаллҳои интерметаллоидҳои $FeAl_3$ -ро аз сӯзаншакл ба курашакл тағир дода, инчунин андозаи онҳоро кам мекунад. Натиҷаи баландбардории ба зангзанӣ устувори хӯлаҳои зиёда аз 2 маротиба модификатсия кардашуда ва муқоисаи онҳо бо хӯлаи АЖ2.18 ба ҳисоб меравад. Бар замми ин ба таври бисёр нигоҳ доштани раванди анодии зангзанӣ дар натиҷаи беҳтаркунии таркиби пардаи оксидҳои пассив, кам намудани у бо ноқилияти электрикӣ ба ҳисоб меравад. Таъсири мусбии иловаҳои модификатсионии литий, бериллий ва магний ба характеристикаи анодҳо ва суръати зангзании хӯлаи АЖ2.18 дар муҳити электролити NaCl муқаррар карда шудааст (ҷадвали 11).

Ҷадвали 11-Вобастагии суръати зангзании хӯлаҳои системаи АЖ2.18–Li, (Be, Mg), дар муҳити электролити NaCl

Муҳити NaCl, % - вазн	Миқдори Li, Be, Mg дар хӯлаи, АЖ2.18, %- вазн	Скорость коррозии					
		Хӯлаҳо бо Li		Хӯлаҳо бо Be		Хӯлаҳо бо Mg	
		$i_{корр.} \cdot 10^{-2}$	$K \cdot 10^{-3}$	$i_{корр.} \cdot 10^{-2}$	$K \cdot 10^{-3}$	$i_{корр.} \cdot 10^{-2}$	$K \cdot 10^{-3}$
		А/м ²	г/м ² ·час	А/м ²	г/м ² ·час	А/м ²	г/м ² ·час
0.03	-	0.92	3.1	0.92	3.1	0.92	3.1
	0.005	0.73	2.5	0.88	2.95	0.74	2.48
	0.01	0.65	2.2	0.74	2.48	0.68	2.28
	0.05	0.52	1.8	0.69	2.31	0.60	2.01
	0.1	0.48	1.6	0.62	2.07	0.52	1.74
	0.5	-	-	0.60	2.01	0.50	1.67
0.3	-	1.10	3.4	1.10	3.4	1.10	3.7
	0.005	0.86	2.9	0.98	3.28	0.82	2.75
	0.01	0.72	2.5	0.86	2.88	0.70	2.35
	0.05	0.63	2.2	0.74	2.48	0.63	2.11
	0.1	0.58	2.0	0.70	2.35	0.54	1.81
	0.5	-	-	0.68	2.28	0.51	1.71
3.0	-	1.12	4.1	1.12	4.1	1.12	4.1
	0.005	0.93	3.2	1.10	3.68	0.86	2.88
	0.01	0.88	3.0	0.96	3.22	0.80	2.68
	0.05	0.74	2.5	0.84	2.81	0.68	2.28
	0.1	0.60	2.3	0.76	2.55	0.56	1.87
	0.5	-	-	0.70	2.35	0.53	1.77

Ҳамин тавр хулосабарорӣ намудан мумкин аст, ки қонуниятҳои муқарраркардашуда ҳангоми кор карда баромадани таркиби хӯлаҳои нави композитсионӣ дар асоси алюминии ғайрисараи (некондиционного) пастсифат барои эҳтиёҷи технологӣ ва ҳимоя аз зангзанӣ истифода бурда мешаванд.

ХУЛОСАҶО

1. Дар асоси таҳлили дар адабиётҳо овардашудаи маълумотҳо ва ҳуҷҷатҳои техникӣ хулоса оиди зарурати коркарди хӯлаҳо дар асоси алюминийи ғайрисара бо роҳи ҷавҳаронидани хӯлаи таркибӣ алюминий-оҳан АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний бо мақсади коркарди таркиби анодии масолахҳо барои муҳофизат аз зангзании конструксияҳои пӯлодӣ.

2. Дар речаи «хунукунӣ» вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний таҳқиқ карда шуд. Муайян карда шуд, ки бо зиёдшавии ҳарорат ва миқдори элементҳои ҷавҳарӣ гармиғунҷоиши хӯлаҳо зиёд мешавад. Дар вақти гузариш аз хӯлаҳои бо литий ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳои бо магний ҷавҳаронидашуда қимати гармиғунҷоиш ва зарбии гармигузаронӣ паст шуда ҳангоми гузаштан ба хӯлаҳои бо бериллий ҷавҳаронидашуда зиёд мешавад.

3. Таҳқиқи функсияҳои термодинамикии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний вобаста аз ҳарорат нишон дод, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо литий ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳои бо бериллий ҷавҳаронидашуда қимати энталпия ва энтропия паст шуда ҳангоми гузаштан ба хӯлаҳои бо магний ҷавҳаронидашуда зиёд мешавад. Вобаста аз ҳарорат энталпия ва энтропияи хӯлаҳо зиёд шуда, қимати энергияи Гиббс кам мешавад.

4. Бо усули термограмметрии кинетикаи оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний таҳқиқ карда шуд. Муқаррар карда шуд, ки оксидшавии хӯлаҳо ба қонуниятҳои гиперболий бо суръати ҳақиқии оксидшавӣ 10^{-4} кг·м⁻²·с⁻¹ итоат менамояд.

Аниқ карда шуд, ки суръати оксидшавии минималиро хӯлаи АЖ2.18 бо бериллий ва максималиро хӯлаи АЖ2.18 бо литий доро мебошад. Дар миёни хӯлаҳои чавҳаронидашуда қимати нисбатан зиёди энергияи эҳтимолии оксидшавиро хӯлаҳои бо берилий чавҳаронидашуда дорост.

5. Бо усули ИК-спектроскопӣ маҳсулҳои оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний таҳқиқ карда шуд. Маълум гардид, ки онҳо асосан аз оксидҳои Al_2O_3 , Fe_2O_3 ташкил ёфтаанд. Дар айни ҳол фазаи бартаридошта дар маҳсулҳои оксидшудаи хӯлаҳои оксиди алюминий ба ҳисоб меравад.

6. Бо усули потенциостатикӣ дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенциал 2 мВ/с, рафтори анодии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний таҳқиқ карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки иловаи элементҳои чавҳарӣ бо миқдори аз 0.005 то 0.05 %-и вазн, коррозияустувории хӯлаҳои АЖ2.18-ро дар муҳити нейтралӣ электролити NaCl якҷанд маротиба зиёд мекунад. Таҳқиқоти хӯлаи системаи АЖ2.18–Li (Be, Mg), патенсиалӣ каррозия $-0.735 \div -0.820$ В дошта бо кӯчидани патенсиали -0.735 В тавсиф меёбанд, ки метавонанд то 90-95% -и сатҳи муҳофизатии конструксияҳои пӯлодиرو аз каррозия муҳофизат намоянд.

7. Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда таркиби хӯлаи нав дар асоси алюминий бо оҳан коркард карда шуд, ки бо 5 нахустпатентҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳифз карда шудааст аз он ҷумла: (ҚТ №ТJ 562, ҚТ №ТJ 569 «Хӯла дар асоси алюминий бо оҳан»), (ҚТ №ТJ 624 «Тарзи паст кардани оксидшавии хӯлаҳои алюминий -литий»), (ҚТ №ТJ 757 «Тарзи баландбардории ба зангзанӣ устувории хӯлаи алюминий бо оҳан, к ибо литий чавҳаронида шудааст»), (ҚТ №ТJ 823 «Тарзи баландбардории ба зангзанӣ устувории хӯлаҳои алюминий бо оҳан»)

РУЙХАТИ ИНТИШОРОТ АЗ РҶҶИ МАВЗҶИ ДИССЕРТАТСИЯ

Руйхати мақолаҳои, ки дар маҷаллаҳои илмӣ бо тавсияи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд

1. **Азимов, Х.Х.** Влияние лития на теплоёмкость и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ2.18 / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Н.Ф. Иброхимов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018.- Т. 16.- №1.- С. 37–44.

2. **Азимов, Х.Х.** Сравнительное исследование анодного поведения сплава АЖ2.18, модифицированного литием, бериллием и магнием, в среде электролита NaCl / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, М.Ш. Джураева // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова.-2017.- Т.15.- №3.- С. 45–53.

3. **Азимов, Х.Х.** Потенциодинамическое исследование сплава $Al+2.18\%Fe$, модифицированного литием, в среде электролита NaCl / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Дж.Х. Джайлоев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. - 2016. Т. 59.- №2- С. 74-78.

4. **Азимов, Х.Х.** Кинетика окисления сплава $Al+2.18\%Fe$, модифицированного литием, в твердом состоянии / Х.Х. Азимов, И.Т. Амонов, А.Э. Бердиев, И.Н. Ганиев // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. - 2015.-Т. 58. №1.- С. 67-71.

5. **Азимов, Х.Х.** Потенциодинамическое исследование сплава $Al+2.18\%Fe$, модифицированного бериллием, в среде 0,03% NaCl / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Дж.Х. Джайлоев // Вестник Таджикского технического университета - 2014.- Т.2, №26.- С. 73-75.

6. **Азимов, Х.Х.** Изменение потенциала коррозии сплава $Al+2.18\%Fe$, легированного бериллием, в среде электролита 3%-ного NaCl / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, А.М. Сафаров, И.Т. Амонов // Вестник Технологического университета Таджикистана.- 2014.- Т.1.№22.- С. 6-8.

Ихтироот оид ба мавзӯи диссертатсия

7. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 562. Сплав на основе алюминия с железом / **Х.Х. Азимов**; заявитель и патентообладатель: И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Дж.Х. Джайлоев / №1200752; заявл.16.11.12, опубл. 05.06.13, Бюл.86, 2013.-2с.

8. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 569. Сплав на основе алюминия с железом / **Х.Х. Азимов**; заявитель и патентообладатель: И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, А.М. Сафаров, Н.И. Ганиева, П.Х. Азимов, А.А. Турсунов, Н.Ф. Иброхимов, Дж.Х. Джайлоев / №1200751; заявл.16.11.12, опубл. 05.06.13, Бюл.87, 2013.-2с.

9. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 624. Способ снижения окисляемости алюминиево-литиевого сплава / **Х.Х. Азимов**; заявитель и патентообладатель: И.Н. Ганиев, Ш.А. Назаров, Б.Б. Эшов, М.Т. Норова, Ф.Б. Курбонов, Г.К. Хакимов, Н.И. Ганиева / №1300830; заявл. 23.12.13, опубл. 24.07.14, Бюл.97, 2014.-2с.

10. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 757. Способ улучшения коррозионной устойчивости сплава алюминия с железом легированием лития / **Х.Х. Азимов**; заявитель и патентообладатель: И.Н. Ганиев, Х.О. Одинаев, И.Т. Амонов, А.М. Сафаров, Н.И. Ганиева, Ш.А. Назаров, Н.Ф. Иброхимов, Дж.Х. Джайлоев, Ф.Ш. Зокиров / №1400844; заявл. 27.03.14, опубл. 11.04.16, Бюл.117, 2015.-2с.

11. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 823. Способ повышения коррозионной стойкости сплавов алюминия с железом / **Х.Х. Азимов**; заявитель и патентообладатель: И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Н.И. Ганиева, Х.О. Одинаев, С.С. Гулов, С.С. Раджабалиев, М.Т. Норова / №1601007; заявл. 11.02.16, опубл. 11.01.17, Бюл.124, 2017.-2с.

Руйхати мақолаҳои нашршуда дар конференсияҳои байналмилалӣ:

12. **Азимов, Х.Х.** Полиномы температурной зависимости теплоемкости сплава АЖ2.18 с бериллием / **Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонзода, Дж.Х. Джайлоев** // Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов устойчивых к коррозии в промышленности Республики Таджикистан», Институт химии АН Республики Таджикистан.- 2018.- С. 62-65.

13. **Азимов, Х.Х.** Полиномы температурной зависимости теплоемкости сплава АЖ2.18 с магнием / **Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Н.Ф. Иброхимов** // Межд. науч.-практ. конф. «Роль информационно-коммуникационных технологий в информационном развитии Республики Таджикистан».-Технологический университет Таджикистана.- 2017. - С. 378-384.

14. **Азимов, Х.Х.** Исследование анодного поведения сплава АЖ2.18, легированного бериллием, в среде электролита 3%-ного NaCl / **Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, А.Х. Хакимов** // Мат. науч.-практ. сем. «Наука-производству».- НИТУ «МИСиС». - 2017.- С. 7-10.

15. **Азимов, Х.Х.** Анодное поведение сплава Al+2.18%Fe, легированного магнием, в среде электролита 0.3%-ного NaCl / **Х.Х. Азимов, Дж.Х. Джайлоев, И.Т. Амонов, М.Ш. Джураева, Л.А. Бокиев** // Мат. I Межд. форума «Молодежь - интеллектуальный потенциал развития страны». ТУТ.- 2015.- С. 33-37.

16. **Азимов, Х.Х.** Анодное поведение сплава Al+2.18%Fe, легированного магнием / **Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Р.Д. Исмонов, А.Х. Хакимов** // Мат. VII-й Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования».-ТТУ. -2014. Ч. 1.-С. 173-176.

17. **Азимов, Х.Х.** Потенциал коррозии сплава Al+2.18%Fe, легированного магнием, в среде 0,03% NaCl / **Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, М.Ш. Джураева, Дж.Х. Джайлоев** // Мат. Межд. конф. «Химия рения». - ТНУ.- 2014. - С. 36-37.

18. **Азимов, Х.Х.** Изменение потенциала коррозии сплава Al+2.18%Fe, легированного литием в среде электролита 0,3% -ного NaCl / **Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Дж.Х. Джайлоев** // Сб. Межд. конф. «Комплексные соединения и аспекты их применения».-ТНУ.-2013.- С. 32-34.

19. **Азимов, Х.Х.** Влияние добавок лития на анодное поведение сплава Al+2.18Fe / **Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, А.М. Сафаров** // Мат. VI-й Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования». -ТТУ. -2012. - С. 309-311.

Руйхати мақолаҳои нашршуда дар конгресси Ҷумҳуриявӣ:

20. **Азимов, Х.Х.** Полиномы температурной зависимости теплоемкости сплава АЖ2.18 с литием / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонзода, Ш.А. Назаров // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Наука и техника для устойчивого развития».-Технологический университет Таджикистана.- 2018.- С.175-181.

21. **Азимов, Х.Х.** Потенциодинамическое исследование сплава АЖ2.18, модифицированного магнием, в среде электролита NaCl / Х.Х. Азимов, А.Э. Бердиев, Р.Д. Исмонов // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Перспективы развития естественных наук».- РТСУ.-2018.- С. 62-65.

22. **Азимов, Х.Х.** Влияние магния на термодинамические функции сплава АЖ2.18 / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонзода // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Современные проблемы естественных наук». Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе.-2017.- С. 120-124.

23. **Азимов, Х.Х.** Влияние бериллия на термодинамические функции сплава АЖ2.18 / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонзода // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Вклад молодых учёных в инновационное развитие Республики Таджикистан».-Технологический университет Таджикистана. -2017.- С. 11-16.

24. **Азимов, Х.Х.** Влияние бериллия на теплоёмкость и коэффициент теплоотдачи алюминиевого сплава АЖ2.18 / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев // Мат. II науч.-практ. конф. студ., магис. и асп. «Таджикская наука-ведущий фактор развития общества». ТТУ им. М.С.Осими. -2017. - С. 155-158.

25. **Азимов, Х.Х.** Влияние лития на теплоёмкость и коэффициент теплоотдачи алюминиевого сплава АЖ2.18 / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонзода, Дж.Х. Джайлоев // Сб. мат. XIV Нумановские чтения «Вклад молодых ученых в развитие химической науки». - Институт химии АН Республики Таджикистан. -2017. -С. 112-116.

26. **Азимов, Х.Х.** Влияние лития на термодинамические функции сплава АЖ2.18 / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Позиция молодёжи в развитие науки». ХГУ им. Б. Гафурова. -2017. - С. 297-302.

27. **Азимов, Х.Х.** Высокотемпературное окисление сплава Al+2.18%Fe с литием / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, А.Э. Бердиев, Дж.Х. Джайлоев // Сб. мат. Респ. науч.-практ. конф. «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан». Институт химии АН Республики Таджикистан.-2016.- С. 93-96.

28. **Азимов, Х.Х.** Температурная зависимость теплоёмкости и термодинамические функции сплава Al+2.18%Fe / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев // Мат. I науч.-практ. конф. студ., магис. и асп. ТТУ им. М.С.Осими. -2016. - С. 108-113.

29. **Азимов, Х.Х.** Влияние лития на кинетику окисления сплава Al+2.18%Fe, модифицированного литием, в твердом состоянии / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, Дж.Х. Джайлоев, М.Ш. Джураева, Л.А. Бокиев // Мат. Респ. конф. «Состояние химической науки и её преподавание в образовательных учреждениях Республики Таджикистан».- ТГПУ. - 2015.- С. 18-21.

30. **Азимов, Х.Х.** Анодное поведение сплава Al+2.18%Fe, легированного бериллием / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, М.Т. Норова // Сб. Респ. конф. «Проблемы аналитического контроля объектов окружающей среды и технических материалов».-ТНУ.- 2013.- С. 67-69.

31. **Азимов, Х.Х.** Влияние хлорид-ионов на изменение потенциала коррозии сплава Al+2.18%Fe, легированного литием / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Дж.Х. Джайлоев // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Внедрение наукоёмкой техники и технологий в производстве». ТУТ- 2013. - С. 3-5.

32. **Азимов, Х.Х.** Анодное поведение сплава Al+2.18%Fe, легированного литием, в среде электролита 3%-ного NaCl / Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов // Мат. Респ. конф. «Комплексообразование в растворах». ТНУ.- 2012.- С. 44.

АННОТАТСИЯ

ба диссертатсияи Азимов Холикназар Хакимович дар мавзӯи «Таркиби хӯлаи алюминии АЖ2,18 бо литий, бериллий ва магний», барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.16.09 - масолеҳшиносӣ (дар мошинсозӣ)

Мақсади кор муқаррар намудани функсияҳои термодинамикӣ, кинетикаи оксидшавӣ ва хосиятҳои анодии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний, инчунин истифода намудани онҳо дар истеҳсолот ҳамчун хӯлаи мураккабтаркиб ба ҳисоб меравад.

Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда модели математикии вобастагии ҳарорати гармиғунҷоиш, зариви гармидиҳӣ, ва функсияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия, энергияи Гиббс) хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний муайян карда шудааст; параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний муайян карда шудааст.

Конуниятҳои асосии тағйироти гармиғунҷоиш ва функсияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний аз вобастагии суръат ва миқдори компонентҳои ҷавҳаронидашуда муқаррар карда шудааст.

Таҳқиқот нишон дод, ки бо зиёдшавии ҳарорат суръати оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний дар ҳолати сахтӣ меафзояд. Иловаи бериллий то 0.5%-и вазн суръати оксидшавии хӯлаи ибтидоии АЖ2.18-ро зиёд намуда, иловаи литий ва магний бошад онро паст мекунад. Дар навбати худ энергияи эҳтимолии фаъолшавӣ ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои литий ба хӯлаҳои магний - паст шуда, ба хӯлаҳои бериллий зиёд мешавад. Муқаррар карда шудааст, ки оксидшавии хӯлаи АЖ2.18 бо литий, бериллий ва магний ба қонунияти гипербола итоат мекунад.

Бо усули потенциостатикӣ дар реҷаи потенциодинамикӣ ҳангоми суръати потенциали тобиши 2 мВ/с муқаррар карда шудааст, ки иловаҳои компонентҳои ҷавҳаронидашуда то 0.05%-и вазн ба коррозия устувории хӯлаи ибтидоии АЖ2.18-ро 30-40% зиёд мекунад. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои литий ба хӯлаҳои бериллий суръати коррозия афзуда, ба хӯлаҳои бо магний кам дила мешавад (барои хӯлаҳои дар ҳаҷми 0.05%-и вазн иловадошта).

Рисолаи номзадӣ аз муқаддима, чор боб ва замима иборат аст, ки дар 123 саҳифаи компютерӣ ҳуруфчинӣ карда шудааст. Дорои 54 расм, 46 ҷадвали маълумотҳо ва 118 номгӯи адабиётҳо аст, баён карда шудааст.

Интишорот. Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқот 1 монография ва 32 мақолаҳои илмӣ нашр шудаанд, ки аз онҳо 6 мақола дар маҷаллаҳои тавсиянамудаи КОА - и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шуда, 5 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудааст.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаи АЖ2.18, литий, бериллий, магний, гармиғунҷоиш, функсияҳои термодинамикӣ, энталпия, энтропия, энергияи Гиббс, кинетикаи оксидшавӣ, суръати ҳақиқии оксидшавӣ, усули потенциостатикӣ, потенциали озоди коррозия, пинтингҳосилкунӣ, репассиватсия, суръати тобиши потенциал, суръати коррозия.

РЕЗЮМЕ

на диссертации Азимова Холикназара Хакимовича на тему «Свойства алюминиевого сплава АЖ 2.18 с литием, бериллием и магнием», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (в машиностроении)

Целью работы является установление термодинамических, кинетических и анодных свойств сплава АЖ2,18 с литием, бериллием, магнием и использование их при разработке состава новых композиций сплавов для нужд техники.

На основе проведенных исследований получены математические модели температурных зависимостей теплоемкости, коэффициента теплоотдачи и термодинамических функций (энтальпии, энтропии, энергии Гиббса) сплава АЖ2.18 с литием, бериллием, магнием; определены кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплава АЖ2.18 с литием, бериллием, магнием. Установлены основные закономерности изменения теплоемкости и термодинамических функций (энтальпии, энтропии и энергии Гиббса) сплава АЖ2.18 с литием, бериллием и магнием в зависимости от температуры и количества легирующего компонента.

Показано, что с ростом температуры скорость окисления сплава АЖ2.18 с литием, бериллием и магнием в твердом состоянии увеличивается. Добавки бериллия до 0.5 мас.% увеличивает устойчивость исходного сплава АЖ2.18 к окислению, а лития и магния снижают его. Соответственно, кажущаяся энергия активации при переходе от сплавов с литием к сплавам с магнием - уменьшается, далее к сплавам с бериллием – растет. Установлено, что окисление сплава АЖ 2.18 с литием, бериллием и магнием подчиняется гиперболическому закону.

Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с установлено, что добавки легирующих компонентов до 0.05 мас.% увеличивают коррозионную стойкость исходного сплава АЖ2.18 на 30-40%. При переходе от сплавов с литием к сплавам с бериллием наблюдается рост скорости коррозии, далее к сплавам с магнием его уменьшение (для сплавов с 0.05 мас.% добавки).

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и приложения, изложена на 123 страницах компьютерного набора, включает 54 рисунков, 46 таблиц, 118 библиографических наименований.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 1 монографии, 32 научных работ, из них 6 в журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан, получен 5 малых патента Республики Таджикистан.

Ключевые слова: сплав АЖ2.18, литий, бериллий, магний, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, термодинамические функции, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, термогравметрический метод, окисление, кинетика окисления, истинная скорость окисления, энергия активации, потенциостатический метод, потенциалы свободной коррозии, питингообразования, репассивация, скорость коррозии.

SUMMARY

on the thesis of Azimov Kholiknazar Khakimovich on the topic «Properties of aluminum alloy AF2.18 with lithium, beryllium and magnesium», submitted for the scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.02.01 - materials science (in engineering)

The aim of the work is to establish the thermodynamic, kinetic and anodic properties of the alloy AF2.18 with lithium, beryllium, magnesium and their use in developing the composition of new alloy compositions for the needs of technology.

The mathematical models of the temperature dependences of the temperature dependences of the heat capacity, heat transfer coefficient, and thermodynamic functions (enthalpy, entropy, Gibbs energy) of alloy AF2.18 with lithium, beryllium, magnesium were obtained; kinetic and energy parameters of the oxidation process of the alloy AF2.18 with lithium, beryllium, magnesium are determined. The main regularities of the change in the heat capacity and thermodynamic functions (enthalpy, entropy and Gibbs energy) of the alloy AF2.18 with lithium, beryllium and magnesium are determined as a function of the temperature and the amount of the dopant component.

It is shown that with increasing temperature, the oxidation rate of the AF2.18 alloy with lithium, beryllium and magnesium in the solid state increases. The addition of beryllium to 0.5 wt.% increases the stability of the initial alloy AF2.18 to oxidation, and lithium and magnesium reduce it. Accordingly, the apparent activation energy in the transition from alloys with lithium to alloys with magnesium decreases, and then increases to alloys with beryllium. It was established that the oxidation of the alloy AF2.18 with lithium, beryllium and magnesium obeys the hyperbolic law.

Potentiostatic method in the potentiodynamic mode at a potential sweep rate of 2 mV / s established that additions of alloying components to 0.05% by weight increase the corrosion resistance of the initial alloy AF2.18 by 30-40%. In the transition from alloys with lithium to alloys with beryllium, an increase in the corrosion rate is observed, and furthermore to alloys with magnesium, its decrease (for alloys with 0.05 wt.% of the additive).

The thesis consists of an introduction, four chapters and an appendix, outlined on 123 pages of a computer kit, includes 54 figures, 46 tables, 118 bibliographical names.

Publications. According to the results of the research, 1 monography, 32 scientific works were published, 6 of them in journals recommended by the Higher Attestation Commission under the Republic of Tajikistan's President, 5 small patents of the Republic of Tajikistan were obtained.

Key words: alloy AF2.18, lithium, beryllium, magnesium, heat capacity, coefficient of heat transfer, thermodynamic functions, enthalpy, entropy, Gibbs energy, thermogravimetric method, oxidation, oxidation kinetics, true oxidation rate, activation energy, potentiostatic method, free corrosion potentials, pining, repassivation, corrosion rate.

Ба чоп 14.09.2018 иҷ озат дода шуд.
Ба чоп 17.09.2018 имзо шуд.
Коғази офсетӣ. Чопи офсетӣ. Ҳуруфи адабӣ.
Андозаи 60x84 1/16. Ҷузъи чопӣ 3,0.
Табдоди нашр 100 нусха.

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