

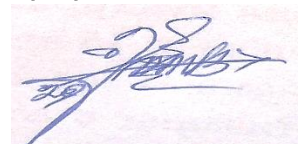
**ДОНИШГОҶИ ДАВЛАТИИ ДАНҒАРА
АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
МДИ «ИНСТИТУТИ КИМИЁИ БА НОМИ В.И. НИКИТИН»**

ВБД 615.011.4-034.89:546.62

ТКБ 34.4:34.23:303.2

Э-45

Бо ҳуқуқи дастнавис



АБУАЛИ Элмурод

**ТАЪСИРИ ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ БА ХОСИЯТҲОИ
МЕХАНИКӢ ВА ФИЗИКАВӢ-ХИМИЯВИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИЙИ
 $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ НАВӢИ ДЮРАЛЮМИНӢ**

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои
техникӣ аз рӯйи ихтисоси 05.02.01 - Маводшиносӣ
(05.02.01.02 - саноати мошинсозӣ)

Душанбе – 2025

Диссертатсия дар Донишгоҳи давлатии Данғара ва озмоишгоҳи «Маводҳои ба коррозия устувор»-и МДИ «Институти кимиёи ба номи В.И.Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон» иҷро шудааст.

Роҳбари илмӣ:

Ғаниев Изатулло Наврузович – доктори илмҳои химия, профессор, академики АМИТ

Муқарризони расмӣ:

Қурбонов Амиршо Соҳибназарович - доктори илмҳои химия, дотсент, дотсенти кафедраи «Химияи органикӣ ва биологӣ» Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав

Аминҷони Ғиёсиддин - номзади илмҳои техникӣ, мудири озмоишгоҳи «Қоркарди ашёи хоми маҳаллии гилҳоку карбондор»-и МД «ПИТМ»-и ҶСК «ШАТ»

Муассисаи пешбар:

Донишкадаи энергетикаи Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия «11» сентябри соли 2025, соати «9⁰⁰» дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии 6D.КOA-028 назди Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, дар суроғи 734042, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10 баргузор мегардад. E-mail: adliya69@mail.ru

Бо матни диссертатсия ва автореферат дар китобхона ва сомонаи Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон: www.ttu.tj ба номи акад. М.С. Осимӣ шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи «__» _____ 2025 фиристода шуд.

Котиби илмӣ
Шурои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникӣ,
дотсент



Бабаева А.Ҳ.

МУҚАДДИМА

Мубрамияти мавзӯи таҳқиқот. Алюминий ва хӯлаҳои он, вақтҳои охир ҳамчун маводҳои муҳими саноатӣ эътироф карда шудаанд. Сатҳи истифода ва мувофиқан талабот ба алюминий дар шакли хӯлаҳои гуногун хеле афзоиш ёфтааст. Сабаби ин пеш аз ҳама дар он аст, ки хӯлаҳои алюминий якчанд бартариятҳо нисбат ба хӯлаҳои дигар доранд. Барои ҳамин, дар ҷойҳое, ки пеш маводҳои пӯлодӣ истифода мешуданд, ҳозир аз хӯлаҳои алюминий истифода карда истодаанд. Аз ин рӯ, истифодаи алюминий дар саноат, сохтмон ва рӯзгор мунтазам афзуда, хӯлаҳои оҳан, пешсафии худро гум карда истодаанд.

Дар ҳама соҳаҳо қисмҳо ва корпусҳои аз хӯлаҳои алюминий сохташударо ёфтан мумкин аст. Алюминий ва хӯлаи он махсусан дар саноати авиатсия, автомобилсозӣ ва трактор-мошинсозии кишоварзӣ васеъ истифода мешаванд.

Ба маҳсулоти хӯлаи алюминий талаботи баланд оид ба эътимодноки ва устуворӣ, хосиятҳои механикӣ, физикӣ ва истифодабарӣ гузошта мешавад, ки сатҳ ва устувории онҳо ба андозаи зиёд аз рӯи миқдори ҷузъҳо ва омехтаҳои хӯла муайян карда мешавад.

Бе ҷустуҷӯ ва таҳияи усулҳои нав, таркиби хӯлаҳо, усулҳои қабул ва коркард пешрафти минбаъдaro ҳам дар техника ва ҳам дар маҷмӯъ дар илм тасаввур кардан ғайриимкон аст. Дар замони муосир ба хӯлаҳо талаботи торафт баландтар дар бори тобовар, хусусиятҳои гуногун ҳангоми истифода ва мӯҳлат, яъне нигоҳ доштани хосиятҳо дар тӯли вақт гузошта мешавад.

Ба ин намуди маводҳо хӯлаи алюминийи дар ин кор таҳқиқшаванда дохил карда мешавад, ки ба он металлҳо ба монанди магний, мис ва бериллий дар концентратсияҳои муайян илова карда шудаанд. Металлҳои иловашуда нисбат ба дигар металлҳо дар хосиятҳо ба монанди сабуки чандирӣ ва мустаҳкамӣ бартарӣ доранд. Аз ин рӯ, бо омезиши металлҳои додашуда мо метавонем таркиби оптималиро пайдо кунем, ки метавонад хусусиятҳои беҳтар ва қонеъ кардани ниёзҳоро таъмин кунад.

Дар адабиёт маълумот дар бораи рушд ва то имрӯз ташаккулёфтаи навҳои хӯлаи алюминийи деформируемый конструксионии гармидиҳандаи системаҳои Al-Cu, Al-Cu-Mg ва Al-Cu-Mg-Ag, принципҳои ҷавҳаркунии онҳо баррасӣ карда шудааст.

Дарачаи коркарди илмии проблемаи мавриди омӯзиш. То имрӯз ягон назарияи ягонае вучуд надорад, ки сохтор ва хосиятҳои хӯлаҳоро ба таври қаноатбахш тавсиф кунад. Баррасии шарҳи адабиётҳо нисбати

таъсири элементҳои ишқорӣ нишон дод, ки маълумот оид ба таъсири металлҳои ишқорӣ ба хосиятҳои физико-химиявӣ ва механикии ҳӯлаи алюминийи AlCu4.5Mg1 намуди дюралюминий мавҷуд нест.

Дар чунин маврид маҳз тадқиқҳои таҷрибавии хосиятҳои термодинамикӣ ва кинетикии ҳӯлаҳои алюминий, хусусан маълумотҳои хосиятҳои оксидшавӣ ва зангзании ин ҳӯлаҳо бо металлҳои ишқорӣ (литий, натрий, калий) дар мадди аввал меистад.

Ин кори илмӣ ба таҳқиқи таъсири иловаҳои металлӣ (литий, натрий, калий) ба хосиятҳои гуногуни ҳӯлаи алюминий AlCu4.5Mg1 бахшида шудааст.

Азбаски мо дар бораи таъсири металлҳои ишқорӣ ба хусусиятҳои ҳӯлаи AlCu4.5Mg1 дар манбаъҳои дахлдор маълумот пайдо карда натавонистем, қарор шуд, ки таҳқиқот гузаронида шавад, металлҳои ишқорӣ илова карда шаванд ва сатҳи таъсири ин металлҳо ба хосиятҳои дюралюминийи AlCu4.5Mg1 муайян карда шавад. Таҳқиқотҳои бадастомада метавонанд иттилооти муфиди илмӣ ва асос барои таҳияи ҳӯлаҳои дорои хосиятҳои беҳтар гарданд.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо), мавзӯҳои илмӣ. Кор дар доираи Барномаи саноатикунории босуръати Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2020-2025, Барномаҳои миёнамӯҳлати рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2021-2025 ва ғайра ба нақша гирифта шудааст. Татбиқи ин барномаҳо иҷроиши ҳуҷҷати асоси кишвар - Стратегияи рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030-ро таъмин менамоянд, ки мувофиқи он Тоҷикистон аз модели аграрӣ-индустриалӣ ба модели индустриалӣ-аграрии рушд мегузарад.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот: таҳия, синтези ҳӯлаҳо бо таркиби нав, ки беҳтар шудани хосиятҳои зидди зангзаниро нишон медиҳанд, дар натиҷаи илова кардани металлҳои Li, Na, K ба ҳӯлаи аслии AlCu4.5Mg1 .

Вазифаҳои таҳқиқот:

- Таҳқиқи таҷдиди микроструктураи ҳӯлаи AlCu4.5Mg1 дар робита бо иловаҳои металлӣ ва тағйирёбии параметрҳои механикӣ;
- Муайян кардани вобастагии ҳарорати арзишҳои иқтисодии гармӣ, инчунин таъсири иловаҳои Li, Na, K ба функцияҳои асосии термодинамикии ҳӯлаи AlCu4.5Mg1 ;
- Омӯзиши равандҳое, ки ҳангоми оксидшавии ҳарорати баланд, фазаи сахт аз ҳӯлаи AlCu4.5Mg1 бо иловаҳои Li, Na, K мегузаранд.

Механизмҳои раванди оксидшавӣ ва инчунин кинетикаи онро муайян карда шуд;

- Таҳлили таркиби фазаро муайян намуда, моддаҳои дар натиҷаи оксидшавӣ ба вуҷуд омада маълум гардидааст;

- Муайян кардани вобастагии хусусиятҳои анодии дюралюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ аз таркиби иловаҳои Li, Na, K ҷавҳаркунонида, инчунин таъсири миқдори ионҳои хлорид дар муҳити моеъи таҳқиқшаванда;

Объекти таҳқиқот: хӯлаи алюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ навъи дюралюминий бо иловаҳои литий, натрий, калий.

Мавзӯи (предмет) таҳқиқот: омӯзиши таъсири иловаҳои литий, натрий, калий ба хосиятҳои физикавӣ-химиявӣ ва механикии хӯлаи алюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ навъи дюралюминий.

Навгони илмӣ-таҳқиқот:

- Таъсири иловаҳои Li, Na, K ба сохтор ва ҷузъҳои фазаи хӯлаи ибтидоии $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ маълум карда шуд;

- Гузаронидани таҳлили рентгенофазавии намунаҳо, ки дар натиҷаи таҳлил маълум шуд, ки бо сабаби таъсири ҳарорати баланд оксидҳои гуногун ба вуҷуд меоянд Al_2MgO_4 ; MgAl_2O_4 ; $\text{Mg}_{0.85}\text{Cu}_{1.15}\text{O}$; CuAlO_2 ; Li_2CuO_2 ; Al_2O_3 ; Cu_8O ; CuO ; MgAl_2O_4 ; $(\text{Al}_{0.94}\text{Mg}_{0.06})_2\text{O}_4$; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$; $(\text{Al}_{0.885}\text{Mg}_{0.115})_2\text{O}_4$; $\text{Mg}_{0.36}\text{Al}_{2.44}\text{O}_4$; CuAlO_2 ; $\text{Al}_{10.666}\text{O}_{16}$; Al_2O_3 ; Al_2CuO_4 ; CuAlO_2 ; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$; $\text{Al}_{10.38}\text{Mg}_{0.62}\text{K}_{1.62}\text{O}_{17}$; Cu_2O ; K_2O . Таъсири металлҳои иловашуда ба таркиби фазаи моддаҳое, ки пас аз оксидшавӣ ба вуҷуд омадаанд муайян карда шуд;

- Таъсири Li, Na, K ба сахтӣ ва мустаҳкамии ҳисобшудаи хӯлаи ибтидоии $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ муайян карда шуд;

- Қонуниятҳои тағйирёбии параметрҳои асосии гармидиҳии физикии хӯлаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ дар натиҷаи ҷавҳаркунии металлҳо ба монанди Li-Na-K муқаррар карда шудааст;

- Озмоишҳо дар ҳарорати баланд барои омӯзиши қонуниятҳои раванди оксидшавӣ дар шакли саҳт гузаронида шуданд. Таъсири ҳарорат дар муҳити корӣ ва ҳаҷми иловагӣҳо ба шиддат ва давомнокии раванди оксидшавӣ муайян карданд;

- Потенциалҳои электрохимиявӣ ва арзиши концентратсияи иловагӣҳо дар тағйирёбии потенциал муайян карда шуданд. Тағйирёбии потенциалҳо ҳангоми тағйирёбии ҳаҷми иловаҳои металлӣ ва концентратсияи хлорид дар муҳити таҳқиқотӣ муайян карда шудааст.

Аҳамияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот. Дар ин кор ҷанбаҳои назариявии таҳқиқот оварда шудаанд: таҳқиқи тағйирёбии

микростор, тағйирёбии нишондодҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ ҳисобӣ, гармигузаронӣ ва функсияҳои термодинамикӣ, қонуниятҳои тағйирёбии хусусиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявӣ, кинетика ва раванди оксидшавии ҳӯлаи алюминий AlCu4.5Mg1 бо иловаҳои металлҳои ишқорӣ; таъсири муҳити омӯзишӣ ва миқдори иловаҳо ба муқовимат ба коррозияи ҳӯлаи алюминийи AlCu4.5Mg1 .

Озмоишҳо ва таҳқиқотҳои гузаронидашуда имкон доданд, ки миқдори оптималии иловаҳо (Li, Na, K) дар ҳӯлаи ибтидоии AlCu4.5Mg1 пайдо карда шавад, ки дар он хосиятҳои зангзании ҳӯлаи ибтидоӣ беҳтар карда мешаванд. Дар асоси ин кори илмӣ патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон TJ1365 (аз 07.04.2023с.) гирифта шудааст.

Нуқтаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

- натиҷаҳои омӯзиши тағйироти гармиғунҷоиш ва функсияҳои термодинамикии ҳӯлаи AlCu4.5Mg1 бо Li, Na, K аз ҳарорат;

- механизми оксидшавии ҳӯлаи AlCu4.5Mg1 бо иловаҳои Li, Na, K ва параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии онҳо. Натиҷаҳои таҳлили таркиби маҳсулоти оксидшавии ҳӯлаҳо ва аҳамияти пайвастагиҳои ҳосилшуда дар рафти оксидшавӣ;

- хосиятҳои электрохимиявӣ ва тағйироти суръати коррозияи ҳӯлаи ибтидоӣ бо иловаҳои Li, Na, K аз миқдори иловаҳои ҷавҳарикунанда, дар муҳити моеъгии электролити NaCl.

- пешниҳоди ҳӯла бо миқдори муайяни иловаҳо, ки суръати оксидшавии пасттарин ва устуворӣ ба коррозияи баланд дошта, метавонанд ҳамчун маводи протекторӣ барои муҳофизати конструкцияҳои пӯлодӣ аз коррозия истифода карда шаванд.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо бо усулҳои муосири таҳқиқот, мувофиқати сифатии натиҷаҳои бадастомада бо маълумоти таҷрибавӣ ва тасаввуроти назариявӣ дар адабиёт мавҷудбуда таъмин карда шудааст. Озмоишҳо дар дастгоҳҳои аз аттестатсия гузашта, гузаронида шуданд.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Натиҷаҳои рисолаи диссертатсионӣ ва навгониҳои илмӣ ба даст омада, ба бандҳои зерини шиносномаи феҳристи ихтисосҳои КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз рӯйи самти ихтисоси 05.02.01 – Маводшиносӣ (05.02.01.02 - саноати мошинсозӣ) мутобиқат мекунад:

банди – 1. Таҳқиқотҳои назариявӣ ва таҷрибавӣ алоқаи фундаменталии таркиб ва сохтори мавод бо маҷмӯи хосиятҳои физикӣ-механикӣ ва корфармой бо мақсади таъмини эътимоднокии ва дарозумрии маводҳо ва маснуотҳо;

банди – 2. Муқаррар намудани қонуниятҳо дар равандҳои физикӣ-химиявӣ ва физикӣ-механикӣ;

банди – 3. Таҳияи асосҳои илмӣ интиҳоби маводҳо барои хосиятҳои додашуда дар шароити конкретии истеҳсол ва истифодаи маснуот ва конструкцияҳо;

банди – 4. Таҳияи равандҳои физикӣ-химиявӣ ва физикӣ-механикии ташаккул додани маводҳои нав, ки дорои хосиятҳои беназири функсионалӣ, физикӣ-механикӣ, хосиятҳои корфармой ва технологӣ, арзиши оптималӣ ва тозагии экологӣ мебошанд;

банди – 10. Кор карда баромадани роҳҳои баланд бардоштани тобоварӣ ба зангзании маводҳо дар шароити гуногуни кор.

Саҳми шахсии довталаби дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот дар таҳлили адабиёт дар ин соҳа, гузоштан ва ҳалли масъалаҳои таҳқиқот, таҳия ва гузаронидани таҳқиқотҳои таҷрибавӣ дар шароити лабораторӣ, таҳлили натиҷаҳои бадастомада, дар таҳияи муқаррароти асосӣ ва хулосаҳои диссертатсия мебошад.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои кори диссертатсионӣ дар конфронсҳо, симпозиумҳо ва форумҳои илмӣ зерин гузориш дода ва муҳокима карда шуданд: Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи «Мушкилоти химияи муосир ва ҳолати ҷорӣ кардани он ба раванди таълим», бахшида ба «бистсолагии омӯзиш ва рушди илмҳои табиӣ, дақиқ ва математикӣ дар соҳаи илм ва маориф барои солҳои 2020-2040», Донишгоҳи давлатии Данғара (Данғара, 2022); Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи «Абурайҳони Беруни падидаи Шарқ», бахшида ба эълони Солҳои 2020-2040 «Бистсолагии омӯзиш ва рушди илмҳои табиӣ, дақиқ ва математикӣ дар соҳаи илм ва маориф» ва 1050-солагии мутафаккири барҷастаи Шарқӣ А. Беруни (Данғара, 2022) ва дигарон.

Интишорот аз рӯи мавзӯи диссертатсия. Натиҷаҳои кор дар 11 нашрияти илмӣ инъикос ёфтаанд, ки аз онҳо 6 мақола дар маҷаллаҳои тақризие, ки аз тарафи КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия дода шудааст: Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, инчунин нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон (ТҶ1365 аз 07.04.2023 с.) ба даст оварда шудааст.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Рисола аз муқаддима, чор боб ва замима иборат буда, дар 183 саҳифаи маҷмӯи компютерӣ пешниҳод шудааст, ки 66 расм, 37 ҷадвал, 153 сарчашмаи адабиётҳоро дар бар мегиранд

МУНДАРИЧАИ КОРИ ДИССЕРТАТСИОНӢ

Муқаддима асосҳои мантиқии аҳамияти гузаронидани корҳои таҳқиқотиرو дар ин мавзӯ дар бар мегирад. Ҳадафҳо ва вазифаҳои мушаххасе гузошта шудаанд, ки бояд дар таҳқиқот ҳал карда шаванд. Маълумот дар бораи навгониҳои ин кор, аҳамияти қисми назариявӣ ва қисми амалан гузаронидашудаи таҳқиқот оварда шудааст, инчунин муқаррароте оварда шудаанд, ки барои ҷимоя оварда шудаанд.

Боби аввал асосан аз маълумоти ҷамъоваришуда дар бораи мавзӯи таҳқиқот ва кори олимони дигар ва дастовардҳои онҳо иборат аст. Маълумоти умумӣ дар бораи ҳӯлаи таҳқиқшаванда, соҳаҳои, ки дар он истифода мешавад, хусусиятҳо дар хосиятҳои, ки дуралюмин ҳангоми истифода дар шароити гуногун ва ҳангоми таҳқиқот дар шароити лабораторӣ зоҳир мекунад, оварда шудааст. Инчунин маълумот дар бораи таҳқиқоти $AlCu_{4.5}Mg_1$ ва тағирёбии хосиятҳои зангзананда, гармидиҳанда ва дигар хосиятҳои он ҳангоми ҷавҳаркунии иловаҳои гуногун оварда шудааст. Аммо таҳқиқоте вучуд надорад, ки дар он ҳӯлаи мазкур бо металлҳо ба монанди литий, натрий ва калий ҷавҳар карда шавад ва қонуниятҳои таъсири ин металлҳо ба хосиятҳои истифодабарӣ ва физикавӣ - химиявӣ ҳӯлаи $AlCu_{4.5}Mg_1$ таҳқиқ карда шавад.

БОБИ II. ТАҲҚИҚОТИ ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКӢ, ТЕРМОДИНАМИКӢ ВА ТЕРМОФИЗИКИИ ХӢЛАИ $AlCu_{4.5}Mg_1$ БО ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ.

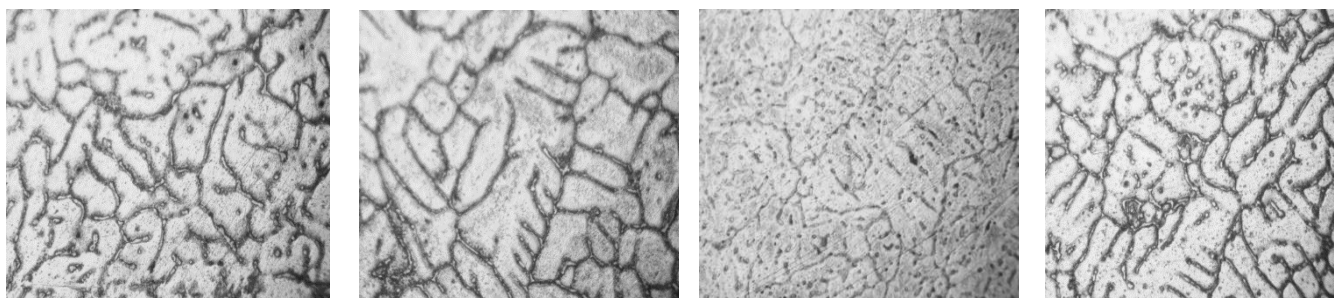
Микроструктураи мавод омилест, ки дар эҷоди хосиятҳо ва зухуроти мавод нақши бузург дорад. Омӯзиши микроструктура амали асосӣ дар синтези мавод ва ҳӯлаҳои нав ҳисобида мешавад. Бо илова кардани ҷузъҳои нав ба ҳӯла, мо метавонем микроструктураи онро тағир диҳем ва ба ин васила ба ҳӯла хосиятҳои зарурӣ диҳем. Инчунин ба микроструктура бо усулҳои дигари техникӣ таъсир расонидан мумкин аст, яке аз чунин усулҳо коркарди гармӣ мебошад, инчунин дар мавриди ҳӯлаҳои алюминий шароити гирифтани коркарди хунуккунӣ ва дигар параметрҳо муҳим аст, ки ба микроструктура ва аз ин рӯ ба хосиятҳо таъсири мустақим доранд. Ҳангоми таҳқиқи микроструктура ва таркиби фаза пайвастагиҳои дар ҳӯла мавҷудбуда, миқдор ва шакли онҳоро муайян кардан лозим аст.

Дар ин кор бо мақсади таҳқиқи микроструктураи ҳӯлаи $AlCu_{4.5}Mg_1$ ва таъсири иловаҳои Li, Na, K ҳӯлаи таркиби муайян ба даст оварда шуд ва аз онҳо бо усули рехтагарӣ намунаҳои шакли силиндрӣ барои таҳқиқи

андозаи зарурӣ ба даст оварда шуданд. Таҳқиқот дар таҷҳизоти муосир бо риояи тамоми стандартҳои гузаронидани корҳои илмӣ, аз ҷумла корҳо бо микроскопҳои навъи рӯшноӣ гузаронида шуд.

Ҳангоми таҳқиқи микроструктураи хӯлаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ бо Li , Na , K маълум шуд, ки микроструктураи хӯлаи мазкур маҳлули саҳт аст, ки дар он алюминий ҷузъи асосӣ аст ва дар он инчунин фазаи эвтектикӣ мавҷуд аст, ки ҳаҷми он бевосита аз миқдори ҷузъи иловашуда вобаста аст. Агар дақиқтар бошад, дар ҳолатҳое, ки хӯлаи дорои миқдори ками Li , Na , K бошад, дар ин ҳолат микроструктура сохтори донаҳои калон дорад. Минбаъд, бо зиёд шудани мундариҷа, аллакай камшавии донаҳо мушоҳида мешавад ва микроструктура якхелатар мешавад.

Ҳамин тавр, дар сурати илова кардани 1% вазн Li , Na , K ба микроструктураҳо таъсири бештар мерасонад ва дар байни иловаҳои номбаршуда Na аз дигарон бештар таъсир мерасонад (расми 1).



а) б) в) г)
Расми 1 - Намунаи микроструктураи намунаҳои омехташуда:
а) хӯлаи ибтидоӣ $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$; б) бо Li ; в) бо Na ; г) бо K

Хусусиятҳои металлҳо ва хӯлаҳо ба монанди саҳтӣ, мустаҳкамӣ, пластикӣ мӯҳлати истифодаи онҳо ва инчунин эътимоднокии қисмҳои ин маводҳо калидӣ мебошанд. Аз ин рӯ, омӯзиши саҳтӣ ва устувории хӯлаҳо, махсусан бо иловаҳои гуногуни синтезшуда, қисми муҳими ҳама гуна таҳқиқот мебошад. Дар ин кор мо устувориро муайян кардем, ки бо истифода аз усули классикӣ, ки барои ин мақсадҳо васеъ истифода мешавад, ин усули Бринелл бо истифода аз асбоби ТШ-2 мебошад. Натиҷаҳо дар ҷадвали 1 оварда шудаанд. Барои гузаронидани ин озмоишҳо мо намунаҳои шакл ва андозаи стандартӣ (10x16 мм) гирифтем. Роҳе мавҷуд аст, ки тавассути ҳисобҳо имкон медиҳад, ки арзишҳои мустаҳкамӣ дар асоси натиҷаҳои санҷиши саҳтии Бринелл ба даст оварда шаванд. Инро бо формулаи зерин амалӣ кардан мумкин аст:

$$\sigma_B = k * HB \quad (1)$$

Мувофиқи маълумоти манбаъҳои адаби барои хӯлаи алюминий «к» ба 0.35 баробар аст. Арзишҳои бадастомада пурра дар ҷадвали 1 оварда шудаанд. Ин арзишҳо нишон медиҳанд, ки дар намунаҳое, ки металлҳои ишқорӣ илова кардем, параметрҳо ба монанди сахтӣ ва мутаносибан мустаҳкамӣ ҳисобшуда нисбат ба хӯлаи ибтидоӣ натиҷаҳои бадтар нишон доданд. Ин маълумот аҳамияти калон дорад, ки таҳқиқот ва таҳияи минбаъдаи қисмҳо барои саноат бояд бо назардошти ин маълумот анҷом дода шаванд.

Ҷадвали 1 - Натиҷаҳои омӯзиши намунаҳои хӯлаи $AlCu_{4.5}Mg_1$ бо Li, Na ва K барои сахтӣ ва мустаҳкамӣ (ҳисобшуда)

Илова ва миқдори он дар хӯла, % вазн		Сахтӣ НВ кгс/мм ²	Мустаҳкамӣ МПа
0.0		22.861	15.70
Li	0.05	21.872	15.01
	0.1	19.431	13.33
	0.5	17.721	12.14
	1.0	16.292	11.18
Na	0.05	22.363	15.34
	0.1	20.940	14.37
	0.5	18.461	12.67
	1.0	17.544	12.04
K	0.05	22.127	15.18
	0.1	20.272	13.91
	0.5	18.004	12.35
	1.0	16.867	11.57

Яке аз марҳилаҳои муҳим дар таҳияи хӯлаҳои нав ва маҳсулоти онҳо метавонад дониш дар бораи хосиятҳо ва рафтори хӯлаҳо дар шароити гуногун, хусусан дар ҳарорати баланд ё паст ҳисобида шавад. Аксар вақт хӯлаҳое, ки ҳангоми баланд шудани (ё паст шудани) ҳарорат хосиятҳои физикавӣ - химиявӣ ва механикӣ доранд, метавонанд хусусиятҳои тамоман дигарро нишон диҳанд, аз ин рӯ, дар ин қисми кор мо параметрҳои термофизикии хӯлаҳо ва эталонро бо тағирёбии ҳарорат дар система таҳқиқ кардем.

Дар ин қисми кор, барои муайян кардани чунин хосияти хӯлаҳо ҳамчун иқтидори гармӣ, мо усулро гирифтем, ки ба қонуни олимони Нютон-Рихман мувофиқат мекунад ва амали калидии он муқоисаи шиддатнокии

раванди хунуккунӣ мебошад. Бояд гуфт, ки барои ин кор барои муқоиса намунаи истинод гирифта мешавад, ки нишондиҳандаҳои он хуб маълуманд, дар ин кор, барои мо хӯлаи алюминийи А5N (минбаъд эталон) ҳамчун эталон хизмат мекард.

Мувофиқи талаботи ин усул, намунаҳо бояд дарозии 30мм бо диаметри 16мм дошта бошанд. Пешакӣ дар намунаҳо сӯрохиҳоро парма кардан лозим аст, ки ба он термopара ворид карда мешавад. Барои муайян кардани иқтидори гармӣ бо ҳамаи намунаҳои таҳқиқшаванда амалҳои якхела гузаронида мешаванд, яъне намунаҳо дар дохили оташдон ба таъсири гармӣ дучор мешаванд, сипас ченкунӣ гузаронида мешавад. Ҳангоми ченкунӣ, барои ба даст овардани натиҷаҳои дуруст ва арзиши дақиқи тағирёбии ҳарорат риоя кардани ҳамаи миқдор вақт муҳим аст, зеро ин натиҷаҳо барои диаграммаҳо ва хулосаҳо дар бораи намунаи хунуккунии намунаҳо асос мешаванд.

Дар ҳолатҳои, ки шаклҳои намунаҳо аз рӯи бузургии майдони сатҳӣ (баробарии байни S_1 ва S_2), инчунин коэффитсиенти гармидиҳӣ ($\alpha_1 = \alpha_2$) мувофиқат мекунанд, пас бузургии заруриро бо формулаи зерин муайян кардан мумкин аст:

$$C_{p_2}^0 = C_{p_1}^0 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2} \quad (2)$$

аз ин ҷо $m_i = \rho_i V_i$ – вазни намунаи i (1...4);

$\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_i$ - суръати хунуккунии намуна дар ҳарорати муайян.

Барои фаҳмидани суръати хунуккунӣ бояд қачҳои хунуккуниро барои ҳар як хӯлаи омӯхташуда дар шакли график тасвир кард. Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқотҳои гузаронидашуда оид ба муайян кардани суръат, яъне шиддати хунуккунӣ, арзишҳои ба даст оварда шуданд, ки дар қачхатаҳо сохта шудаанд онҳо ба расми 2(а) асос ёфтаанд. Ҳарорат дар ин кор ҳар 0.1 К бо даврабандии 10 сония таҳқиқ карда мешавад. Азбаски ҳар як усул ва таҷҳизот дар андозагирӣ хатоӣ дорад, дар усули ин арзиш на бештар аз 4% - ро ташкил медиҳад. Дар таҳқиқоти худ мо тавонистем ба хатогии камтар ноил шавем, яъне тақрибан 1%. Ҳисобҳои зарурӣ бо истифода аз технологияи компютерӣ, барномаҳои махсус барои коркарди арзишҳои рақамӣ гузаронида мешаванд. Тасвирҳои графיקии пешниҳодшуда дар барномаи Sigma Plot сохта шудаанд. Коэффитсиенти коррелятсионии на он қадар муҳим арзиши на бештар аз 0.999 дорад.

Муодилаи (3) дар поён овардашуда имкон медиҳад, ки қачҳои хунуккунии намунаҳо (расми 2а).

$$T = a \cdot e^{-b\tau} + p \cdot e^{-k\tau} \quad (3)$$

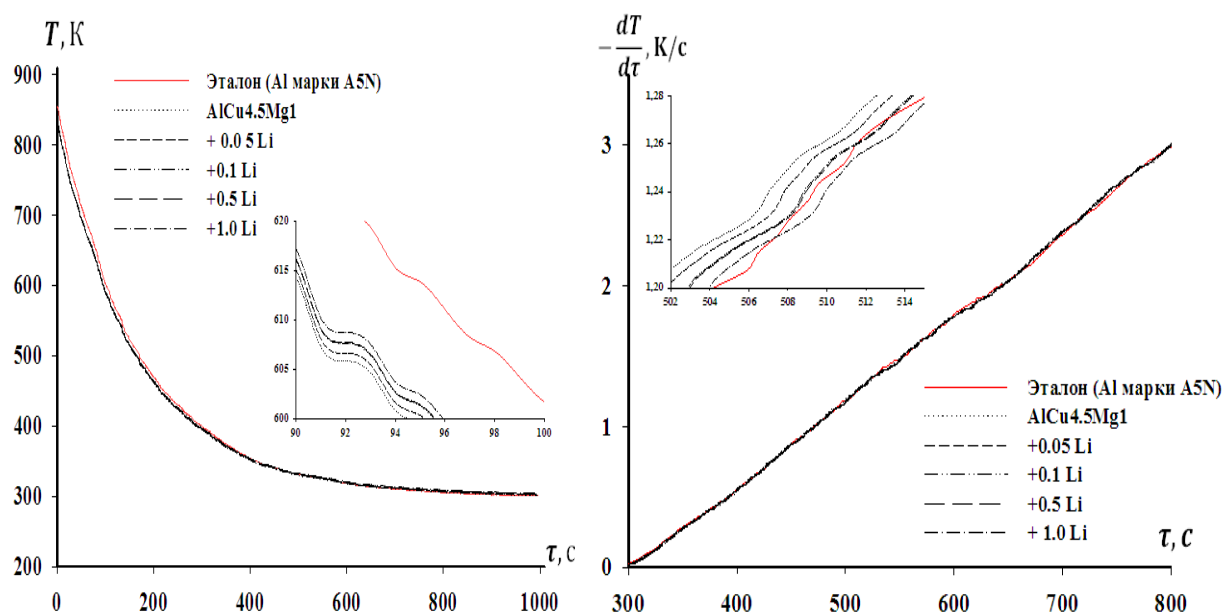
(a, b, p, k константа, τ давомнокии хунуккунӣ).

Суръати хунуккунии намунаҳои омӯхташударо бо истифода аз дифференсиали (4) аз вақти хунуккунӣ, ки муодилаи бадастомада ба даст овардааст, ҳисоб кардан мумкин аст.

$$\frac{dT}{d\tau} = -a \cdot b \cdot e^{-b\tau} - p \cdot k \cdot e^{-k\tau} \quad (4)$$

Қаҷхатаҳои суръати хунуккунӣ ҳарорати намунаҳои хӯлаи AlCu4.5Mg1+Li -ро дар расми 2 (б) дидан мумкин аст.

Арзишҳо (a, b, p, k, ab, pk) аз ин формула дар ҷадвали 2 дида мешаванд.



Расми 2 - Термограммаи (а) ва суръати хунуккунӣ вобаста ба ҳарорати (б) хӯлаи AlCu4.5Mg1+Li ва эталон

Ҷадвали 2 - Арзиши доимӣ аз формулаи (4) барои намунаҳои тафтишшуда

Миқдори литий дар хӯла, вазн. %	a , К	$b \cdot 10^{-2}$, $с^{-1}$	p , К	$k \cdot 10^{-4}$, $с^{-1}$	$a \cdot b$, $К \cdot с^{-1}$	$pk \cdot 10^{-3}$, $К \cdot с^{-1}$
0,0	517,43	0,61	312,89	0,45	3,17	1,41
0,01	517,43	0,61	313,69	0,45	3,17	1,41
0,1	517,43	0,61	314,69	0,45	3,17	1,41
0,5	517,43	0,61	314,79	0,45	3,17	1,41
1,0	517,43	0,61	315,79	0,45	3,17	1,41
Эталон	540,10	0,61	315,19	0,56	3,17	1,77

Сипас, аз рӯи арзишҳои шиддати хунуккунӣ, ки дар натиҷаи ҳисобҳо ва иқтидори гармии бо формулаи дуҷум ҳисобшуда ба даст оварда шудаанд, иқтидори гармии хоси ҳӯлаи AlCu4.5Mg1+Li -ро ҳисоб кардан мумкин аст. Дар ҷадвали 4 ва дар расми поён 3а арзишҳои ҳисобшудаи иқтидори гармӣ барои ҳӯлаҳое, ки таҳқиқ шудаанд, оварда шудаанд. Мувофиқи ин арзишҳо, иқтидори гармии ҳӯлаи алюминий AlCu4.5Mg1 ҳангоми пайваستшавии литийи металлӣ дар доираи 0,05-1,0 фоизи вазн меафзояд, ки онро дар расми 3а мушоҳида кардан мумкин аст. Регрессияи полиномӣ, ки гузаронида шуд, имкон дод, ки муодилае ба даст оварда шавад, ки бо он иқтидори гармӣ ва вобастагии онро аз ҳарорат тасвир кардан мумкин аст.

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (5)$$

Дар ҷадвали 3 рӯйхати пурраи арзишҳои доимӣ барои ҳӯлаҳои алюминийи AlCu4.5Mg1 бо иловаҳои Li, Na, K барои ҳисобҳо бо истифода аз муодилаи 5 оварда шудааст.

Ҷадвали 3 - Арзиши доимӣ аз формулаи (5) барои намунаҳои тафтишшуда

Миқдори Li дар намуна, вазн. %	$a,$ $q / (кг \cdot K)$	$b,$ $q / (кг \cdot K^2)$	$c \cdot 10^{-3},$ $q / (кг \cdot K^3)$	$d \cdot 10^{-5},$ $q / (кг \cdot K^4)$	Коэффитсиенти коррелятсионӣ R^2
0.0	676.6	0.97	-1.22	0.087	0.999
0.05	675.6	0.98	-1.22	0.087	0.999
0.1	675.7	0.98	-1.22	0.087	0.999
0.5	678.8	1.01	-1.22	0.087	0.999
1.0	680.9	1.06	-1.22	0.087	0.999
Эталон	690.4	1.01	-1.26	0.092	1.000

Ҷадвали 4 - Тағйирёбии иқтидори гармии хос аз арзиши ҳарорат ва мундариҷаи Li дар ҳӯлаи AlCu4.5Mg1 ва эталон

Миқдори литий дар ҳӯла, вазн. %	X, K					
	300	400	500	600	700	800
0.0	881.55	925.41	965.72	1007.72	1056.56	1117.52
0.05	882.91	927.56	968.67	1011.45	1061.11	1122.87
0.1	884.25	929.30	970.81	1013.99	1064.05	1126.21
0.5	894.97	941.26	983.34	1026.40	1075.63	1136.23
1.0	908.38	956.99	1000.72	1044.77	1094.37	1154.76
Эталон	903.71	949.57	991.96	1036.35	1088.22	1153.02

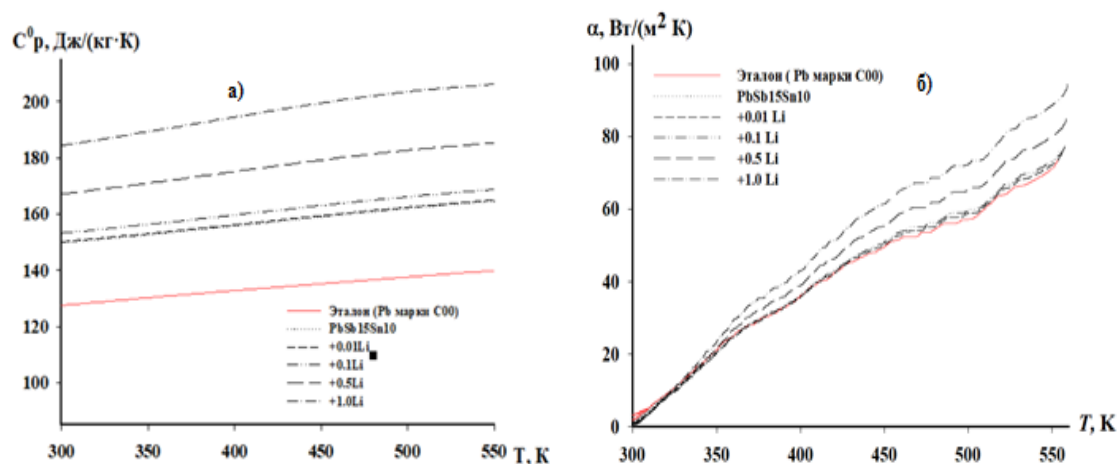
Бо муайян кардани суръати хунукшавии намунаҳо ва ҳисоб кардани иқтидори гармии онҳо, мо инчунин тавонистем коэффитсиенти гармидиҳии намунаҳои дорои Li-ро бо истифода аз муодилаи навъи зерин ҳисоб кунем:

$$\alpha = \frac{C_p^0 \cdot m \cdot \frac{dT}{dt}}{(T - T_0) \cdot S} \quad (6)$$

аз ин ҷо:

m - вазн, t - ҳарорати намуна, T_0 - ҳарорати муҳит, S - майдони сатҳӣ.

Дар асоси ҳисобҳои гузаронидашуда, ки барои муайян кардани вобастагии коэффитсиенти гармидиҳии ҳӯлаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ бо иловаҳои литий, бо тағйирёбии ҳарорат гузаронида шудаанд. Дар асоси маълумоти гирифташуда графикҳо дар расми 3 сохта шуданд. Аз рӯи ин графикҳо, вобастагии мустақим ба ҳарорат ва миқдори Li дар намунаҳо вучуд дорад, яъне бо афзоиши онҳо коэффитсиенти гармидиҳӣ ҳамзамон меафзояд.



Расми 3 - Қаҷхатаҳои вобастагӣ барои ҳӯлаҳои омӯхташуда:

а) иқтидори гармӣ ҳарорат; б) коэффитсиенти бозгашти гармӣ ҳарорат

Ҳангоми таҳқиқи параметрҳои ҳӯлаҳо ва хусусиятҳои термофизикии онҳо, арзишҳои нишондиҳандаҳои асосии система, яъне энергияи Гиббс, энтропия ва энталпияро муайян кардан лозим аст. Параметрҳои зикршудаи система бо истифода аз 7-9 ҳисоб карда шуданд. Минбаъд интеграл аз арзиши иқтидори гармии хос аз рӯи формулаи (2) ($T_0 = 298.15$ К) чунин намуни:

$$[H^0(T) - H^0(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (7)$$

$$[S^0(T) - S^0(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{b}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (8)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (9)$$

Арзишҳои натиҷаҳои тағйирёбии функцияҳои гармии хӯлаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ -ро дар ҷадвали 5 дидан мумкин аст. Аз натиҷаҳои бадастомада маълум мешавад, ки дар фосилаи омӯхташуда ҳангоми илова кардани литий ба хӯлаи параметрҳо ба монанди энталпия, энтропия ва иқтидори гармӣ афзоишро баробар нишон медиҳанд, дар муқоиса бо энергияи Гиббс, ки баръакс коҳиши миқдорҳоро нишон медиҳад, ки дар ин ҷадвал муфассал оварда шудааст.

Ҷадвали 5 - Тағйироти параметрҳои асосии термодинамикии хӯлаи алюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ ва меъер аз ҳарорат ва миқдори Li.

Миқдори литий вазн. %	$[H^0 \cdot (T) - H^0 \cdot (T_0^*)]$ кҶ/кг					
	T, K					
	300	400	500	600	700	800
0.0	1,63	92,03	186,59	285,23	388,36	496,95
0.05	1,63	92,20	187,02	285,99	389,54	498,62
0.1	1,63	92,36	187,37	286,58	390,40	499,79
0.5	1,65	93,52	189,76	290,22	395,25	505,72
1.0	1,67	95,01	192,91	295,16	402,05	514,39
Эталон	1,67	94,38	191,47	292,84	398,99	510,92
$[S^0 \cdot (T) - S^0 \cdot (T_0)],$ кҶ/(кг·К)						
0.0	0,0053	0,2651	0,4760	0,6557	0,8141	0,9594
0.05	0,0054	0,2657	0,4771	0,6574	0,8169	0,9625
0.1	0,0055	0,2661	0,4780	0,6587	0,8187	0,9647
0.5	0,0055	0,2695	0,4841	0,6671	0,8289	0,9763
1.0	0,0056	0,2737	0,4921	0,6784	0,8431	0,9929
Эталон	0,0056	0,2718	0,4883	0,6731	0,8365	0,9861
$[G^0 \cdot (T) - G^0 \cdot (T_0)],$ кҶ/кг						
0.0	-0,0050	-14,0552	-51,4363	-108,237	-181,901	-270,707
0.05	-0,0050	-14,0801	-51,5392	-108,477	-182,342	-271,413
0.1	-0,0050	-14,1032	-51,6286	-108,678	-182,693	-271,956
0.5	-0,0051	-14,2783	-52,2788	-110,051	-185,001	-275,364
1.0	-0,0052	-14,5007	-53,1173	-111,854	-188,074	-279,971
Эталон	-0,0052	-14,4126	-52,7591	-111,055	-186,691	-277,923

Арзишҳои ҳосилшудаи функцияҳои термофизикӣ ва термо-динамикӣ ва тағйирёбии онҳо дар натиҷаи ҷавҳаркунии металлҳои литий, натрий ва калий дар ҷадвали 6 оварда шудаанд. Ин маълумот аз қонуниятҳои тағйирёбии арзишҳои энтропияи энталпия ва энергияи Гиббс дар сурати

баланд шудани ҳарорат ва коҳиши нишондиҳандаҳои энергияи Гиббс шаҳодат медиҳад. Инчунин дар ин ҷадвал дида мешавад, ки арзишҳои аз ҳӯлаи литий гирифташуда нисбат ба ду ҳӯлаи дигар зиёдтаранд, ки ин нишон медиҳад, ки литий дар байни иловаҳо таъсири бештар дорад.

Ҷадвали 6 - Тағйир додани хосиятҳои термофизикии ҳӯлаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ дорой иловаҳои гуногун, бо афзоиши ҳарорат

T, K	$[H^0 \cdot (T) - H^0 \cdot (T_0)], \text{кҶ/кг}$			
	Концентрация иловагиҳо, вазн. %			
	0.0	1.0 Li	1.0 Na	1.0 K
300	1,63	1,67	1,63	1,63
400	92,03	95,01	92,54	91,87
500	186,59	192,91	187,93	186,23
600	285,23	295,16	287,66	284,51
700	388,36	402,05	392,15	387,18
800	496,95	514,39	502,36	495,18
$[S^0 \cdot (T) - S^0 \cdot (T_0)], \text{кҶ / (кг} \cdot \text{K)}$				
300	0,005	0,005	0,005	0,005
400	0,265	0,273	0,266	0,264
500	0,476	0,492	0,479	0,475
600	0,655	0,678	0,661	0,654
700	0,814	0,843	0,822	0,812
800	0,959	0,992	0,969	0,956
$[G^0 \cdot (T) - G^0 \cdot (T_0)], \text{кҶ / кг}$				
300	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
400	-14,054	-14,500	-14,124	-14,0315
500	-51,434	-53,117	-51,741	-51,3417
600	-108,236	-111,856	-108,972	-108,018
700	-181,903	-188,074	-183,265	-181,495
800	-270,709	-279,971	-272,917	-270,036

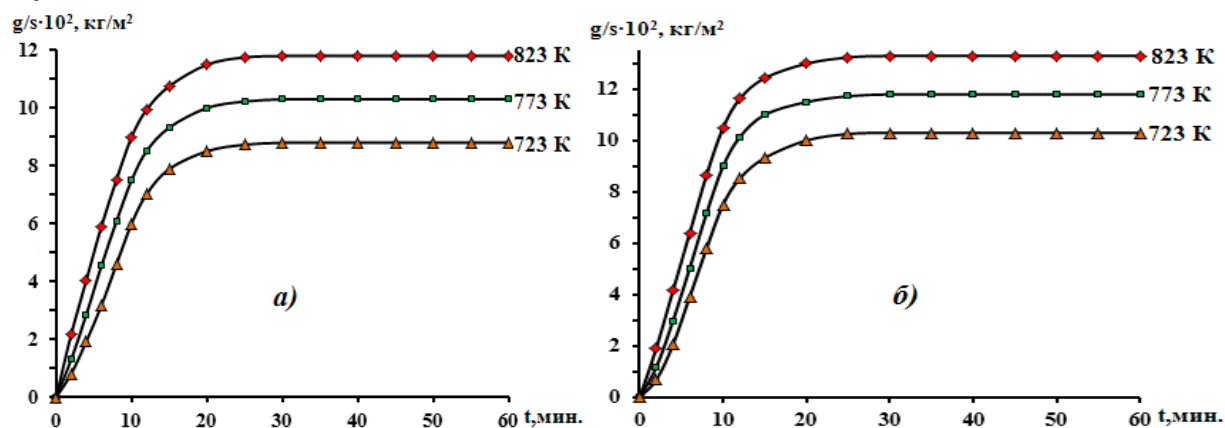
БОБИ 3. ТАҲҚИҚОТИ ТАҒЙИРЁБИИ КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХҲЛАИ АЛЮМИНИЙ $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ ДАР НАТИҶАИ ИЛОВА КАРДАНИ ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ.

Ин боб дар натиҷаи гузаронидани озмоишҳо оид ба таҳқиқи раванди оксидшавии намунаҳои дар асоси ҳӯлаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ бо иловаи Li, Na, K ба даст овардашударо дар бар мегирад. Ҳӯлаи таҳқиқшуда иловаҳои зикршударо дар ҳаҷми 0.05-1.0% дар бар мегирад.

Принципи асосии усули термогравиметрикӣ аз гузаронидани озмоишҳо дар ҳарорати баланд иборат аст, дар ин ҳолат намуна дар тигел, дар саҳти ҷойгир аст ва бо оксигени дар оташдон мавҷудбуда фаъолона ҳамкорӣ

мекунад. Дар расмҳои 4-7 ва ҷадвалҳои 7-8 натиҷаҳои ин корҳо дар шакли графикӣ ва ҷадвали оварда шудаанд.

Тавре ки дар расми 4 мушоҳида мешавад, бо оғози раванд ва 15-20 дақиқаи аввал афзоиши вазни намуна фаъолонро идома меёбад, сипас, тавре ки аз рӯи ҷадвал дида мешавад, сустшавии ин раванд ва мӯътадилшавӣ ба амал меояд.



Расми 4 - Ҷадвали тағйирёбии вазни аслии $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ (a), ва ҳамон хӯлаи, бо миқдори иловаи Li 0,05% (б).

Ҷадвали 7 - Арзишҳои параметрҳои раванди оксидшавии хӯлаҳо дар асоси $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ бо миқдори Li

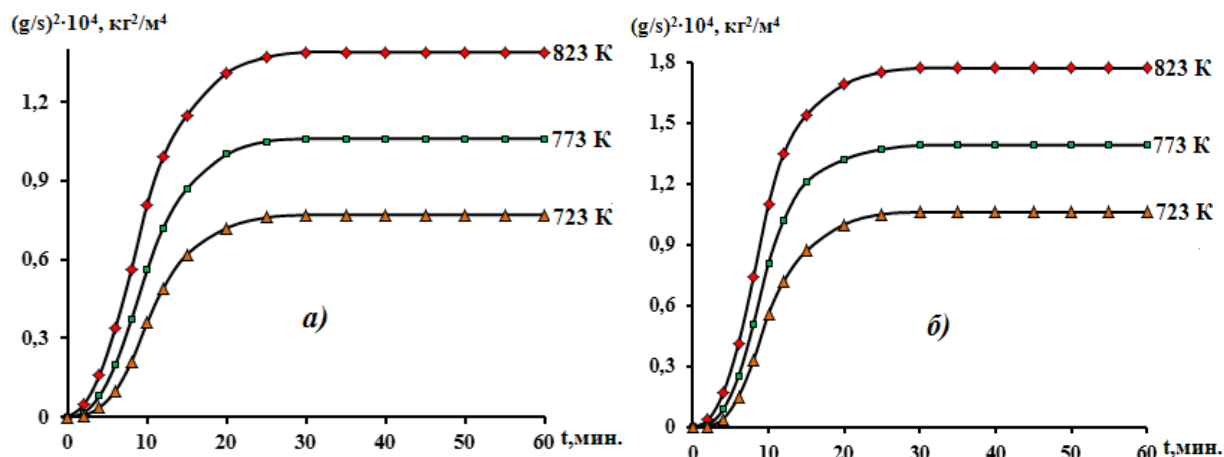
Миқдори Li дар хӯлаҳо, вазн. %	Ҳарорати гузаронидани оксидшавӣ, К	Суръати оксидшавӣ $\text{K} \cdot 10^4$, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	Энергияи фаъолсозӣ, kJ/mol
0.0	723	2,26	118,5
	773	2,45	
	823	2,73	
0.05	723	2,31	114,9
	773	2,50	
	823	2,77	
0.1	723	2,35	112,0
	773	2,54	
	823	2,81	
0.5	723	2,39	109,1
	773	2,58	
	823	2,85	
1.0	723	2,44	106,7
	773	2,62	
	823	2,89	

Дар бораи он, ки хусусияти раванди оксидшавӣ параболий нест, дар қачҳои кинетикии квадратӣ дида мешавад. Онҳо бо намуди

ғайримустақим тавсиф карда мешаванд. Полиномҳои ин қачҳо дар ҷадвали 8 оварда шудаанд ва метавон гуфт ки онҳо бо муодилаи:

$$y = k \cdot x^n, \quad (10)$$

Ки дар он n метавонад аз 1 то 4 арзиш дошта бошад.



Расми 5 - Қачхатҳои кинетикии квадратии таъсири оксидшавии хӯлаи таҳқиқшавандаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ (a), инчунин ҳамон хӯлаи бо иловаи 0.05% вазни Li (б).

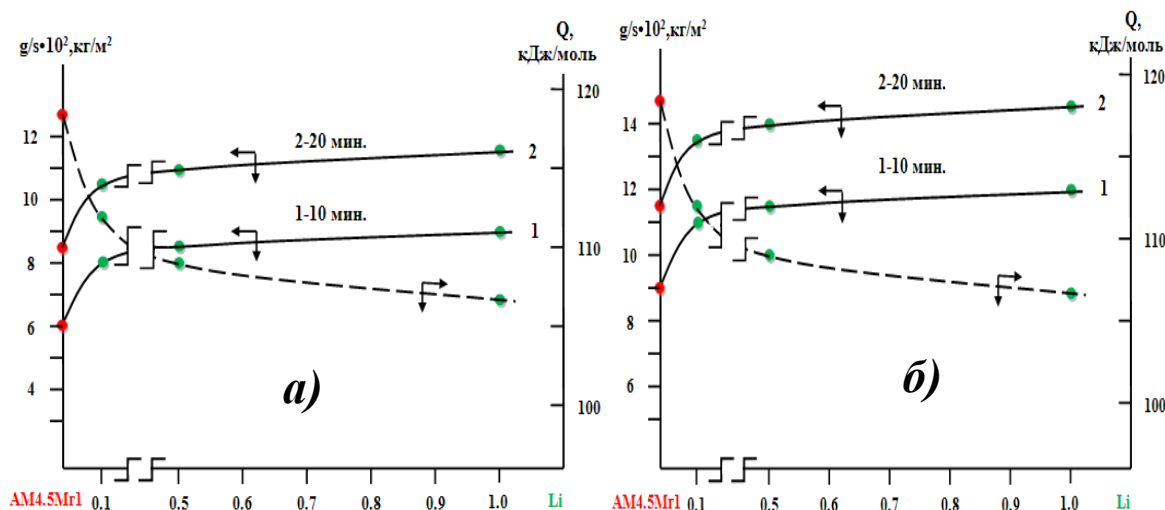
Ҷадвали 8 - Полиномҳои қачхатаҳои оксидшавии фазаи сахт $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ бо иловаҳои литийи металлӣ дар миқдори гуногун

Миқдори иловаи Li , вазн. %	Ҳарорати омӯзиш, К	Полиномҳои қачхатаҳои квадратӣ	Коэффитсиенти регрессия R^2
0.0	723	$m/s^* = -0,7 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,2 \cdot 10^{-3}t^3 - 2,11 \cdot 10^{-2}t^2 + 0,7584t^*$	0,983
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-3}t^4 + 0,5 \cdot 10^{-3}t^3 - 3,55 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,0238t$	0,991
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,9 \cdot 10^{-3}t^3 - 5,11 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,3014t$	0,997
0.05	723	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-1}t^4 + 0,3 \cdot 10^{-3}t^3 - 2,18 \cdot 10^{-2}t^2 + 0,9358t$	0,977
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-3}t^4 + 0,6 \cdot 10^{-3}t^3 - 4,18 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,1958t$	0,982
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-6}t^4 + 0,9 \cdot 10^{-3}t^3 - 5,75 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,4761t$	0,990
0.1	723	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-2}t^4 + 0,4 \cdot 10^{-3}t^3 - 3,22 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,0184t$	0,978
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-4}t^4 + 0,7 \cdot 10^{-3}t^3 - 4,77 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,2953t$	0,988
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-7}t^4 + 1,2 \cdot 10^{-3}t^3 - 6,74 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,6243t$	0,996
0.5	723	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-2}t^4 + 0,5 \cdot 10^{-3}t^3 - 3,53 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,0847t$	0,978
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,8 \cdot 10^{-3}t^3 - 5,18 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,3744t$	0,988
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-8}t^4 + 1,3 \cdot 10^{-3}t^3 - 7,14 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,703t$	0,995
1.0	723	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-2}t^4 + 0,5 \cdot 10^{-3}t^3 - 3,88 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,1613t$	0,976
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,9 \cdot 10^{-3}t^3 - 5,52 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,4497t$	0,987
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-8}t^4 + 1,3 \cdot 10^{-3}t^3 - 7,42 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,7679t$	0,995

m/s^* афзоиши намунаҳо дар вазн;

t^{**} давомнокии рафти оксидшавӣ.

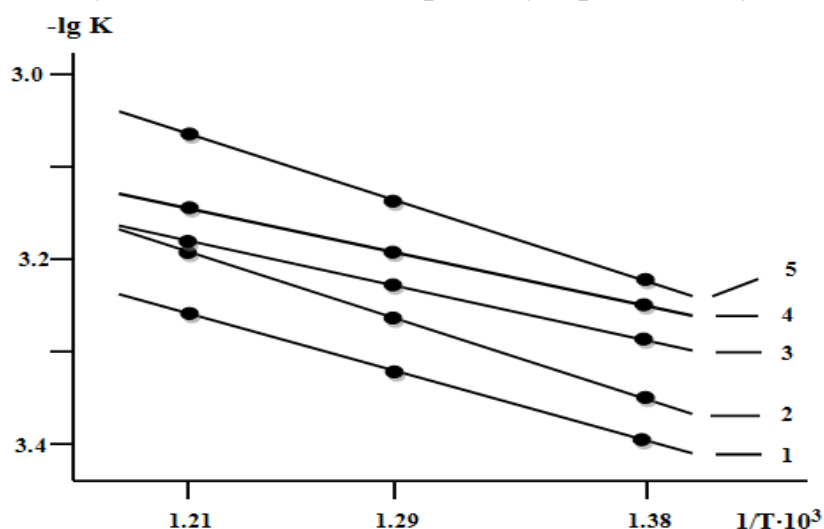
Дар зер, расми 6 дорои изохронҳои раванди оксидшавӣ мебошад.



Расми 6 - Изохронҳои оксидкунандаи ҳӯлаи AlCu4.5Mg1+Li дар шароити ҳарорати баланд: а-723 К Ва б-823 К.

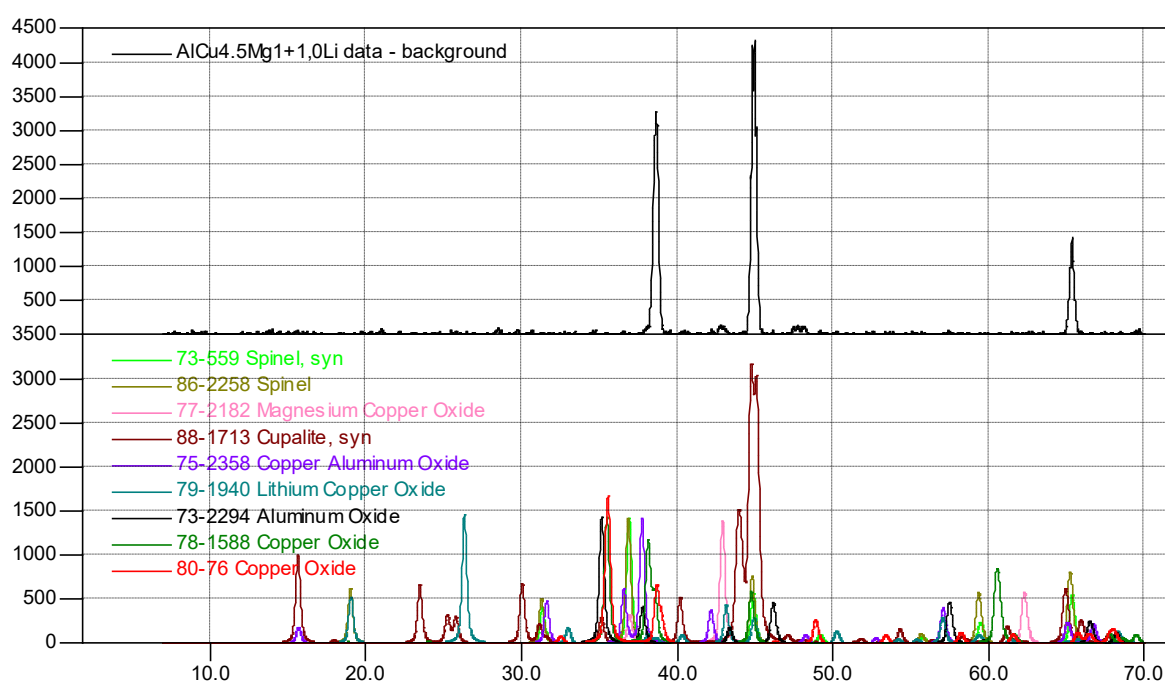
Дар рафти кор мушоҳида карда шуд, ки Li ба шиддати раванди оксидшавӣ таъсири мусбат мерасонад. Чунин намуна дар ҳарду ҳолат барои гузаронидани таҷрибаҳо аз рӯи давомнокӣ мушоҳида мешавад. Дар ҳолате, ки ҳарорат дар муҳити корӣ то 823 К (б) зиёд карда шуд, шиддати раванди оксидкунӣ боз ҳам намоёнтар шуд ва инчунин арзиши энергияи фаъолшавӣ коҳиш ёфт.

Дар расми ҳафтум вобастагии баръакси логарифми К Барои дуралюминии таҳқиқшуда оварда шудааст, ки бо 0.05-1.0 % вазни литий ҷавҳаронида шудааст, ки хусусияти росткунҷаро нишон медиҳад. Ҳисобҳои арзишҳои энергияи фаъолшавӣ бо истифода аз тангенсҳои гирифташуда аз кунҷи майли хатҳои рост гузаронида шуданд.



Расми 7 - Арзиши $-\lg K$ барои ҳӯлаи (1) AlCu4.5Mg1 ва ҳамон ҳӯлаи дорои литий дар он, вазн. %: 0,05(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5)

Бо истифода аз дифрактометри тамғаи Дрон 3, ки барои омӯзиши таркиб ва фазаҳо пешбинӣ шудааст, як қатор корҳо оид ба муайян кардани фазаҳое, ки дар намунаҳое мавҷуданд, ки аз раванди оксидшавӣ гузаштаанд, анҷом дода шуданд. Принципи кори дифрактометр дар он аст, ки намунаи дар ҳуҷайра ҷойгиршуда таҳлил карда мешавад ва натиҷаи бадастомада минбаъд бо штрих-кодҳои моддаҳо аз пойгоҳи додаҳо муқоиса карда мешавад. Фосилаи кунҷҳо барои омӯзиш аз 20 то 150 дараҷа буд. Натиҷаҳои ин таҳлил (расми 8) нишон доданд, ки дар таркиби маҳсулоти оксидшавии намунаҳо $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1 + \text{Li}$ чунин марҳилаҳо ошкор карда шудаанд: Al_2MgO_4 ; Al_2O_3 ; MgAl_2O_4 ; $\text{Mg}_{0.85}\text{Cu}_{1.15}\text{O}$; Li_2CuO_2 ; CuAlO_2 ; Cu_8O ; CuO .



Расми 8 - Натиҷаи таҳлили маҳсулоти оксидшавии алюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ навъи дуралюмин бо литий

Моддаҳое, ки дар натиҷаи ҳамкориҳои оксигени ҳаво ва намунаи тафтишшаванда ба вуҷуд меоянд, хусусиятҳои нишон намедиханд, ки барои пешгирии ҳаракати оксидшавӣ ба қарри намуна потенциали муҳофизатӣ дошта бошанд. Инчунин, ҳангоми таҳқиқот маълум шуд, ки литий ва инчунин баландшавии ҳарорат ба суръати ҷараёни раванди оксидшавӣ таъсири мусбат мерасонанд, ки ин ба тамомияти намуна таъсири манфӣ мерасонад.

Ҳамаи ҳулаҳо бо консентратсияи гуногуни иловагӣҳо озмоиш карда шуданд ва натиҷаҳои бадастомада дар ҷадвали 9 оварда шудаанд. Тағйироти арзишҳои энергияи фаъолшавӣ ҳангоми афзоиши

концентратсияи иловаҳо ба ҳӯлаи ибтидоӣ оварда шудааст. Маълум аст, ки дар байни се метале, ки ба ҳӯлаи аслии $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ илова карда шудаанд, литий арзиши бештари энергияи фаъолшавӣ дорад, сипас натрий меравад ва барои фаъол кардани раванд бо ҳӯлаҳои дорои калий камтар энергия сарф кардан лозим аст.

Ҷадвали 9 - Тағйирёбии миқдори энергияи фаъолшавии ҳӯлаҳо дар асоси $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ бо миқдори гуногуни металлҳои Li, Na, K.

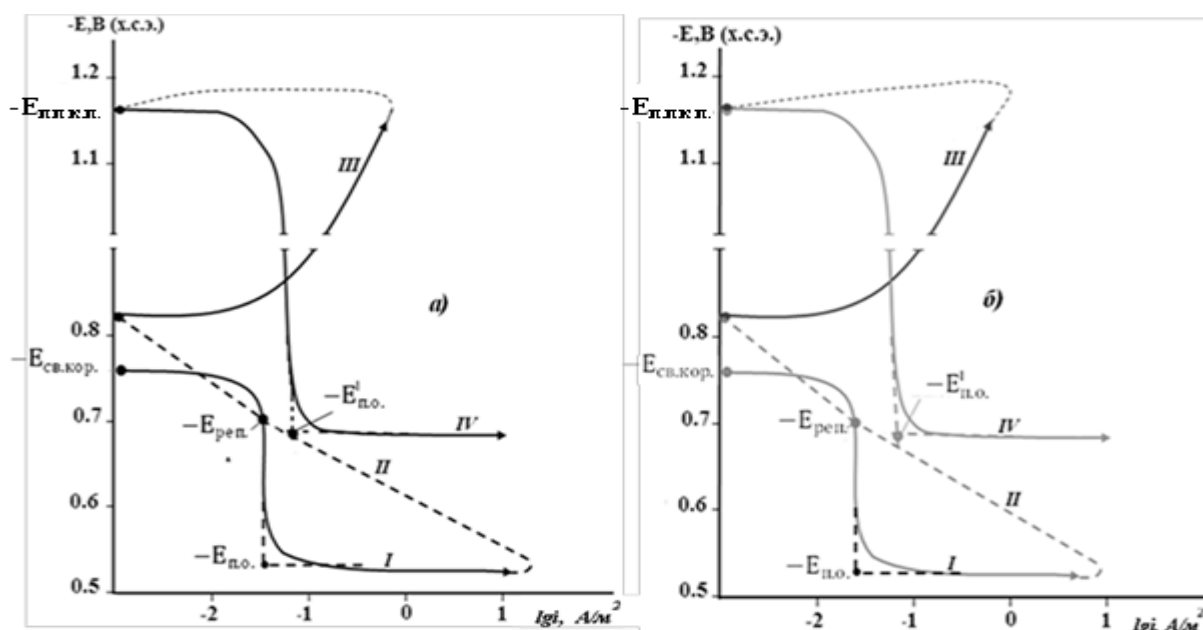
Илова ва миқдори он, вазн. %	Энергияи фаъолшавӣ (кҶ/моль)				
	Миқдори иловаҳо, вазн. %				
	0,0	0,05	0,1	0,5	1,0
Литий	178,0	170,3	159,7	142,2	120,8
Натрий	178,0	161,8	149,9	134,5	110,1
Калий	178,0	147,5	131,3	118,8	98,5

Дар натиҷаи корҳои таҷрибавӣ дар озмоишгоҳ ва ҳисобҳои анҷомдодашуда маълум шуд, ки суръати оксидшавии ҳӯлаи дорои элементи К дар таркиби худ ва камтар аз ҳама дар ҳӯлаи Li дар таркиби худ маълум аст. ва ҳӯлаи дорои N дар байни ин металлҳо дар сатҳи таъсир ба суръати оксидшавӣ ҷойгир аст. Аз ин рӯ, метавон гуфт, ки металлҳои иловакардаи мо ба муқовимати оксидшавии ҳӯла таъсири манфӣ мерасонанд.

БОБИ 4. БАЛАНД БАРДОШТАНИ ХОСИЯТҲОИ ЗИДДИ КОРРОЗИОНИИ ХҲЛАИ АЛЮМИНИЙИ $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$, БО ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ ҶАВҲАРОНИДА

Усули барои гузаронидани таҳқиқоти параметрҳои электрохимиявии ҳӯлаҳо истифодашуда яке аз дақиқтарин ва маъмултарин ҳисобида мешавад, ки дар бораи равандҳои гузашта тасаввуроти пурра медиҳад. Потенсиостат ки мо бренди ПИ 50 – 1-1 ро интихоб кардем ба шумо имкон медиҳад, ки хосиятҳои ҳӯлаҳоро бо усули потенцио-статистикӣ дар ҳолати потенциодинамика таҳқиқ кунед. Суръати зарурии паҳнкунии потенциал ба $1\text{-}2\text{ мВ}\cdot\text{с}^{-1}$ баробар буд. Таҷҳизоти ҳамроҳ ки раванди гузаронидани таҳқиқотро осон мекард ва дақиқро назорат мекард, барномасозии маркаи ПР-8 ва худнависии ЛКД(4) буд. Барои муқоисаи арзишҳо электроди аз маводи хлориди нуқра,

электроди ёрирасон аз платина интихоб карда шуд. Назорати ҳарорат дар дохили ҳуҷайра унсури муҳимтарини гузаронидани таҳқиқот мебошад. Арзиши он бо истифода аз термостат дар доираи 20°C шудааст. Дар расми 10 тасвири пурраи равандҳои гузашта оварда шудааст. Арзиши хлориди натрий дар маҳлули 3% массаро ташкил медиҳад. Поляризасияро ба тарафи мусбат то ба андозаи зичии ҷараёни $1\text{A}/\text{m}^2$ гузарониданд. Минбаъд дар самти баръакс ба арзишҳои потенциали $-1,2\text{V}$ поляризасия карда шуд, ки боиси он шуд, ки плёнкаи оксидӣ аз сатҳ ҳал мешавад. Марҳилаи ниҳой поляризатсия ба тарафи мусбат буд, ки дар натиҷа қачхатаҳои поляризатсияи анодӣ ба вуҷуд меоянд.



Расми 10 - Қачхатаҳои пурраи поляризасиони хӯлаи алюминий AlCu4.5Mg1 . Суръати паҳнкунӣ: а) $1\text{mV}/\text{s}$; б) $2\text{mV}/\text{s}$;

Дар раванди таҳқиқоти электрохимиявӣ бо ин усул чунин бузургҳои потенциалҳо муайян карда мешаванд: потенциали зангзании озод, репассиватсия, зангзании ва питтинг.

Муайян карда шуд, ки реаксияе, ки дар катод мегузарад, яъне раванди ионизатсияи оксиген назораткунанда аст. Арзиши ҷараёни коррозия бо назардошти андозаи доимӣ ($b_k = 0,12\text{V}$) ҳисоб карда шудааст, ки онро “Тафели” меноманд.

Барои муайян кардани суръати зангзании K муодилаи (11) истифода шудааст. Ҳангоми ҳисоб кардани он чунин арзишҳо ба монанди ҷараёни зангзании ($i_{\text{корр.}}$) ва арзиши эквиваленти электрохимиявӣ, онҳоро дар адабиёти махсус пайдо кардан мумкин аст.

$$K = i_{\text{кор}} \cdot k \quad (11)$$

Чадвалҳои 9-10 натиҷаҳои ҷамъбастии муайянкунии хосиятҳои электрохимиявии ҳулаи AlCu4.5Mg1 -ро бо иловаҳои Li , Na , K . Дар асоси ин маълумот, ҳангоми иловаи K , Li , Na , (0.05-1.0 вазн. Ҷоиз) нишондиҳандаҳо ба монанди репассиватсия, ҳолати питтингӣ ва зангзании озод ба самти афзоиш ҳаракат мекунад ва ба ин васила ба беҳтар шудани муқовимати зангзании маълумотҳои ҳулаи таҳқиқшуда оварда мерасонанд. Чунин таъсири иловагиро дар тамоми муҳитҳои барои таҳқиқот истифодашуда сабт шудааст.

Тавре, ки аз ҷадвали 10 дида мешавад, ҳангоми илова кардани металлҳо ба монанди Li , Na , K ба миқдори интиҳобкардаи мо, зичии ҷараён дар муҳити омӯхташуда коҳиш меёбад ва муҳимтар аз ҳама коҳиши суръати зангзании он мушоҳида мешавад. Мазмун иловагӣ баландтар бошад, суръати зангзанӣ камтар аст.

Ҷадвали 9 - Арзишҳои потенциалҳои зангзании озод ва ташаккули питтингҳо ҳангоми омӯзиш дар муҳити электролити NaCl дар ҳулаи алюминийи AlCu4.5Mg1 бо иловаҳо

Миқдор и NaCl дар муҳит	Миқдор и Li, Na ва K	иловаи Li		иловаи Na		иловаи K	
		-E _{кор. оз.}	-E _{Т. п.}	-E _{кор. оз.}	-E _{Т. п.}	-E _{кор. оз.}	-E _{Т. п.}
Вазн. %		В (х.н.э.)					
0,03	0,0	0.668	0.602	0.668	0.602	0.668	0.680
	0,05	0.657	0.593	0.640	0.580	0.627	0.652
	0,1	0.646	0.583	0.625	0.571	0.613	0.641
	0,5	0.632	0.574	0.611	0.562	0.600	0.630
	1,0	0.620	0.565	0.599	0.553	0.588	0.621
0,3	0,0	0.713	0.640	0.713	0.640	0.713	0.711
	0,05	0.699	0.630	0.684	0.620	0.672	0.680
	0,1	0.687	0.619	0.670	0.609	0.659	0.670
	0,5	0.675	0.610	0.657	0.600	0.645	0.661
	1,0	0.658	0.600	0.643	0.590	0.632	0.650
3,0	0,0	0.757	0.685	0.757	0.685	0.757	0.730
	0,05	0.741	0.674	0.731	0.666	0.720	0.700
	0,1	0.726	0.665	0.714	0.655	0.706	0.690
	0,5	0.711	0.653	0.700	0.645	0.691	0.680
	1,0	0.699	0.644	0.688	0.636	0.677	0.671

Ҷадвали 10 - Тағйир додани суръати зангзании хӯлаи алюминийи $\text{AlCu}_4.5\text{Mg}_1$ бо иловаҳои гуногун дар муҳити электролити NaCl

Миқдори Li, Na ва K, вазн. %		Муҳит NaCl , вазн. %					
		0.03%		0.3%		3.0%	
		$i_{\text{кор.}} \cdot 10^2$, A/M^2	$K \cdot 10^3$, $\text{г}/\text{M}^2 \cdot \text{с}$	$i_{\text{кор.}} \cdot 10^2$, A/M^2	$K \cdot 10^3$, $\text{г}/\text{M}^2 \cdot \text{с}$	$i_{\text{кор.}} \cdot 10^2$, A/M^2	$K \cdot 10^3$, $\text{г}/\text{M}^2 \cdot \text{с}$
0,0		4.6	15.41	5.1	17.08	5.6	18.76
Li	0,05	4.4	14.74	4.9	16.42	5.4	18.09
	0,1	4.2	17.08	4.7	15.74	5.2	17.43
	0,5	4.0	13.41	4.5	15.08	5.0	16.76
	1,0	3.8	12.74	4.3	14.40	4.8	16.08
Na	0,05	4.2	14.08	4.7	15.74	5.2	17.43
	0,1	4.0	13.41	4.5	15.08	5.0	16.76
	0,5	3.8	12.73	4.3	14.40	4.8	16.08
	1,0	3.6	12.07	4.1	13.74	4.6	15.42
K	0,05	4.0	13.40	4.5	15.08	5.0	16.76
	0,1	3.8	12.74	4.3	14.40	4.8	16.08
	0,5	3.6	12.07	4.1	13.74	4.6	15.42
	1,0	3.4	11.38	3.9	13.07	4.4	14.75

ХУЛОСАҶО

1. Бо таҳлили амиқи манбаъҳои адабӣ, қарор шуд, ки хӯлаи нав дар асоси $\text{AlCu}_4.5\text{Mg}_1$ синтез карда шавад. Бо илова кардани Li, Na, K раванди оксидшавӣ дар шакли саҳт, рафтори коррозионӣ-электрохимиявӣ, функсияҳои термодинамикӣ ва вобастагӣҳои онҳоро омӯхта, дар асоси ин таҳқиқотҳо хӯла барои истифода дар шароити агрессивӣ ва сарбории баланд ҳосил карда шавад.

2. Таҳқиқотҳо оид ба омӯзиши таъсири иловаҳои Li, Na, K ба микроструктураи хӯлаи ибтидоӣ гузаронида шуданд. Дар натиҷа, мушоҳида карда шуд, ки ҳангоми ворид кардани иловаҳои металлҳои зикршуда микроструктура тағироти назаррасро аз сар мегузаронад ва донатар мешавад, ки донаҳо нисбат ба хӯлаи аслии хурдтар мешаванд. Сипас озмоишҳо барои санҷиши устуворӣ ва сахтии хӯлаи гирифташуда ва муқоисаи арзишҳои онҳо бо маводи ибтидоӣ гузаронида шуданд. Ин таҷрибаҳо нишон доданд, ки иловаҳои то 1% Li, Na, K ба бад шудани ин параметрҳо оварда мерасонанд, яъне хӯлаи он камтар устувор ва камтар саҳт мешавад [5-М].

3. Таҷрибаҳо гузаронида шуданд, яъне ба мо имкон доданд, ки дар бораи хосиятҳои гармидиҳии физикӣ, ки ҳӯлаи нави синтезшударо нишон доданд, тасаввуроти пурра пайдо кунем. Яъне, маълум шуд, ки афзоиши ҳарорат дар муҳити корӣ боиси афзоиши иқтидори гармии намунаҳо мегардад. Афзоиши миқдори иловаҳо баръакс боиси кам шудани иқтидори гармӣ мегардад [1, 8-М].

4. Як қатор таҳқиқотҳои заруриро бо мақсади муайян кардани хосиятҳои термодинамикии ҳӯлаҳо гузарониданд. Маълумот ва ҳисобҳои гузаронидашуда қонуниятҳои муайяни тағиротро дар параметрҳо нишон доданд, масалан, ҳангоми гузариш аз ҳӯлаи Li ба ҳӯлаи Na, андозаи энталпия(H) ва энтропия(S) дар фосилаи концентратсияи таҳқиқшуда зиёд мешавад, дар ҳоле ки энергияи Гиббс(ΔG) коҳиш меёбад. Ҳамин тамоюл ҳангоми баланд шудани ҳарорат дар муҳити корӣ мушоҳида шудааст.

5. Таҳқиқоти ҷараёни оксидшавии ҳӯлаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ бо иловаҳои Li, Na, K гузаронида шуд. Мутобиқати қонуни гиперболикии раванди оксидшавӣ муайян карда шуд. Муайян карда шуд, ки дар натиҷаи илова кардани Li, Na, K арзишҳои энергияи фаъолшавӣ коҳиш меёбанд, яъне дар натиҷаи ҷавҳаркунӣ чунин хосияти ҳӯлаи ҳамчун муқовимат ба оксидшавӣ бад мешавад [4, 11-12-М].

6. Таҳқиқот барои муайян кардани марҳилаҳои дар намунаҳо мавҷудбуда пас аз раванди оксидкунӣ нишон дод, ки дар натиҷаи ҷавҳаркунии ҳӯлаи ибтидоӣ бо металлҳои Li, Na, K ва ба оксидшавӣ дучор шудани намуна, чунин марҳилаҳо ба вуҷуд меоянд: Al_2MgO_4 ; MgAl_2O_4 ; $\text{Mg}_{0.85}\text{Cu}_{0.15}\text{O}$; CuAlO_2 ; Li_2CuO_2 ; Al_2O_3 ; Cu_8O ; CuO MgAl_2O_4 ; $(\text{Al}_{0.94}\text{Mg}_{0.06})_2\text{O}_4$; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$; $(\text{Al}_{0.885}\text{Mg}_{0.115})_2\text{O}_4$; $\text{Mg}_{0.36}\text{Al}_{2.44}\text{O}_4$; CuAlO_2 ; $\text{Al}_{10.666}\text{O}_{16}$; Al_2O_3 ; Al_2CuO_4 ; CuAlO_2 ; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$; $\text{Al}_{10.38}\text{Mg}_{0.62}\text{K}_{1.62}\text{O}_{17}$; Cu_2O ; KO_3 .

7. Таҳқиқоти рафтори анодии ҳӯлаи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ бо иловаҳои Li, Na, K дар муҳити моеъи маҳлули хлориди натрий гузаронида шуд. Муайян карда шуд, ки иловаҳои номбаршуда ба устувории анодӣ таъсири хайриявӣ мерасонанд. Масалан, бо илова кардани як фоизи вазнӣ, устувории анодии ҳӯлаҳо 10 ба 15% афзоиш ёфт. Бояд қайд кард, ки хлорид ба шиддати зангзании маҳлули он таъсири мусбат мерасонад ва ба ин васила потенциалҳои омӯхташуда динамикаи манфиро нишон медиҳанд [2-3, 5, 9-10-М].

8. Таҳқиқоти озмоишии гузаронидашуда ба далелҳои аллакай маълум дар бораи хосиятҳои ин ҳӯлаҳо илова карда шуд. Ҳамин тавр, мо як қатор ҳӯлаҳои синтезшударо интихоб кардем, ки дар муқоиса бо

дигарон хусусиятҳои бештар доранд. Барои ин омехтаҳо шаҳодатномаи муаллифӣ, нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон бо рақами № TJ-1365 гирифта шудааст [7-М].

Тавсияҳо оид ба натиҷаи таҳқиқоти гузаронидашуда.

1. Бозёфтҳо дар натиҷаҳои амалиёти тадқиқотӣ метавонанд саҳифаҳои адабиётро пур кунанд, ки дар оянда тарҳрезӣ, ҳисоб ва эҷоди тафсилот муфид бошанд.

2. Дар асоси натиҷаҳои таҳқиқот, ки бо мақсади муайян кардани хусусиятҳои рафтори электрохимиявии ҳӯлаи алюминийи $AlCu_{4.5}Mg_1$ анҷом дода шудаанд, метавон хулоса кард, ки истифодаи онҳо барои истеҳсоли қисмҳо мувофиқ аст, ба ин васила ҳаҷми истеъмоли металлро коҳиш медиҳад ва аз нуқтаи назари иқтисодӣ самаранокии бештар ба даст меорад.

НАТИЧАҲОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ ДАР МАҚОЛАҲОИ ЗЕРИН ДАРҚ ЁФТААНД

**Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои илмӣ тавсияшудаи ҚОА назди
Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Федератсияи Русия нашр
шудаанд.**

[1-М]. Ганиев И.Н. Влияние добавок лития на теплоемкость и изменений термодинамических функций сплав $AlCu4.5Mg1$ типа дюралюмини / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Р.С. Шоназаров, У.Н. Файзуллоев // Вестник Санкт-Петербургского Государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2023. №3. С.141-147.

[2-М]. Ганиев И.Н. Влияние добавок лития на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$ типа дюралюмин / И.Н. Ганиев, А. Элмурод, Р.С. Шоназаров // Вестник Дангаринского государственного Университета. 2023. №3(25). С.136-148.

[3-М]. Ганиев И.Н. Влияние добавок калия на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$, в среде электролите $NaCl$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Р.С. Шоназаров, У.Н. Файзуллоев // Вестник Дангаринского государственного Университета. 2023. №1(23). С.117-129.

[4-М]. Абуали Э. Таъсири кинетикаи оксидшавии ҳулаи алюминий $AlCu4.5Mg1$, бо иловаи калий дар 0,05 то 1% дар ҳолати саҳт / Э. Абуали, И.Н. Ганиев, Хочаназаров Х.М, Абуллоҷонов С.Ҳ // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара. 2024 №2(28) С. 104-110.

[5-М]. Ганиев И.Н. Влияние добавок калия на анодное поведение алюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$ типа дюралюмин, в среде 0,3%-ного Электролита $NaCl$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Ходжаназаров Х.М. // Вестник филиала московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в город Душанбе серия естественных наук страна 2024 №3 (41) С. 55-62.

[6-М]. Ганиев И.Н. Таъсири иловаи калий ба ҳосиятҳои механикӣ ва микроструктураи ҳулаи алюминийи $AlCu4.5Mg1$ навъи дюралюминӣ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, С.З. Валиев, Х.М, Хочаназаров, Б.С. Сафаров // Кишоварз. Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шоҳтемур. Душанбе. 2024 №4(105). С. 85-89.

Ихтироот дар мавзӯи рисола:

[7-М]. Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон № Т J 1365. Ҳула дар асоси алюминий / Ганиев И.Н., Сафаров А.М., Абуали Э., Ҷаборов Б.Б., Шоназаров Р.С., Файзуллоев У.Н., Ганиева Н.И., Чайлоев Ҷ.Ҳ. // Афзалияти ихтироот аз 08.11.2022с. (санай бақайдгирии давлатӣ 07.04.2023с).

**Мақолаҳое, ки дар маводҳои конфронси байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ
нашр шудаанд:**

[8-М]. Ганиев И.Н. Влияние добавок лития на коэффициент теплоотдачи дюралюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Р.С. Шоназаров, У.Р. Файзуллоев, Н.И. Ганиева // Мат. Респ. научно-теор. конф. на тему: «Проблемы современной химии и состояния ее внедрения в учебный процесс», посв. «двадцатилетию изучения и развития естественных, точных, и математических наук в сфере науки и образования на 2020- 2040 годы», Дангаринского государственного университета, р. Дангара. 2022. С.7-11.

[9-М]. Ганиев И.Н. Анодное поведение свойства алюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$ с литием в среде водного раствора 0,03%-ного $NaCl$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Р.С. Шоназаров, У.Н. Файзуллоев // Мат. Респ. научно-практической конф. «Абурайхон Беруни – феномен Востока», посвященный объявлению 2020-2040 годов «Двадцатилетие изучения и развития естественных, точных и математических наук в области науки и образования» и 1050-летию выдающегося Восточного мыслителя А. Беруни. 2022г. С.109-113.

[10-М]. Ганиев И.Н. Исследование анодное алюминевого сплава $AlCu4.5Mg1$ типа дюралюмин с натрием в среде электролита 0,03%-ного $NaCl$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, У.Н. Файзуллоев // Конференсия илмӣ-амалии байналмилалӣ дар мавзӯи “робитаи самарбахши илм бо истеҳсолот дар раванди истифодаи васеи технологияҳои муосир асоси рушди инноватсионӣ ва технологии истеҳсолоти кишвар”. Дар ҳошияи амалишавии ҳадафҳои стратегии мамлакат ва 20 солаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, риёзӣ ва дақиқ барои солҳои 2020-2040. Кулоб. 28-29 феввали соли 2024. С. 86-88.

[11-М]. Ганиев И.Н. Таъсири кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи алюминийи $AlCu4.5Mg1$, бо иловаи натрий 0,05 то 1% дар ҳолати сахт // И.Н. Ганиев, Э. Абуали, У.Н. Файзуллоев. Х.М. Ходжаназаров // Конференсияи байналмилаи илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар робита бо раванди таҳсилот ва истеҳсолот” бахшида ба эълон гардидани солҳои 2020-2040 “Бистсолаи омӯзиши ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи алму маориф”. Данғара. 30 - апрел соли 2024. С. 111-118.

[12-М]. Ганиев И.Н. Таъсири кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи алюминийи $AlCu4.5Mg1$, бо иловаи литий 0,05 то 1% дар ҳолати сахт // И.Н. Ганиев, Э. Абуали, У.Н. Файзуллоев. Х.М. Ходжаназаров // Конференсияи байналмилаи илмӣ-амалӣ “Саноатикунонии рақамӣ ва рушди энергетикӣ аз нигоҳи олимону муҳақиқон” бахшида ба таҷлили Рӯзи илми тоҷик инчунин эълон гардидани солҳои 2020-2040 - “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф”. ДЭТ. 25 - апрел соли 2024. С. 205-210.

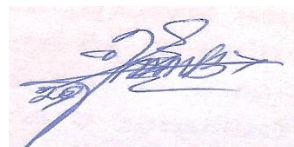
**ДАНГАРИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
ГНУ «ИНСТИТУТ ХИМИИ им. В.И. НИКИТИНА»**

УДК 615.011.4-034.89:546.62

ББК 34.4:34.23:303.2

Э-45

На правах рукописи



АБУАЛИ Элмурод

**ВЛИЯНИЕ ЛИТИЯ, НАТРИЯ И КАЛИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА
AlCu4.5Mg1 ТИПА ДЮРАЛЮМИН**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности
05.02.01 – Материаловедение
(05.02.01.02- машиностроительная промышленность)

Душанбе – 2025

Работа выполнена в Дангаринском государственном университете и в лаборатории «Коррозионностойкие материалы» ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана».

Научный руководитель: **Ганиев Изатулло Наврузович** – доктор химических наук, профессор, академик Национальной академии наук Таджикистана

**Официальные
оппоненты:**

Курбанов Амиршо Сохибназарович - доктор химических наук, доцент кафедры «Органическая и биологическая химия» Бохтарский государственный университета имени Насира Хусрава
Аминджони Гиесиддин - кандидат технических наук заведующий лабораторией «Переработки местного глиноземно-углеродного сырья» ГУ «Научно-исследовательский институт металлургии» ОАО «Таджикская алюминиевая компания»

Ведущая организация: Институт энергетики Таджикистана

Защита состоится «11» сентября 2025 г. в «9⁰⁰» часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-028 при Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими по адресу: 734063, г. Душанбе, ул. академиков Раджабовых, 10. E-mail: adliya69@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Таджикского технического университета им. М.С. Осими, www.ttu.tj

Автореферат разослан «__» _____ 2025 года

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук,
доцент



Бабаева А.Х.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Последнее время, уровень использования и соответственно потребности в алюминии в виде различных сплавов и композиционных материалов – значительно выросло. Это произошло прежде всего благодаря тому, что алюминиевые сплавы начали использовать там, где раньше применялись сплавы на основе железа. Следовательно, потребление алюминия в промышленности, в строительстве и в быту неуклонно растет, в то время как используемые ранее чугун и сталь теряют свои лидирующие положения.

Во всех отраслях промышленности можно найти детали и корпуса, изготовленные из алюминиевых сплавов. Особенно широко применяют алюминий и его сплавы в авиационной, автомобильной промышленности и тракторно-сельхозмашиностроении.

К изделиям из алюминиевых сплавов предъявляют высокие требования по надёжности и долговечности, механическим, физическим, и эксплуатационным свойствам, уровень и стабильность которых в значительной степени определяются содержанием в сплавах тех или иных легирующих компонентов и примесей.

Без поиска и разработки новых методов, составов сплавов, методов получения и обработки невозможно представить дальнейший прогресс как в технике, так и в целом в науке. В наше время к сплавам предъявляются все более и более высокие требования в выдерживаемых нагрузках, различных характеристик при использовании, и срока эксплуатации т.е. сохранении свойств в течении времени.

К такому типу материалов можно отнести и исследуемые в данной работе алюминиевые сплавы, в которые были добавлены в определенных концентрациях такие металлы как магний, медь и бериллий. Добавляемые металлы имеют некоторые преимущества над другими металлами в таких свойствах как легкость упругость и прочность. Следовательно, комбинируя заданными металлами мы можем найти оптимальный состав, который может дать улучшенные характеристики и удовлетворить потребности.

Рассмотрены в литературе данные о развитии и сложившемся к настоящему времени сортаменте конструкционных жаропрочных деформируемых алюминиевых сплавов систем Al-Cu, Al-Cu-Mg и Al-Cu-Mg-Ag, принципах их легирования.

Степень научной разработанности изучаемой проблемы. На сегодняшний день не существует единой теории, удовлетворительно описывающей структуру и свойства сплавов. Обзор литературы по влиянию

щелочных элементов показал, что данные о влиянии щелочных металлов на физико-химические и механические свойства алюминиевого сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$ типа дюралюминий отсутствуют.

При этом на первый план выходят экспериментальные исследования термодинамических и кинетических свойств алюминиевых сплавов, особенно данные об окислительных и коррозионных свойствах этих сплавов со щелочными металлами (литием, натрием, калием).

Данная научная работа посвящена исследованию влияния металлических добавок (лития, натрия, калия) на различные свойства алюминиевого сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$.

Так как в соответствующих источниках нам не удалось найти информацию о влиянии щелочных металлов на свойства сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$, было принято решение провести исследование, добавить щелочные металлы и определить уровень влияния этих металлов на свойства дюралюминия $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$. Результаты исследования могут предоставить полезную научную информацию и основу для разработки сплавов с улучшенными свойствами.

Связь исследований с программами, проектами и научными темами. Работа планируется в рамках Программы ускоренной индустриализации Республики Таджикистан на 2020-2025 годы, Программы среднесрочного развития Республики Таджикистан на 2021-2025 годы и др. Реализация этих программ обеспечит реализацию главного документа страны - Стратегии развития Республики Таджикистан на период до 2030 года, согласно которой Таджикистан перейдет от аграрно-индустриальной модели к индустриально-аграрной модели развития.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования: разработка, синтез сплавов с новым составом, которые показывают улучшение антикоррозионных свойств, в результате добавления металлов Li, Na, K в исходный сплав $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$.

Задачи исследования:

- Исследовать микроструктурное перестроение сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$ в связи с добавками металлов, и изменение механических параметров;
- Определить температурную зависимость значений теплоёмкости, а также влияние добавок Li, Na, K на основные термодинамические функции сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$;
- Изучить процессы, проходящие при высокотемпературном, твердофазном окислении сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$ с добавками Li, Na, K.

Определить механизмы, проходящие в течении окисления, а также её кинетику;

- Провести определяющую фазовый состав анализ, обозначить образовавшиеся в результате окисления вещества;

- Выявить зависимость анодных характеристик дуралюмина AlCu4.5Mg1 от содержания легирующих добавок Li, Na, K, а также влияние количества хлорид ионов в жидкой исследуемой среде;

Объект исследования: алюминиевый сплав AlCu4,5Mg1 типа дуралюминий с добавками лития, натрия и калия.

Предмет исследования: изучение влияния добавок лития, натрия и калия на физико-химические и механические свойства алюминиевого сплава типа дуралюминий AlCu4,5Mg1 .

Методы исследования: метод изучения теплостойкости образцов в режиме «охлаждение»; термогравиметрические, металлографические и рентгеноструктурные методы изучения кинетики окисления металлов и сплавов в твердом состоянии; Электрохимический метод исследования анодных свойств сплавов с использованием потенциостатического метода и импульсного потенциостата ПИ-50.1-1.

Научно-практическая новизна исследований:

- Было определено влияния добавок Li, Na, K на структуру и фазовые составляющие исходного сплава AlCu4.5Mg1 ;

- Проводив рентгенофазовый анализ было определено что в результате воздействия высоких температур образуются оксиды разного типа Al_2MgO_4 ; MgAl_2O_4 ; $\text{Mg}_{0.85}\text{Cu}_{0.15}\text{O}$; CuAlO_2 ; Li_2CuO_2 ; Al_2O_3 ; Cu_8O ; CuO ; MgAl_2O_4 ; $(\text{Al}_{0.94}\text{Mg}_{0.06})_2\text{O}_4$; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$; $(\text{Al}_{0.885}\text{Mg}_{0.115})_2\text{O}_4$; $\text{Mg}_{0.36}\text{Al}_{2.44}\text{O}_4$; CuAlO_2 ; $\text{Al}_{10.666}\text{O}_{16}$; Al_2O_3 ; Al_2CuO_4 ; CuAlO_2 ; $(\text{Mg}_{0.4}\text{Al}_{0.6})\text{Al}_{1.8}\text{O}_4$; $\text{Al}_{10.38}\text{Mg}_{0.62}\text{K}_{1.62}\text{O}_{17}$; Cu_2O ; KO_3 . Было определено каково влияние добавленных металлов на фазовый состав веществ образовавшихся после окисления;

- Было определено влияние Li, Na, K на твёрдость и расчётную прочность исходного сплава AlCu4.5Mg1 ;

- Установлена закономерность изменения основных теплофизических параметров сплава AlCu4.5Mg1 в результате проведения легирования такими металлами как Li-Na-K;

- Проведены опыты при высоких температурах для изучения закономерностей окислительного процесса в твёрдом виде. Определили влияние температуры в рабочей среде и объёма добавок на интенсивность и продолжительность процесса окисления;

• Были определены электрохимические потенциалы и значение концентрации добавок в изменении потенциалов. Определён сдвиг потенциалов при изменении объёма металлических добавок и концентрации хлорида в исследуемой среде.

Теоретическая и практическая значимость работы. В работе изложены теоретические аспекты исследования: изучение изменений микроструктуры, изменения твердости и расчетной прочности, теплопроводности и термодинамических функций, закономерности изменения коррозионно-электрохимических свойств, кинетики и процесса окисления алюминиевого сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$ с добавками щелочных металлов; Влияние среды исследования и количества добавок на коррозионную стойкость алюминиевого сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$.

Проведённые эксперименты и исследования позволили найти оптимальное содержание добавок (Li, Na, K) в исходном сплаве $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$, при которых коррозионные свойства исходного сплава улучшаются. Получен малый патент Республики Таджикистан на основе данной научной работы. В патентном ведомстве под номером №ТJ1365 (от 07.04.2023г.) зарегистрировано авторское право на синтезированные составы сплавов.

Основные положения для защиты:

- результаты исследования теплопроводности и термодинамических функций сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$ с Li, Na, K от температуры;
- механизм окисления сплава $\text{AlCu}_{4,5}\text{Mg}_1$ с добавками Li, Na, K и кинетические и энергетические параметры процесса их окисления. Результаты анализа состава продуктов окисления сплавов и значение образующихся соединений в процессе окисления;
- электрохимические свойства и изменение скорости коррозии исходного сплава с добавками Li, Na, K от количества легирующих добавок в жидкой среде электролита NaCl.
- предлагая сплав с определенным количеством добавок, который имеет самую низкую скорость окисления и высокую коррозионную стойкость, может использоваться в качестве материала протектора для защиты стальных конструкций от коррозии.

Степень достоверности и апробация исследования обеспечена современными методами исследования, качественным соответствием полученных результатов с известными имеющимся в литературе экспериментальными данными и теоретическими представлениями. Опыты проводились на приборах, прошедших аттестацию.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Результаты, полученные по итогу исследований, в том числе новизна полученных значений и синтезированные сплавы соответствуют следующим пунктам паспорта перечня специальностей ВАК при Президенте Республики Таджикистан по направлению специальности 05.02.01-Материаловедение (05.02.01.02 – машиностроительная промышленность):

пункт – 1. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальной взаимосвязи состава и структуры материалов с сочетанием физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий;

пункт – 2. В физико-химических и физико-механических процессах;

пункт – 3. Разработка научных основ выбора материалов для заданных свойств в конкретных условиях производства и применения изделий и конструкций;

пункт – 4. Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функционными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной стоимостью и экологической чистотой;

пункт – 10. Разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов в различных условиях эксплуатации.

Личный вклад соискателя степени в исследовании заключается в анализе литературных данных, в постановке и решении задач исследований, подготовке и проведении экспериментальных исследований в лабораторных условиях, анализе полученных результатов, в формулировке основных положений и выводов диссертации.

Апробация и реализация результатов диссертации. Работы доложены и обсуждены на следующих научных конференциях, симпозиумах и форумах: Мат. Респ. научно-теор. конф. на тему: «Проблемы современной химии и состояния ее внедрения в учебный процесс», посв. «двадцатилетию изучения и развития естественных, точных, и математических наук в сфере науки и образования на 2020-2040 годы», Дангаринского государственного университета (Дангара, 2022); Мат. Респ. научно-практ. конф. «Абурайхон Беруни – феномен Востока», посвященный объявлению 2020-2040 годов «Двадцатилетие изучения и развития естественных, точных и математических наук в области науки и образования» и 1050-летию выдающегося Восточного мыслителя А. Беруни (Дангара, 2022) и другие.

Публикации по теме диссертации. Результаты работы отражены в 11 научных публикациях, из которых 6 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Республики Таджикистан: «Вестник Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева», и 6 -статьи в материалах международных и республиканских конференций, а также получен малый патент Республики Таджикистан (№TJ1365 от 07.04.2023г.).

Структура и объем исследования. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав и приложения, изложена на 183 страницах компьютерного набора, включает 66 рисунков, 37 таблиц, 153 библиографических наименований.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Введение содержит логическое обоснование актуальности проведения исследовательских работ по данной теме. Поставлены конкретные цели и задачи, которые необходимо решить при исследованиях. Приведена информация про новизну данной работы, значимости теоретической части и практически проводимой части исследований, также приведены положения, которые приведены для защиты.

Первая глава в основном состоит из собранной информации про тему исследования и проведённой работы других учёных и их достижения. Приведена общая информация про исследуемый сплав, сферы, где он применяется, особенности в свойствах, которые проявляет дуралюмин при использовании в различных условиях и при исследовании в лабораторных условиях. Также приведена информация про исследования AlCu4.5Mg1 и изменения его коррозионных, тепло проводимых и других свойств при легировании различными добавками. Но отсутствуют исследования, в которых данный сплав был бы легирован такими металлами как литий, натрий и калий и была бы исследована закономерность влияния этих металлов на эксплуатационные и физико-химические свойства сплава AlCu4.5Mg1 .

ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА AlCu4.5Mg1 С ЛИТИЕМ, НАТРИЕМ И КАЛИЕМ.

Микроструктура материалов – это фактор, который имеет колоссальную роль в созидании свойств и проявлений материала. Изучение микроструктуры считается основным действием при синтезе новых материалов и сплавов. Добавляя новые компоненты в сплав, мы можем изменить его микроструктуру, и таким образом придать сплаву необходимые нам свойства. Также влиять на микроструктуру можно другими техническими методами, одним из таких методов – это термообработка, также в случае алюминиевых сплавов важны условия получения обработки охлаждения и другие параметры, которые

имеют прямое влияние на микроструктуру и, следовательно, на свойства. При исследовании микроструктуры и фазового состава необходимо определить соединения, которые существуют в сплаве, их количество и форму.

В данной работе с целью исследования микроструктуры сплава AlCu4.5Mg1 и влияние добавок Li , Na , K были получены сплавы определённого состава и из них методом литья получены образцы цилиндрической формы необходимого для исследования размера. Исследование проводили на современном оборудовании с соблюдением всех стандартов проведения научных работ, и в частности, работ с микроскопами светового типа.

При исследовании микроструктуры сплава AlCu4.5Mg1 с Li , Na , K стало понятно, что микроструктуры данного сплава представляет собой твёрдый раствор, в котором алюминий основной компонент, и в котором также существует эвтектическая фаза, объем которой прямо зависит от количества добавляемого компонента. А если точнее, то в случаях если сплав содержит небольшое количество Li , Na , K то в данном случае микроструктура имеет крупнозернистую структуру. Далее при повышении содержания уже наблюдается уменьшение зёрен, и микроструктура становится более однородной.

Так в случае добавки 1% масс. Li , Na , K имеет наибольшее влияние на микроструктуры, а среди перечисленных добавок Na больше других воздействует (рис.1).

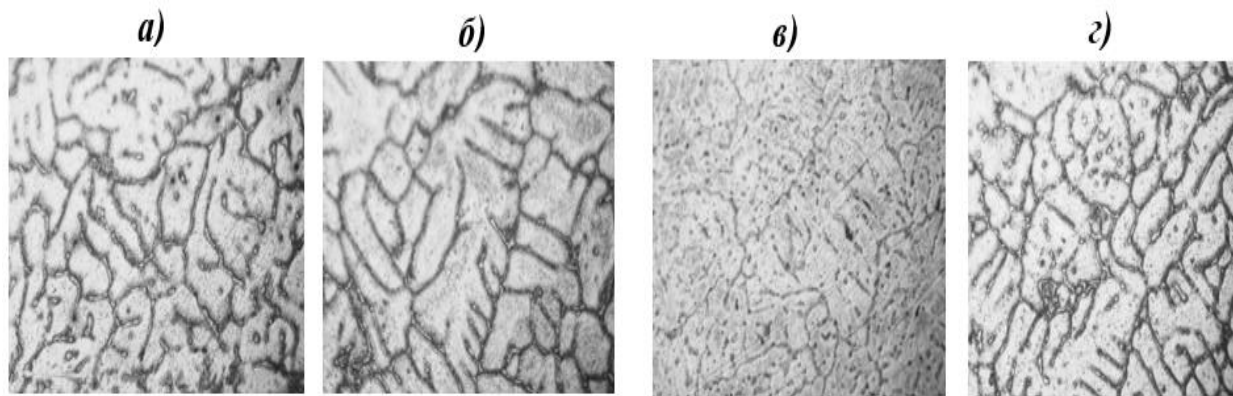


Рисунок 1 - Примеры микроструктуры исследованных образцов:

а) исходный сплав AlCu4.5Mg1 ; б) с Li ; в) с Na ; г) с K ;

Такие свойства металлов и сплавов как твёрдость, прочность, пластичность являются ключевыми при выборе сферы применения, их срок службы, и также надёжности деталей из этих материалов. Следовательно, изучение твёрдости и прочности сплавов, особенно синтезированных с различными добавками, важная часть любого исследования. В данной работе мы определили твёрдость используя классический метод, который широкой

используется для данных целей, это метод по Бринеллю используя прибор ТШ-2. Результаты приведены на табл. 1. Для проведения этих испытаний нами были получены образцы стандартной формы и размера (10x16 мм).

Существует способ, который с помощью расчётов позволяет получить значения прочности на основе результатов теста твёрдости по Бринеллю. Это можно реализовать с помощью следующей формулы:

$$\sigma_B = k * HB \quad (1)$$

Согласно данным из литературных источников для сплавов на основе алюминия «к» равняется 0.35. Полученные значения полностью приведены в 1 таблице. Эти значения говорят о том, что в образцах, в которых мы добавляли щелочные металлы, такие параметры как твёрдость и соответственно расчётная прочность показывали более худшие результаты относительно начального сплава. Эти данные имеют большую важность, и дальнейшие исследования и разработку деталей для промышленности необходимо проводить с учётом этих данных.

Таблица 1 - Результаты исследования образцов из сплава AlCu4.5Mg1 с Li, Na и K на твёрдость и прочность (расчетная).

Добавка, и её содержание в сплаве, масс. %		Твёрдость HB кгс/мм ²	Прочность МПа
0.0		22.861	15.70
Li	0.05	21.872	15.01
	0.1	19.431	13.33
	0.5	17.721	12.14
	1.0	16.292	11.18
Na	0.05	22.363	15.34
	0.1	20.940	14.37
	0.5	18.461	12.67
	1.0	17.544	12.04
K	0.05	22.127	15.18
	0.1	20.272	13.91
	0.5	18.004	12.35
	1.0	16.867	11.57

Одним из важных этапов при разработке новых сплавов и изделий из них можно считать знания о свойствах и поведении сплавов при различных условиях, особенно при высоких или низких температурах. Зачастую сплавы, которые имеют одни физико-химические и механические свойства при повышении (или понижении) температуры могут показывать совсем другие характеристики, поэтому в данной части работы мы исследовали

теплофизические параметры сплавов и их отклонения с изменениями температуры в системе.

В данной части работы, чтобы определить такое свойство сплавов как теплоёмкость, мы взяли метод, который согласуется с законом учёных Ньютон-Рихманн и ключевым действием которого является сравнение интенсивности процесса охлаждения. Необходимо сказать, что для данной работы для сравнения берётся эталонный образец, показатели которого хорошо известны, в данной работе, эталоном для нас служил алюминиевый сплав А5N (далее эталон).

Согласно требованиям этого метода, образцы должны иметь длину равную 30мм с диаметром 16мм. Заранее в образцах необходимо высверлить отверстия, в которое вставляется термopара. Для определения теплоёмкости проводят одинаковые действия со всеми исследуемыми образцами, а именно, образцы подвергают тепловому воздействию внутри печи, после, проводят замеры. При приведении измерений важно соблюдать одинаковое количество времени чтобы получить корректные результаты и точное значение температурного изменения, так как эти результаты становятся основой для построения графиков и умозаключений о закономерности охлаждения образцов.

В случаях, когда формы образцов совпадают по величине поверхностной площади (равенство между S_1 и S_2), а также коэффициент теплоотдачи ($\alpha_1 = \alpha_2$), то необходимую величину можно определить с помощью следующей формулы:

$$C_{p_2}^0 = C_{p_1}^0 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2} \quad (2)$$

отсюда $m_i = \rho_i V_i$ – масса образца i ($1 \dots 4$);

$\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_i$, - скорость охлаждения образца при определённой температуре.

Необходимо изобразить в виде графиков кривые охлаждения для каждого исследуемого сплава, чтобы узнать скорость охлаждения. По результатам проведённых исследований по определению скорости, то есть интенсивности охлаждения были получены значения, на основе которых на рис. 2(а) построены кривые. Температуру при данной работе исследовали каждые 0.1 К с периодичностью во времени равной 10 секундам. Так как любой метод и оборудование имеет погрешность в измерениях, в нашем методе это значение составляет не более 4%. В наших исследованиях мы смогли достичь меньшую погрешность, а именно около 1%. Необходимые расчёты проведены с использованием компьютерной технологии, специализированных программ для обработки числовых значений. А представленные графические изображения

построены на программе Sigma Plot. Не маловажный корреляционный коэффициент имеет значение равной не больше 0.999.

Приведённое ниже уравнение (3) даёт возможно представить кривые линии остужения образцов (рис. 2а).

$$T = a \cdot e^{-b\tau} + p \cdot e^{-k\tau} \quad (3)$$

(a, b, p, k - константа, τ - длительность охлаждения).

Скорость охлаждения изучаемых образцов можно рассчитать, применив дифференциал от (4) от времени охлаждения, получившимся уравнением.

$$\frac{dT}{d\tau} = -a \cdot b \cdot e^{-b\tau} - p \cdot k \cdot e^{-k\tau} \quad (4)$$

Кривые скорость охлаждения-температура образцов из сплава AlCu4.5Mg1+Li подвергшихся исследованию можно увидеть на рисунке 2 (б).

Значения (a, b, p, k, ab, pk) из данной формулы можно увидеть в таблице 2.

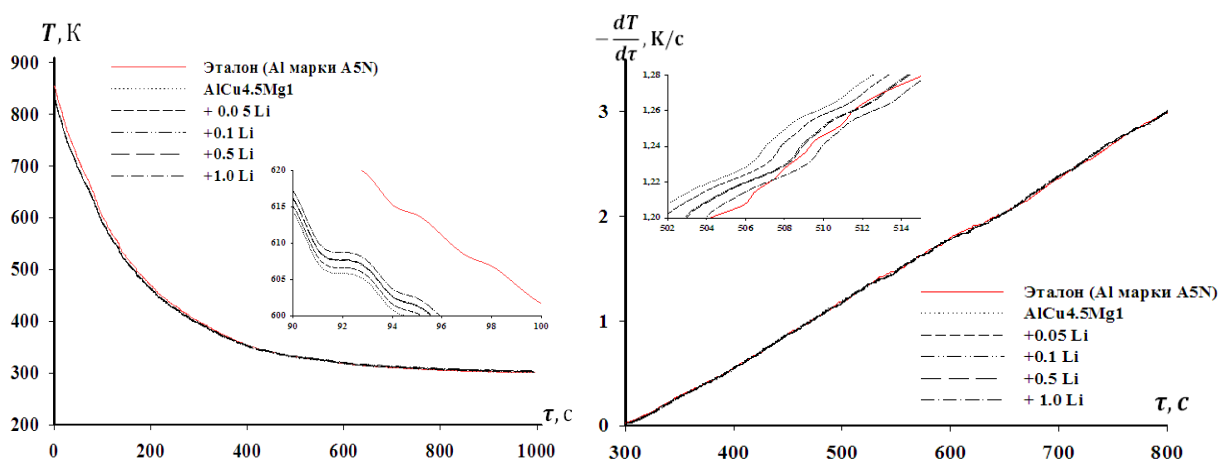


Рисунок 2 - Термограмма (а) и скорости охлаждения в зависимости от температуры (б) сплава AlCu4.5Mg1+Li и эталона

Таблица 2 - Значение постоянных из формулы (4) для исследованных образцов

Содержание лития в сплаве, масс. %	a , К	$b \cdot 10^{-2}$, c^{-1}	p , К	$k \cdot 10^{-4}$, c^{-1}	$a \cdot b$, $K \cdot c^{-1}$	$pk \cdot 10^{-3}$, $K \cdot c^{-1}$
0,0	517,43	0,61	312,89	0,45	3,17	1,41
0,01	517,43	0,61	313,69	0,45	3,17	1,41
0,1	517,43	0,61	314,69	0,45	3,17	1,41
0,5	517,43	0,61	314,79	0,45	3,17	1,41
1,0	517,43	0,61	315,79	0,45	3,17	1,41
Эталон	540,10	0,61	315,19	0,56	3,17	1,77

После, по значениям интенсивности охлаждения, которые были получены в результате расчётов и теплоёмкости, рассчитанной по второй формуле, можно рассчитать удельную теплоёмкость сплава $\text{AlCu4.5Mg1} + \text{Li}$. Ниже в таблице 4 и на рис.3а приведены расчётные значения теплоёмкости, для сплавов, которые были исследованы. Согласно данным значениям, теплоёмкость алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 возрастает при соединении металлического лития в пределах 0,05-1,0 массового процента, что можно заметить на рисунке 3а. Полиномам регрессия, которая была проведена, дала возможность получить уравнение, с помощью которого можно описать теплоёмкость и её зависимость от температуры.

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (5)$$

На табл.3 приведён полный перечень значений постоянных для сплавов на основе алюминия AlCu4.5Mg1 с добавками Li, Na, K необходимые для расчётов с помощью уравнения 5.

Таблица 3 - Значение постоянных из формулы (5) для исследованных образцов

Количество Li в образце, масс. %	a , Дж/(кг·K)	b , Дж/(кг·K ²)	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/(кг·K ³)	$d \cdot 10^{-5}$, Дж/(кг·K ⁴)	Кореляционный коэффициент R ²
0.0	676.6	0.97	-1.22	0.087	0.999
0.05	675.6	0.98	-1.22	0.087	0.999
0.1	675.7	0.98	-1.22	0.087	0.999
0.5	678.8	1.01	-1.22	0.087	0.999
1.0	680.9	1.06	-1.22	0.087	0.999
Эталон	690.4	1.01	-1.26	0.092	1.000

Таблица 4 - Изменение удельной теплоёмкости от значения температуры и содержания Li в сплаве AlCu4.5Mg1 и эталона.

Содержание лития в сплаве, масс. %	T, K					
	300	400	500	600	700	800
0.0	881.55	925.41	965.72	1007.72	1056.56	1117.52
0.05	882.91	927.56	968.67	1011.45	1061.11	1122.87
0.1	884.25	929.30	970.81	1013.99	1064.05	1126.21
0.5	894.97	941.26	983.34	1026.40	1075.63	1136.23
1.0	908.38	956.99	1000.72	1044.77	1094.37	1154.76
Эталон	903.71	949.57	991.96	1036.35	1088.22	1153.02

Определив скорость, с которой образцы охлаждаются и рассчитав их теплоёмкость, мы смогли рассчитать также коэффициент теплоотдачи

образцов содержащих Li с помощью уравнения следующего типа:

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

Отсюда:

m-масса, T-температура образца, T_0 -температура среды, S-поверхностная площадь

На основе проведённых расчётов, которые были проведены чтобы определить зависимость коэффициента теплоотдачи сплава AlCu4.5Mg1 с добавками лития, с изменением температуры. На основе полученных данных были построены графики на рис. 3. Судя по этим графикам, существует прямая зависимость от температуры и количества Li в образцах, то есть с их ростом одновременно растёт и коэффициент теплоотдачи.

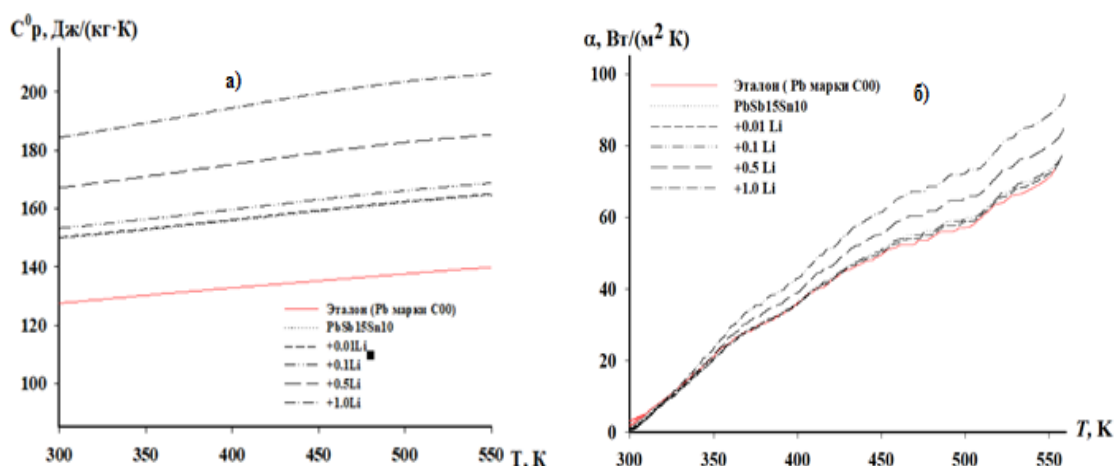


Рисунок 3 - Кривые зависимостей для исследованных сплавов:

а) теплоёмкость-температура; б) коэффициент-тепловой отдачи температура

В ходе исследования параметров сплавов и их теплофизических характеристик, необходимо определить значения ключевых показателей системы, а именно энергию Гиббса, энтропию и энтальпию. Указанные параметры системы были рассчитаны с использованием 7-9. Далее были интеграл от значения удельной теплоёмкости по формуле (2) ($T_0 = 298.15$ K) принял такой вид:

$$[H^0(T) - H^0(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (7)$$

$$[S^0(T) - S^0(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{b}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (8)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (9)$$

Значения полученных результатов изменения термодинамических функций сплава AlCu4.5Mg1 можно увидеть на табл. 5. По полученным результатам видно, что в изученном интервале при добавлении лития в сплав такие параметры как

энтальпия энтропия и теплоёмкость равномерно показывают увеличение, в отличии от энергии Гиббса которая, наоборот, показывает снижение величин, что подробно приведено в этой таблице.

Полученные значения теплофизических и термодинамических функций и их изменения в результате легирования металлами литий калий и натрий приведены в таблице 6. Эти данные свидетельствует о закономерности изменения значений энтропии энтальпии и энергии Гиббса в случае роста температуры, и снижение показателей энергии Гиббса. Также по этой таблице видно, что значения, полученные у сплавов с литием больше, чем у двух других сплавов, что говорит о том, что литий имеет большее влияние среди добавок.

Таблица 5 - Изменения основных термодинамических параметров алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 и эталона от температуры и содержания Li.

Содержание лития масс. %	$[H^0 \cdot (T) - H^0 \cdot (T_0^*)]$ кДж/кг					
	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
0.0	1,63	92,03	186,59	285,23	388,36	496,95
0.05	1,63	92,20	187,02	285,99	389,54	498,62
0.1	1,63	92,36	187,37	286,58	390,40	499,79
0.5	1,65	93,52	189,76	290,22	395,25	505,72
1.0	1,67	95,01	192,91	295,16	402,05	514,39
Эталон	1,67	94,38	191,47	292,84	398,99	510,92
$[S^0 \cdot (T) - S^0 \cdot (T_0)],$ кДж/(кг·К)						
0.0	0,0053	0,2651	0,4760	0,6557	0,8141	0,9594
0.05	0,0054	0,2657	0,4771	0,6574	0,8169	0,9625
0.1	0,0055	0,2661	0,4780	0,6587	0,8187	0,9647
0.5	0,0055	0,2695	0,4841	0,6671	0,8289	0,9763
1.0	0,0056	0,2737	0,4921	0,6784	0,8431	0,9929
Эталон	0,0056	0,2718	0,4883	0,6731	0,8365	0,9861
$[G^0 \cdot (T) - G^0 \cdot (T_0)],$ кДж/кг						
0.0	-0,0050	-14,0552	-51,4363	-108,237	-181,901	-270,707
0.05	-0,0050	-14,0801	-51,5392	-108,477	-182,342	-271,413
0.1	-0,0050	-14,1032	-51,6286	-108,678	-182,693	-271,956
0.5	-0,0051	-14,2783	-52,2788	-110,051	-185,001	-275,364
1.0	-0,0052	-14,5007	-53,1173	-111,854	-188,074	-279,971
Эталон	-0,0052	-14,4126	-52,7591	-111,055	-186,691	-277,923

Таблица 6 - Изменение теплофизических свойств сплава AlCu4.5Mg1 содержащего различные добавки, с ростом температуры

T, К	$[H^0 \cdot (T) - H^0 \cdot (T_0)]$, кДж/кг			
	Концентрация добавок, масс.%			
	0.0	1.0 Li	1.0 Na	1.0 K
300	1,63	1,67	1,63	1,63
400	92,03	95,01	92,54	91,87
500	186,59	192,91	187,93	186,23
600	285,23	295,16	287,66	284,51
700	388,36	402,05	392,15	387,18
800	496,95	514,39	502,36	495,18
$[S^0 \cdot (T) - S^0 \cdot (T_0)]$, кДж / (кг•К)				
300	0,005	0,005	0,005	0,005
400	0,265	0,273	0,266	0,264
500	0,476	0,492	0,479	0,475
600	0,655	0,678	0,661	0,654
700	0,814	0,843	0,822	0,812
800	0,959	0,992	0,969	0,956
$[G^0 \cdot (T) - G^0 \cdot (T_0)]$, кДж / кг				
300	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005
400	-14,054	-14,500	-14,124	-14,0315
500	-51,434	-53,117	-51,741	-51,3417
600	-108,236	-111,856	-108,972	-108,018
700	-181,903	-188,074	-183,265	-181,495
800	-270,709	-279,971	-272,917	-270,036

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА AlCu4.5Mg1 В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОБАВЛЕНИЯ НАТРИЯ ЛИТИЯ И КАЛИЯ.

Данная глава содержит полученные результаты вследствие проведения опытов по исследованию окислительного процесса образцов, полученных на основе сплава AlCu4.5Mg1 с добавлением Li, Na, K. Исследованные сплавы содержали указанные добавки в размере 0,05-1.0%.

Основной принцип термогравиметрического метода заключается в проведении опытов при высоких температурах, образец при этом находится в тигле, в твёрдом и активно взаимодействует с находящимся в печи

кислородом. На рисунках 4-7 и таблицах 7-8 приведены результаты этих работ в графическом и табличном виде.

Как можно заметить по рисунку 4, с началом процесса и первые 15-20 минут рост массы образца идёт активно, далее, как по графику видно, идёт замедление данного процесса и происходит стабилизация.

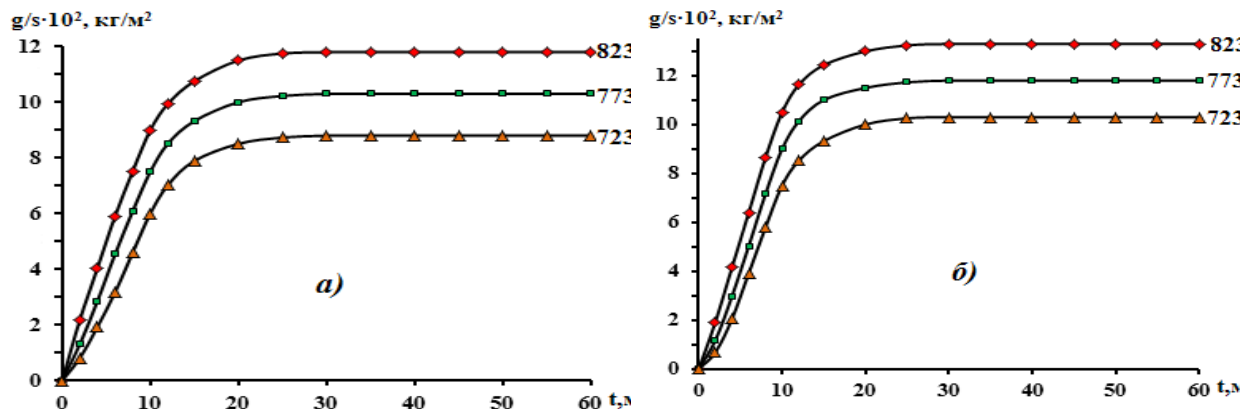


Рисунок 4 - График изменения привеса исходного AlCu4.5Mg1 (а), и этого же сплава, с содержанием добавки Li 0,05 % (б).

Таблица 7 - Значения параметров окислительного процесса сплавов на основе AlCu4.5Mg1 с содержанием Li

Концентрация Li в сплавах, масс. %	Температура проведения окисления, К	Скорость окисления $K \cdot 10^4$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Энергия активации, кДж/моль
0.0	723	2,26	118,5
	773	2,45	
	823	2,73	
0.05	723	2,31	114,9
	773	2,50	
	823	2,77	
0.1	723	2,35	112,0
	773	2,54	
	823	2,81	
0.5	723	2,39	109,1
	773	2,58	
	823	2,85	
1.0	723	2,44	106,7
	773	2,62	
	823	2,89	

О том, что характер окислительного процесса является не параболическим, видно по квадратичным кинетическим кривым. Они

характеризуются непрямолинейным видом. Полиномы этих кривых приведены в табл. 8 и можно сказать, что они описываются уравнением:

$$y = k \cdot x^n, \quad (10)$$

Где n может иметь значение от 1 до 4.

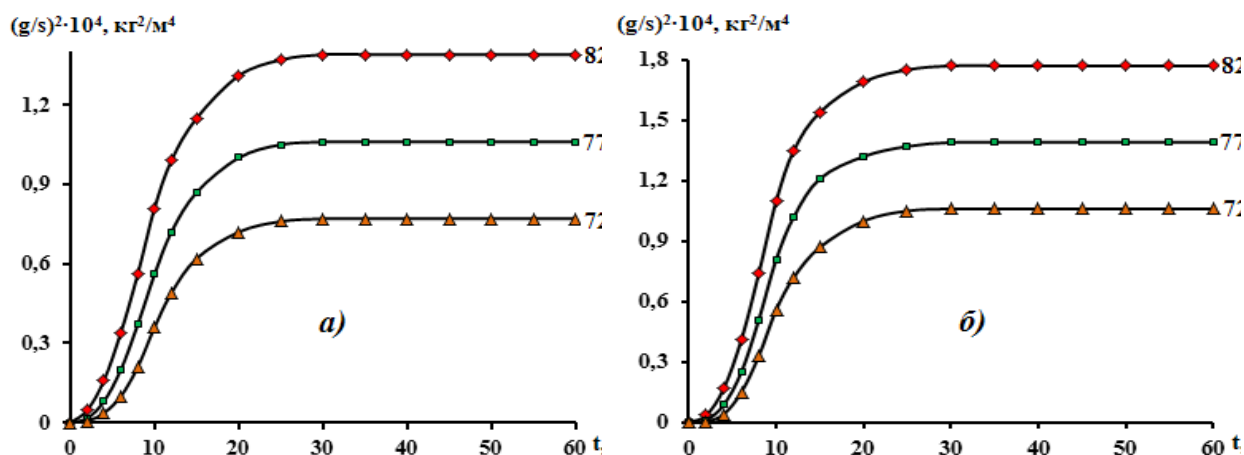


Рисунок 5 - Квадратичные кинетические кривые окислительного воздействия исследуемого сплава AlCu4.5Mg1 (а), а также этого же сплава с добавкой 0.05% масс. Li (б).

Таблица 8 - Полиномы кривых твердофазного окисления AlCu4.5Mg1 с добавками металлического лития в различной концентрации.

Концентрация добавок Li, масс. %	Температура исследования, К	Полиномы квадратичных кривых	Коэффициент регрессии R^2
0.0	723	$m/s^* = -0,7 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,2 \cdot 10^{-3}t^3 - 2,11 \cdot 10^{-2}t^2 + 0,7584t^*$	0,983
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-3}t^4 + 0,5 \cdot 10^{-3}t^3 - 3,55 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,0238t$	0,991
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,9 \cdot 10^{-3}t^3 - 5,11 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,3014t$	0,997
0.05	723	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-1}t^4 + 0,3 \cdot 10^{-3}t^3 - 2,18 \cdot 10^{-2}t^2 + 0,9358t$	0,977
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-3}t^4 + 0,6 \cdot 10^{-3}t^3 - 4,18 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,1958t$	0,982
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-6}t^4 + 0,9 \cdot 10^{-3}t^3 - 5,75 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,4761t$	0,990
0.1	723	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-2}t^4 + 0,4 \cdot 10^{-3}t^3 - 3,22 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,0184t$	0,978
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-4}t^4 + 0,7 \cdot 10^{-3}t^3 - 4,77 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,2953t$	0,988
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-7}t^4 + 1,2 \cdot 10^{-3}t^3 - 6,74 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,6243t$	0,996
0.5	723	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-2}t^4 + 0,5 \cdot 10^{-3}t^3 - 3,53 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,0847t$	0,978
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,8 \cdot 10^{-3}t^3 - 5,18 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,3744t$	0,988
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-8}t^4 + 1,3 \cdot 10^{-3}t^3 - 7,14 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,703t$	0,995
1.0	723	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-2}t^4 + 0,5 \cdot 10^{-3}t^3 - 3,88 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,1613t$	0,976
	773	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,9 \cdot 10^{-3}t^3 - 5,52 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,4497t$	0,987
	823	$m/s = -0,6 \cdot 10^{-8}t^4 + 1,3 \cdot 10^{-3}t^3 - 7,42 \cdot 10^{-2}t^2 + 1,7679t$	0,995

m/s^* - прирост образцов в весе;

t^{**} - длительность хода окисления.

Ниже, рисунок 6 содержит изохронны окислительного процесса.

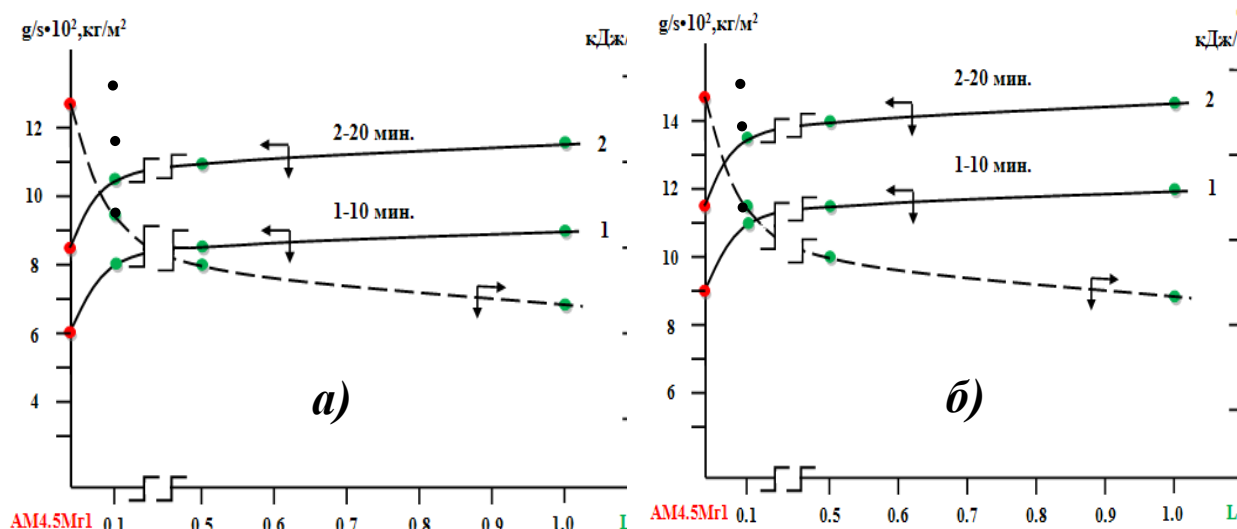


Рисунок 6 - Окислительные изохронны сплавов $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1+\text{Li}$ при условиях высоких температур: а-723 К и б-823 К.

В ходе проведения работы было замечено, что Li положительно влияет на интенсивность процесса окисления. Такая закономерность наблюдается в обоих случаях проведения опытов по длительности. В случае, когда температура в рабочей среде была увеличена до 823 К (график б) интенсификация окислительного процесса стала ещё заметнее, а также произошло сокращение значения энергии активации.

На седьмом рисунке приведена зависимость обратного от логарифма K для исследованного дуралюмина, который легирован 0.05 – 1.0 массовым процентом литием, которая показывает прямолинейный характер. Расчёты значений энергии активации проводили, используя взятые тангенсы из угла наклона прямых.

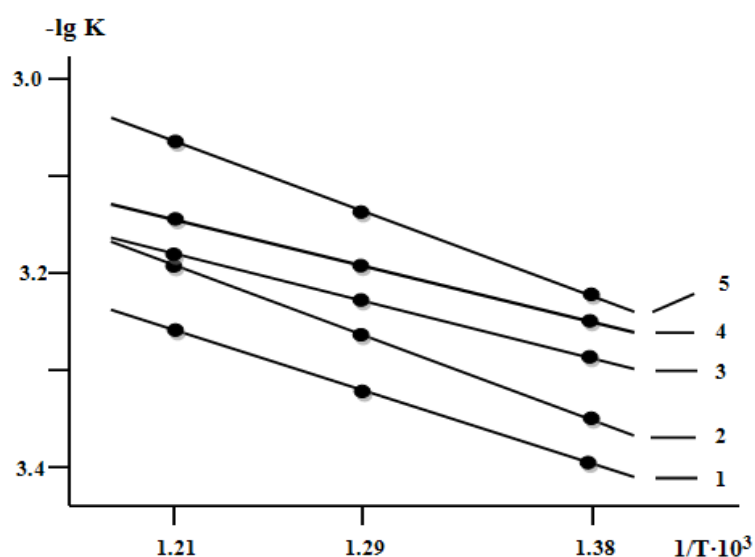


Рисунок 7 - Значение $-\lg K$ для сплавов (1) $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ и этого же сплава с содержанием лития в нем, масс. %: 0,05(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5)

Используя дифрактометр марки ДронЗ который предназначен для изучения состава и фаз, провели ряд работ по определению фаз, которые присутствуют в образцах, которые прошли процесс окисления. Принцип работы дифрактометра заключается в том, что анализируется находящийся в ячейке образец и полученный результат далее сравнивается с штрих кодами веществ из базы данных. Интервал углов для изучения был равен от 20 до 150 градусов. Результаты этого анализа (рис.8) показали, что в составе продуктов окисления образцов из $\text{AlCu4.5Mg1} + \text{Li}$ выявлены такие фазы как: Al_2MgO_4 ; Al_2O_3 ; MgAl_2O_4 ; $\text{Mg}_{0.85}\text{Cu}_{1.15}\text{O}$; Li_2CuO_2 ; CuAlO_2 ; Cu_8O ; CuO .

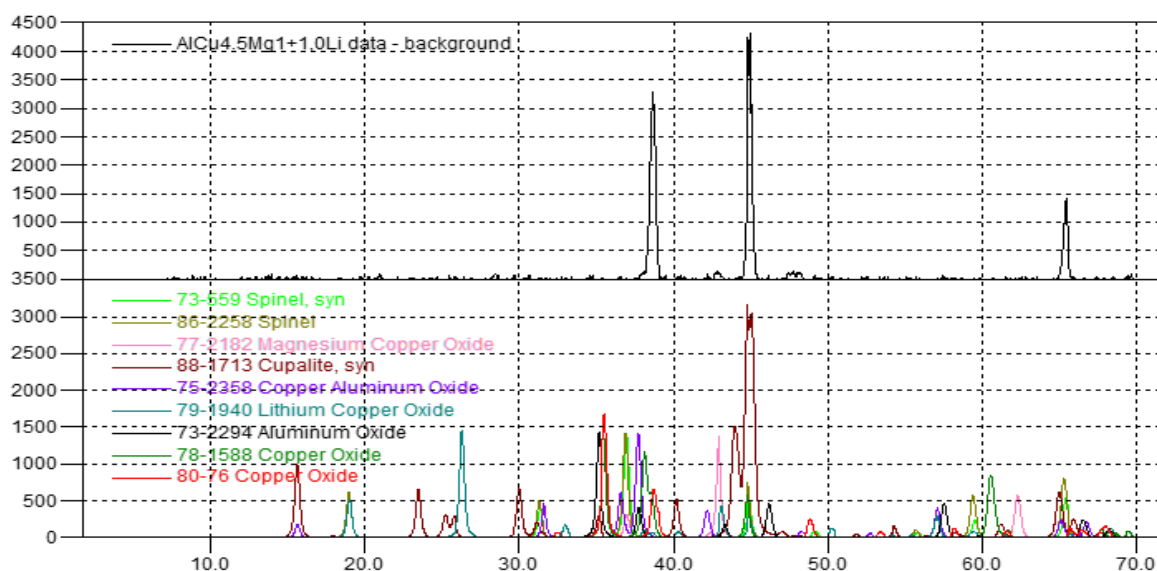


Рисунок 8 - Результат анализа образовавшихся продуктов окисления алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 типа дуралюмин с литием

Вещества, которые образуются в следствии взаимодействия кислорода воздуха и исследуемого образца, не показывают характеристики, которые бы имели защитный потенциал для предотвращения движения окисления вглубь образца. Также при исследовании стало заметно что литий, а также подъём температуры положительно влияют на скорость протекания окислительного процесса, что имеет негативное последствие для целостности образца.

Все сплавы с различными концентрациями добавок были подвергнуты испытаниям и полученные результаты приведены в 9-ой таблице. Приведён сдвиг значений энергии активации при росте концентрации добавок в исходный сплав. Заметно что среди трех металлов, которые были добавлены в исходный сплав AlCu4.5Mg1 большее значение энергии активации имеет литий, далее идёт натрий и меньше всего нужно затрачивать энергию для активации процесса со сплавами, содержащими калий.

Таблица 9 – Изменение величин энергий активаций сплавов на основе $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ с различным содержанием металлов Li, Na, K

Добавка и её содержание, масс. %	Энергия активации (кДж/моль)				
	Конц. добавки, масс. %				
	0,0	0,05	0,1	0,5	1,0
Литий	178,0	170,3	159,7	142,2	120,8
Натрий	178,0	161,8	149,9	134,5	110,1
Калий	178,0	147,5	131,3	118,8	98,5

В результате проведённых экспериментальных работ в лаборатории и выполненных расчётов, стало известно, что больше всего скорость окисления у сплавов, имеющих элемент K в своём составе, а менее всего у сплавов с Li в своём составе. А сплав, содержащий Na, находится между этими металлами по уровню влияния на скорость окисления. Следовательно, можно утверждать, что добавленные нами металлы отрицательно влияют на стойкость сплава к окислению.

ГЛАВА 4. УСИЛЕНИЕ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$, ЛЕГИРОВАНИЕМ ЛИТИЕМ, НАТРИЕМ И КАЛИЕМ

Метод, использованный для проведения исследований электрохимических параметров сплавов, считается одним из наиболее точных и наиболее распространённых, который даёт полное представление о проходящих процессах. Потенциостат который мы выбрали марки ПИ 50 – 1 – 1 позволяет исследовать свойства сплавов потенцио-статистическим методом в режиме потенциодинамики. Необходимая скорость развертки потенциала равнялась $1\text{-}2\text{ мВ}\cdot\text{с}^{-1}$. Сопутствующим оборудованием, которое облегчало процесс проведения исследования и контролировала точность являлся программатор марки ПР-8 и самозапись ЛКД (4). Для сравнения значений был выбран электрод из хлоридсеребрянного материала, вспомогательным электрод из платины. Контроль температуры внутри ячейки не менее важный элемент проведения исследования. Его значение было выдержано с помощью термостата в пределах 20° Цельсия. На рисунке 10 приведена полная картина проходящих процессов. Значение содержания хлорида натрия в растворе

составлял 3 % массовых процентов. Поляризацию проводили в положительную сторону вплоть до величин плотности тока 1 A/m^2 . Далее в обратном направлении поляризовали до значений потенциала $-1,2 \text{ В}$ что привело к тому, что оксидная пленка растворяется из поверхности. Заключительной стадией была поляризация в положительную сторону, которая в результате дает анодные поляризационные кривые.

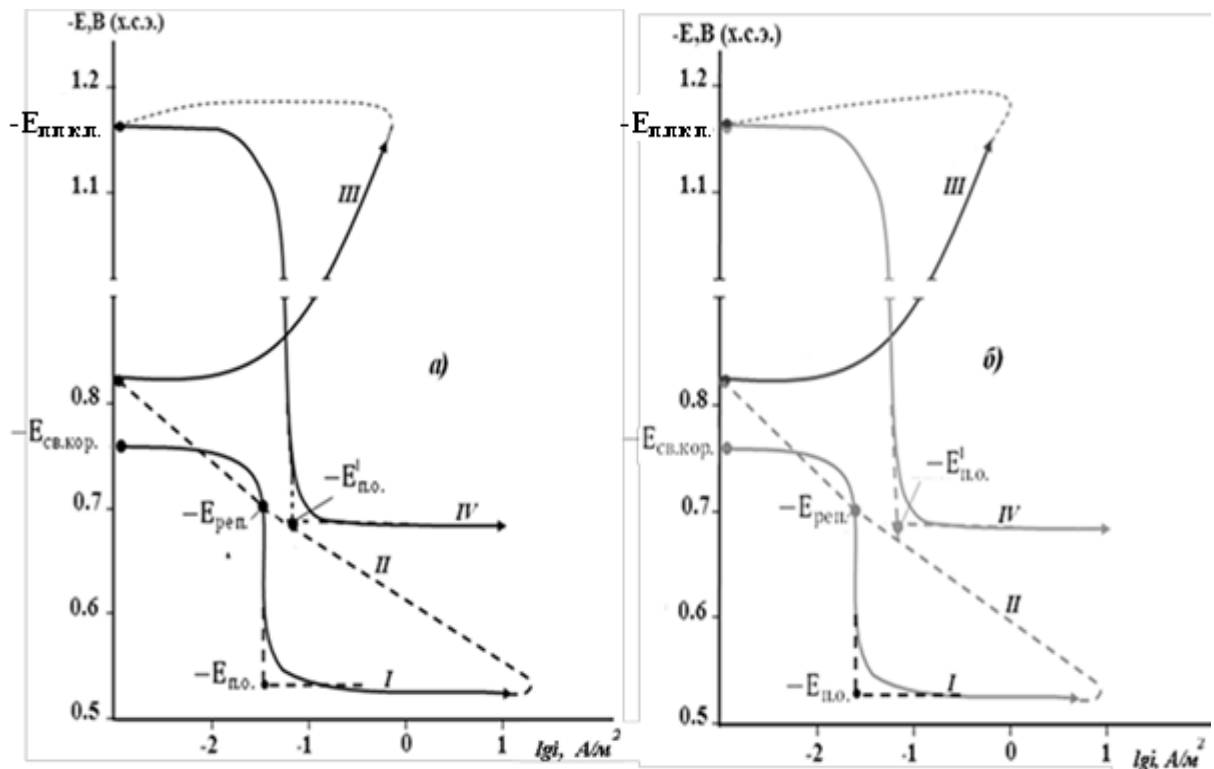


Рисунок 10 - Полная поляризационная кривая алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 . Скорость развертки: а) 1 мВ/с ; б) 2 мВ/с ;

В процессе электрохимического исследования этим методом, определяются такие величины таких потенциалов как: потенциал свободной коррозии, репассивации, коррозии и питтингообразования.

Было определено что реакция которая проходит на катоде, а именно процесс когда кислород ионизируется, является контролирующей. Значение тока коррозии рассчитано принимая во внимание величину константы ($b_k = 0,12 \text{ В}$) которую называют “тафельской”.

Для определения скорости коррозии K использовали уравнение (11). При расчете которого необходимы такие значения как ток коррозии ($i_{\text{кор.}}$) и значение электро-химического эквивалента, их можно найти в специальной литературе.

$$K = i_{\text{кор.}} \cdot k \quad (11)$$

Таблицы 9-10 содержат обобщенные полученные итоги определения электрохимических свойств сплава AlCu4.5Mg1 с добавками Li, Na, K. Исходя из этих данных, при добавке K, Li, Na, (0.05-1.0 масс.процент) такие показатели как репассивация, питтинг образование и свободная коррозия двигаются в сторону увеличения, и таким образом приводят к тому что у данных исследованных сплавов стойкость к коррозии улучшаются. Такое воздействие добавок было зафиксировано во всех использованных для исследования средах.

Как видно из таблицы 10, при добавлении таких металлов как Li, Na, K в выбранных нами количествах, плотность тока в исследованной среде уменьшается, и самое главное наблюдается снижение скорости коррозии. Чем выше содержание добавки, тем ниже скорость коррозии.

Таблица 9 - Значения потенциалов свободной коррозии и образования питтингов при изучении в среде электролита NaCl, алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 с добавками

Конц. NaCl в среде	Концентрация Li, Na и K	добавка Li		добавка Na		добавка K	
		-Е _{св. кор.}	-Е _{п. о.}	-Е _{св. кор.}	-Е _{п. о.}	-Е _{св. кор.}	-Е _{п. о.}
Масс. %		В (х.с.э.)					
0,03	0,0	0.668	0.602	0.668	0.602	0.668	0.680
	0,05	0.657	0.593	0.640	0.580	0.627	0.652
	0,1	0.646	0.583	0.625	0.571	0.613	0.641
	0,5	0.632	0.574	0.611	0.562	0.600	0.630
	1,0	0.620	0.565	0.599	0.553	0.588	0.621
0,3	0,0	0.713	0.640	0.713	0.640	0.713	0.711
	0,05	0.699	0.630	0.684	0.620	0.672	0.680
	0,1	0.687	0.619	0.670	0.609	0.659	0.670
	0,5	0.675	0.610	0.657	0.600	0.645	0.661
	1,0	0.658	0.600	0.643	0.590	0.632	0.650
3,0	0,0	0.757	0.685	0.757	0.685	0.757	0.730
	0,05	0.741	0.674	0.731	0.666	0.720	0.700
	0,1	0.726	0.665	0.714	0.655	0.706	0.690
	0,5	0.711	0.653	0.700	0.645	0.691	0.680
	1,0	0.699	0.644	0.688	0.636	0.677	0.671

Таблица 10 - Изменение скорости коррозии алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 с различными добавками в среде электролита NaCl

Концентрация Li, Na и K, масс. %		Среда NaCl, масс. %					
		0.03%		0.3%		3.0%	
		$i_{кор.} \cdot 10^2,$ А/м ²	$K \cdot 10^3,$ г/м ² ·ч	$i_{кор.} \cdot 10^2,$ А/м ²	$K \cdot 10^3,$ г/м ² ·ч	$i_{кор.} \cdot 10^2,$ А/м ²	$K \cdot 10^3,$ г/м ² ·ч
0,0		4.6	15.41	5.1	17.08	5.6	18.76
Li	0,05	4.4	14.74	4.9	16.42	5.4	18.09
	0,1	4.2	17.08	4.7	15.74	5.2	17.43
	0,5	4.0	13.41	4.5	15.08	5.0	16.76
	1,0	3.8	12.74	4.3	14.40	4.8	16.08
Na	0,05	4.2	14.08	4.7	15.74	5.2	17.43
	0,1	4.0	13.41	4.5	15.08	5.0	16.76
	0,5	3.8	12.73	4.3	14.40	4.8	16.08
	1,0	3.6	12.07	4.1	13.74	4.6	15.42
K	0,05	4.0	13.40	4.5	15.08	5.0	16.76
	0,1	3.8	12.74	4.3	14.40	4.8	16.08
	0,5	3.6	12.07	4.1	13.74	4.6	15.42
	1,0	3.4	11.38	3.9	13.07	4.4	14.75

ВЫВОДЫ

1. Проводив глубокий анализ литературных источников, было решено синтезировать новый сплав на основе AlCu4.5Mg1 добавив в него Li, Na, K. Изучить процесс окисления в твердом виде, коррозионно-электрохимического поведения, термодинамических функций и их зависимостей, и на основе этих исследований разработать сплав, который будет пригоден для использования в условиях высоких нагрузок.

2. Провели исследования по изучению воздействия добавок Li, Na, K на микроструктуру исходного сплава. В результате, было замечено, что при внесении добавок указанных металлов микроструктура претерпевает значительное изменение и становится более зернистой и зерна становятся меньшего размера чем у исходного сплава. Далее провели опыты направленные на проверку прочности и твердости полученных сплавов и сравнение их значений с исходным материалом. Эти опыты показали, что добавки до 1 процента Li, Na, K приводят к ухудшению этих параметров, то есть сплав становится менее прочным и менее твердым [5-А].

3. Были проведены опыты, которые позволили получить полное представление о теплофизических свойствах, которые показали синтезированные новые сплавы.

А именно, выяснили что рост температуры в рабочей среде приводит к тому, что теплоемкость образцов также растет. Увеличение содержания добавок же наоборот приводит к тому, что теплоёмкость снижается [1, 8-А].

4. Провели ряд необходимых исследований с целью выяснения термодинамических свойств сплавов. Проведенные данные и расчеты показали определенные закономерности изменений в параметрах, например, при переходе от сплавов с Li к сплавам с Na величина энтальпии(H) и энтропии(S) в исследованном промежутке концентраций увеличивается, при этом энергия Гиббса(ΔG) сокращается. Эта же тенденция была наблюдаена при росте температуры в рабочей среде.

5. Провели исследование хода окисления сплава на основе AlCu4.5Mg1 с добавками Li, Na, K. Было определено подчинение гиперболическому закону процесса окисления. Было определено, что в результате добавления Li, Na, K значения энергии активации снижаются, то есть в результате легирования такое свойство сплава как стойкость к окислению ухудшается [4, 11-12-А].

6. Исследование для определения фаз существующих в образцах после окислительного процесса показали, что в результате легирования исходного сплава металлическими Li Na K и подвергание образца окислению, образуются такие фазы как: Al_2MgO_4 ; $MgAl_2O_4$; $Mg_{0.85}Cu_{0.15}O$; $CuAlO_2$; Li_2CuO_2 ; Al_2O_3 ; Cu_8O ; CuO ; $MgAl_2O_4$; $(Al_{0.94}Mg_{0.06})_2O_4$; $(Mg_{0.4}Al_{0.6})Al_{1.8}O_4$; $(Al_{0.885}Mg_{0.115})_2O_4$; $Mg_{0.36}Al_{2.44}O_4$; $CuAlO_2$; $Al_{10.666}O_{16}$; Al_2O_3 ; Al_2CuO_4 ; $CuAlO_2$; $(Mg_{0.4}Al_{0.6})Al_{1.8}O_4$; $Al_{10.38}Mg_{0.62}K_{1.62}O_{17}$; Cu_2O ; KO_3 .

7. Было проведено исследование анодного поведения сплава AlCu4.5Mg1 с добавками Li, Na, K в жидкой среде раствора хлорида натрия. Было определено, что перечисленные добавки благотворительно влияют на анодную устойчивость. Например, при добавлении до одного массового процента, анодная устойчивость сплавов выросла на 10 до 15%. Следует отметить, что хлорид положительно влияет на интенсивность прохождения коррозии в его растворе, и таким образом изученные потенциалы показывают негативную динамику [2-3, 5, 9-10-А].

8. Проведенные экспериментальные исследования стали дополнением к уже известным фактам про свойства этих сплавов. И таким образом, нами были выбраны сплавы из ряда синтезированных сплавов, которые по сравнению с другими имеют улучшенные характеристики. На эти сплавы были получены авторское свидетельство, малый патент Республики Таджикистан с серийным номером № TJ-1365 [7-А].

Рекомендации по итогу проведенных исследований.

1. Полученные данные в результаты исследовательских действий могут заполнить страницы литератур, которые могут быть полезны в будущем при проектировании, расчете и создании деталей.

2. На основе результатов исследования, которые были выполнены с целью определения характеристик электрохимического поведения алюминиевого сплава $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$, можно сделать вывод о пригодности их использования для производства деталей, таким образом сократить объем расхода металла и с экономической точки зрения добиться большей эффективности.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и РФ:

[1-А]. Ганиев И.Н. Влияние добавок лития на теплоемкость и изменений термодинамических функций сплав $AlCu4.5Mg1$ типа дюралюмини / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Р.С. Шоназаров, У.Н. Файзуллоев // Вестник Санкт-Петербургского Государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2023. №3. С.141-147.

[2-А]. Ганиев И.Н. Влияние добавок лития на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$ типа дюралюмин / И.Н. Ганиев, А. Элмурод, Р.С. Шоназаров // Вестник Дангаринского государственного Университета. 2023. №3(25). С.136-148.

[3-А]. Ганиев И.Н. Влияние добавок калия на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$, в среде электролите $NaCl$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Р.С. Шоназаров, У.Н. Файзуллоев // Вестник Дангаринского государственного Университета. 2023. №1(23). С.117-129.

[4-А]. Абуали Э. Таъсири кинетикаи оксидшавии хулаи алюминий $AlCu4.5Mg1$, бо иловаи калий дар 0,05 то 1% дар холати сахт / Э. Абуали, И.Н. Ганиев, Хочаназаров Х.М, Абуллоҷонов С.Х // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара. 2024 №2(28) С. 104-110.

[5-А]. Ганиев И.Н. Влияние добавок калия на анодное поведение алюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$ типа дюралюмин, в среде 0,3%-ного Электролита $NaCl$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Ходжаназаров Х.М. // Вестник филиала московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в город Душанбе серия естественных наук страна 2024 №3 (41) С. 55-62.

[6-А]. Ганиев И.Н. Таъсири иловаи калий ба хосиятҳои механикӣ ва микроструктураи хӯлаи алюминийи $AlCu4.5Mg1$ навъи дюралюминӣ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, С.З. Валиев, Х.М, Хочаназаров, Б.С. Сафаров // Кишоварз. Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур. Душанбе. 2024 №4(105). С. 85-89.

Изобретения по теме диссертации

[7-А]. Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1365. Сплав на основе алюминия / Ганиев И.Н., Сафаров А.М., Абуали Э., Джаборов Б.Б., Шоназаров Р.С., Файзуллоев У.Н., Ганиева Н.И., Джайлоев Дж.Х. // Приоритет изобретения от 08.11.2022г. (дата госрегистрации 07.04.2023г.).

Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций:

[8-А]. Ганиев И.Н. Влияние добавок лития на коэффициент теплоотдачи дюралюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Р.С. Шоназаров, У.Р. Файзуллоев, Н.И. Ганиева // Мат. Респ. научно-теор. конф. на

тему: «Проблемы современной химии и состояния ее внедрения в учебный процесс», посв. «двадцатилетию изучения и развития естественных, точных, и математических наук в сфере науки и образования на 2020- 2040 годы», Дангаринского государственного университета, р. Дангара. 2022. С.7-11.

[9-А]. Ганиев И.Н. Анодное поведение свойства алюминиевого сплава $AlCu4.5Mg1$ с литием в среде водного раствора 0,03%-ного $NaCl$ / И.Н. Ганиев, Э. Абуали, Р.С. Шоназаров, У.Н. Файзуллоев // Мат. Респ. научно-практической конф. «Абурайхон Беруни – феномен Востока», посвященный объявлению 2020-2040 годов «Двадцатилетие изучения и развития естественных, точных и математических наук в области науки и образования» и 1050-летию выдающегося Восточного мыслителя А. Беруни. 2022г. С.109-113.

[10-А]. Ганиев И.Н. Исследование анодное алюминевого сплава $AlCu4.5Mg1$ типа дюралюмин с натрием в среде электролита 0,03%-ного $NaCl$ // И.Н. Ганиев, Э. Абуали, У.Н. Файзуллоев. Х.М. Ходжаназаров // Конфренсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ дар мавзӯи “робитаи самарбахши илм бо истеҳсолот дар раванди истифодаи васеи технологияҳои муосир асоси рушди инноватсионӣ ва технологияи истеҳсолоти кишвар”. Дар хошиаи амалишавии ҳадафҳои стратегии мамлакат ва 20 солаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, риёзӣ ва дақиқ барои солҳои 2020-2040. Кулоб. 28-29 феввали соли 2024. С. 86-88.

[11-А]. Ганиев И.Н. Таъсири кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи алюминийи $AlCu4.5Mg1$, бо иловаи натрий 0,05 то 1% дар ҳолати сахт // И.Н. Ганиев, Э. Абуали, У.Н. Файзуллоев. Х.М. Ходжаназаров // Конфренсияи байналмилаи илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар робита бо раванди таҳсилот ва истеҳсолот” бахшида ба эълон гардидани солҳои 2020-2040 “Бистсолаи омӯзиши ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи алму маориф”. Данғара. 30 - апрел соли 2024. С. 111-118.

[12-А]. Ганиев И.Н. Таъсири кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи алюминийи $AlCu4.5Mg1$, бо иловаи литий 0,05 то 1% дар ҳолати сахт // И.Н. Ганиев, Э. Абуали, У.Н. Файзуллоев. Х.М. Ходжаназаров // Конфренсияи байналмилаи илмӣ-амалӣ “Саноатикунонии рақамӣ ва рушди энергетикӣ аз нигоҳи олимону муҳақиқон” бахшида ба таҷлили Рӯзи илми тоҷик инчунин эълон гардидани солҳои 2020-2040 – “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф”. ДЭТ. 25 – апрел соли 2024. С. 205-210.

ШАРҲИ МУХТАСАР

ба рисолаи Абуали Элмурод дар мавзӯи «Таъсири литий, натрий ва калий ба хосиятҳои механикӣ ва физикавӣ-химиявӣ хӯлаи алюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ навъи дюралюминӣ», барои дарёфти унвони илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисосҳои 05.02.01 – Маводшиносӣ (05.02.01.02-саноати мошинсозӣ)

Калидвожаҳо: хӯлаи алюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ навъи дюралюминӣ, литий, натрий, калий, коэффисиенти гармӣ, функцияҳои термодинамикӣ, усули термогравиметрӣ, кинетикаи оксидшавӣ, энергияи фаъолсозӣ, сахтӣ, мустаҳкамӣ, усули потенциостатикӣ, потенциалҳои озод зангзанӣ, чуқурӣ, репассиватсия, суръати зангзанӣ, микроструктураи хӯлаҳо.

Мақсади кори: диссертатсия таҳия, синтези хӯлаҳо бо таркиби нав, ки беҳтар шудани хосиятҳои зидди зангзаниро нишон медиҳанд, дар натиҷаи илова кардани металлҳои Li, Na, K ба хӯлаи аслии $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$.

Методҳои таҳқиқот: усули металлография барои гузаронидани таҳлили микроструктураи хӯлаҳо (микроскопи БИОМЕД-1); усули Бринелл барои муайян кардани сахтии металлҳо (ТШ-2); усули тадқиқоти гармиғунҷоиши хӯлаҳо дар речаи «хунукшавӣ»; усули термогравиметрӣ барои омӯзиши кинетикаи оксидшавии хӯлаҳо; таҳлили рентгенофазавай маҳсулотҳои оксидшавии хӯлаҳо (ДРОН-3); усули потенциостатикӣ омӯзиши хосиятҳои анодии хӯлаҳо (дастгоҳи ПИ 50-1.1).

Натиҷаҳо бадастовардашуд: дар ҳама соҳаҳо қисмҳо ва корпусҳои аз хӯлаҳои алюминий сохташударо ёфтан мумкин аст. Алюминий ва хӯлаи он махсусан дар саноати авиатсия, автомобилсозӣ ва трактор-мошинсозии кишоварзӣ васеъ истифода мешаванд.

Навгони таҳқиқот: кори илмӣ ба таҳқиқи таъсири иловаҳои металлӣ (литий, натрий, калий) ба хосиятҳои гуногуни хӯлаи алюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ навъи дюралюминий бахшида шудааст.

Тавсияҳо: дар асоси натиҷаҳои таҳқиқот, ки бо мақсади муайян кардани хусусиятҳои рафтори электрохимиявӣ хӯлаи алюминийи $\text{AlCu}_{4.5}\text{Mg}_1$ анҷом дода шудаанд, метавон хулоса кард, ки истифодаи онҳо барои истеҳсоли қисмҳо мувофиқ аст, ба ин васила ҳаҷми истеъмоли металлро коҳиш медиҳад ва аз нуқтаи назари иқтисодӣ самаранокии бештар ба даст меорад.

АННОТАЦИЯ

к диссертации Абуали Элмурод на тему «Влияние лития, натрия и калия на механические и физико-химические свойства алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 типа дюралюмин», на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.02.01 - Материаловедение (05.02.01.02- машиностроительная промышленность)

Ключевые слова: алюминиевый сплав AlCu4.5Mg1 типа дюралюмин, литий, натрий, калий, коэффициент теплоотдачи, термодинамические функции, термогравиметрический метод, кинетика окисления, энергия активации, твердость, прочность, потенциостатический метод, потенциалы свободной коррозии, питтингообразования, репассивации, скорость коррозии, микроструктура сплавов.

Цель работы: является разработка, синтез сплавов с новым составом, которые показывают улучшение антикоррозионных свойств, в результате добавления металлов Li, Na, K в исходный сплав AlCu4.5Mg1 .

Методы исследования: метод металлографии для проведения анализа микроструктуры сплавов (микроскоп БИОМЕД-1); метод Бринелля для определения твердости металлов (ТШ-2); метод теплоёмкости сплавов в режиме «охлаждения»; термогравиметрический метод для изучения кинетики окисления сплавов; рентгенофазный анализ продуктов окисления сплавов (ДРОН-3); потенциостатический метод изучения свойств сплавов анодные сплавы (аппарат ПИ 50-1.1).

Получены результаты: во всех отраслях промышленности можно найти детали и корпуса из алюминиевых сплавов. Алюминий и его сплавы особенно широко используются в авиационной, автомобильной и тракторно-сельскохозяйственной промышленности.

Научная новизна: научная работа посвящена исследованию влияния металлических добавок (литий, натрий, калий) на различные свойства алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 дюралюминиевого типа.

Рекомендации: на основании результатов исследований, проведенных с целью определения электрохимических характеристик алюминиевого сплава AlCu4.5Mg1 , можно сделать вывод, что их использование подходит для изготовления деталей, тем самым снижая объем потребления металла и достигая большей эффективности с экономической точки зрения.

ANNOTATION

to the dissertation of Abuali Elmurod on the topic «The effect of lithium, sodium and potassium on the mechanical and physico-chemical properties of aluminum alloy AlCu4.5Mg1 type duralumin», for the degree of candidate of technical sciences in specialties 05.02.01 – Materials Science (05.02.01.02-engineering industry)

Key words: aluminum alloy AlCu4.5Mg1 type duralumin, lithium, sodium, potassium, heat transfer coefficient, thermodynamic functions, thermogravimetric method, oxidation kinetics, activation energy, hardness, strength, potentiostatic method, potentials of free corrosion, pitting formation, repassivation, corrosion rate, microstructure of alloys.

The purpose of the work: is to develop and synthesize alloys with a new composition that show improved anti-corrosion properties as a result of adding metals Li, Na, K to the original alloy AlCu4.5Mg1.

Research methods: metallography method for analyzing the microstructure of alloys (microscope BIOMED-1); Brinell method for determining the hardness of metals (TSH-2); alloy heat capacity method in the «cooling» mode; thermogravimetric method for studying the kinetics of alloy oxidation; X-ray phase analysis of alloy oxidation products (DRONE-3); potentiostatic method for studying properties of alloys are anodic alloys (apparatus PI 50-1.1).

The results are obtained: aluminum alloy parts and housings can be found in all industries. Aluminum and its alloys are especially widely used in the aviation, automotive, tractor and agricultural industries.

Scientific novelty: the scientific work is devoted to the study of the effect of metal additives (lithium, sodium, potassium) on various properties of aluminum alloy AlCu4.5Mg1 duralumin type.

Recommendations: Based on the results of studies conducted to determine the electrochemical characteristics of the AlCu4.5Mg1 aluminum alloy, it can be concluded that their use is suitable for the manufacture of parts, thereby reducing metal consumption and achieving greater efficiency from an economic point of view.

Сдано в печать 2025 г.
Подписано в печать 2025 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Тираж 100 экз.
Отпечатано в типографии
ООО «Сармад-Компания»
г. Душанбе, ул. Лахути 6, 1 проезд