

Бо ҳуқуқи дастнавис



**Иброҳимов Насимжон Файзуллоевич**

**ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ ХӢЛАИ АМГ2  
БО МЕТАЛЛҲОИ НОДИРЗАМИНӢ**

05.02.01 – маводшиносӣ (дар мошинсозӣ)

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии  
номзади илмҳои техникӣ

Душанбе-2017

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

**Мушовири илмӣ:**

**Ғаниев Изатулло Наврузович** – доктори илмҳои химия, профессор, академики АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон;  
**Низомов Зиёвуддин** – номзади илмҳои физикаю математика, дотсент

**Муқарризони расмӣ:**

**1. Назаров Холмурод Марипович** – доктори илмҳои техникӣ, профессор, сарҳодими илмии Агентии амнияти ядрӣ ва радиатсионии АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон;  
**2. Олимов Насруддин Солеҳович** – номзади илмҳои химия, дотсент, мудири кафедраи технология ва мошиншиносии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айни.

**Муассисаи пешбар:**

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

Ҳимояи диссертатсия 6 декабри соли 2017, соати 9<sup>00</sup> дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.КOA-007 назди Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин баргузор мегардад.  
Суроға: 734063, ш.Душанбе, хиёбони Айни, 299/2.  
E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи интернетии Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин шинос шавед:  
[www.chemistry.tj](http://www.chemistry.tj)

Автореферат санаи «\_\_\_» \_\_\_\_\_ соли 2017 аз рӯи феҳристи пешниҳодшуда ирсол карда шудааст.

Котиби илмии Шӯрои диссертатсионӣ,  
номзади илмҳои техникӣ, дотсент



Обидов З.Р.

## ТАВСИФИ УМУМИИ ДИССЕРТАТСИЯ

**Мубрам будани мавзӯи рисола.** Хӯлаҳои алюминий-магний дар саноат васеъ истифода бурда мешавад. Ба хӯлаҳои системаҳои Al-Mg қатори зиёди хӯлаҳои васеъ дар саноат истифодашавандаи намуди AMg1, AMg2, AMg3, AMg4 ва AMg6 тааллуқ дорад. Бо афзоиши миқдори магний дар хӯлаҳои намуди «магналий» хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии мондашавӣ зиёд мешаванд ва ёзандагӣ кам мешавад. Ин хӯлаҳо бо ёзандагии баланд, кафшергарии хуб ва устувории баланди коррозсионӣ фарқ мекунанд.

Хӯлаи саноатии намуди AMg ҳамчунин ба коррозияи межкристаллитӣ (МКК) ( $>5\%$  Mg) ва коррозияи зери шиддатӣ хос аст, ки аз намуди структураҳо вобаста аст. Ҳангоми мавҷудияти магний  $>1,4\%$  хӯлаҳо метавонанд ба МКК дучор шаванд, аммо амалия нишон медиҳад, ки ҳангоми концентратсияи Mg то  $3,5\%$  хӯлаҳои AMg1, AMg2 ва AMg3 ба МКК ҳиссиёт зоҳир наменамоянд, ки бо тақсимои дискретии  $\beta$ -фазаи тоза дар сарҳади донаҳо дар алоқамандӣ бо кам тақсимкунии маҳлули сахт шарҳ дода мешавад. Маълум аст, хӯлаҳои системаҳои Al-Mg ба коррозия устувор ва дар ҳолати карахшианд, зеро карахш пароканиши маҳлули сахтро метезонад, вале хусусияти тақсимои чудошавиро дар сарҳади донаҳо тағйир намедиҳад. Ҳангоми мавҷудияти  $Mg > 3,5\%$  (AMg3, AMg4, AMg5, AMg6) дар ҳолати структуравии муайян бо назардошти шароити муҳити беруна онҳо метавонанд ба МКК ва мӯякравӣ аз коррозия дучор шаванд (КР).

Хӯлаи AMg2 ба коррозияи пitting устувории баланд аз таъсири ионҳои гуногун дар оби хунукшавандаи даврӣ зоҳир наменамояд. Барои максималӣ баландкунии устувории коррозсионӣ хӯлаи намуди AMg аз алюминии навъи (99,7% Al) ва баланд тайёр карда мешавад.

Барои хӯлаҳои системаҳои Al-Mg омилҳои электрохимиявӣ дар мӯякравӣ аз коррозия нисбат ба хӯлаҳои дигар системаҳо нақши зиёд мебозанд. Бинобар ин, табадуллотҳои ҳосилшавии қабати  $\beta$ -фазаҳо дар сарҳади донаҳо ва барои баландкунии муқовимати мӯякравӣ аз коррозия мақсаднок аст. Барои бартараф намудани норасоии нишондодашуда, хӯлаҳои намуди «магналий» бо компонентҳои гуногун ҷавҳаронида мешаванд.

Дар байни элементҳои ҷавҳаронӣ мавқеи муҳим ба металлҳои нодирзаминӣ ҷудо карда мешавад, зеро онҳо назаррас устувории коррозсионии алюминий ва хӯлаҳои он бо магнийро беҳбуд мекунанд.

Дар адабиёт маълумот оиди хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва гармофизикии хӯлаҳои алюминий бо магний ва металлҳои нодирзаминӣ мавҷуд нест. Хосиятҳои физикӣ-химиявии маводҳо тавсифоти муҳим, ки қонуниятҳои рафтори ин маводҳоро ҳангоми таъсири гуногуни беруна муайян мекунанд, мебошанд. Мутаассифона, то айнаи замон ҳамин гуна маълумотҳо барои хӯлаҳои алюминий бо магний, махсусан барои хӯлаи AMg2 хеле кам аст.

**Мақсади рисола** ин аниқ намудани муҳимияти оксидшавӣ, вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикӣ, инчунин хосиятҳои анодии хӯлаи AMg2, ки бо металлҳои нодирзаминӣ ҷавҳаронида

шудаанд ва коркарди таркиби нави хӯлаҳо бо тавсифоти беҳбудшуда мебошад.

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

- вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш, зариви гармидиҳии хӯлаи АМг2 бо металлҳои нодирзаминӣ (МНЗ) омӯхта шудааст;

- муодилаи вобастагии ҳароратии функцияҳои термодинамикии хӯлаи АМг2 бо МНЗ ҳосил карда шудааст;

- хусусиятҳои кинетикӣ ва энергетикии раванди оксидшавии хӯлаи АМг2 бо МНЗ, инчунин механизми оксидшавии хӯлаҳо аниқ карда шудааст;

- вобастагии консентратсионии тағйирёбии тавсифоти анодии хӯлаи АМг2 бо МНЗ омӯхта шудааст;

- таъсири консентратсияи хлорид-ионҳо ба устувории коррозсионии хӯлаҳо дар муҳити электролити NaCl нишон дода шудааст.

**Навгониҳои илмӣ рисола:**

- модели математикии вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш, зариви гармидиҳӣ ва функцияҳои термодинамикӣ (энталпия, энтропия, энергияи Гиббс) барои хӯлаи АМг2 бо МНЗ ҳосил карда шудааст;

- параметрҳои кинетикӣ ва энергетикии раванди оксидшавии хӯлаи АМг2 бо МНЗ муайян карда шудааст; нишон дода шудааст, ки оксидшавии хӯлаҳо ба муодилаи гипербола итоат менамоянд;

- маҳсулоти оксидшавии хӯлаҳо муайян карда шуда, нақши онҳо дар бавучудории механизми оксидшавии хӯлаҳо нишон дода шудааст;

- установаҳои параметрҳои асосии раванди коррозияи хӯлаи АМг2 бо МНЗ ва механизми анодии коррозияи хӯлаҳо аниқ карда шудааст.

**Аҳамияти амалии рисола:**

- эксперименталӣ ҳосил намудани қиматҳо оиди вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш, зариви гармидиҳӣ ва функцияҳои термодинамикии хӯлаи АМг2 бо МНЗ саҳфаҳои мутааллиқи адабиётҳоро афзун менамоянд;

- дастгоҳи эксперименталӣ барои ченкунии гармиғунҷоиши ҳисмҳои саҳт (Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон №ТJ 510) бо мақсадҳои илмӣ ва амалӣ дар факултети физикии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва Донишгоҳи техникийи Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ истифода мешавад;

- дар асоси таҳқиқотҳои иҷрокардашуда коркарди усули баландукунии устувории коррозсионии хӯлаҳо, ки бо МНЗ ҷавҳаронида шудаанд ва таркибҳои нави мураккаби онҳо коркард шудаанд.

**Методология ва усулҳои таҳқиқот:**

- усули таҳқиқоти гармиғунҷоиши металлҳо ва хӯлаҳо дар речаи «хунуккунӣ» бо истифода аз қайдкунии автоматии ҳарорати намуна аз вақти хунукшавӣ;

- усули термогравиметрии омӯзиши кинетикаи оксидшавии металлҳо ва хӯлаҳо;

- усули электрохимиявии таҳқиқоти хосияти анодии хӯлаҳои алюминий дар речаи потенциостатикӣ (асбоби ПИ-50.1.1);
- таҳлили рентгенофазавай (ДРОН-2.0);
- усули металлографии таҳлили микроструктуравии хӯлаҳо бо ёрии микроскопи «Neophot-31»;
- таҳқиқоти ИК-спектроскопии (UR-20) таркиби фазавии қабатҳои оксидии ҳосилшуда.

***Мазмуни асосӣ, ки ба ҳимоя пешкаш мегардад:***

- натиҷаҳои таҳқиқоти вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш, зариви гармидиҳӣ ва функцияҳои термодинамикии хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо МНЗ;
- параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ ҳосилнамудаи раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо МНЗ;
- механизми оксидшавии хӯлаҳо;
- хусусиятҳои асосии раванди коррозияи анодии хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо МНЗ ва вобастагии концентратсионии онҳо дар муҳити электролити NaCl;
- усулҳои коркардшудаи баландкунии устувории коррозсионии хӯлаҳо ва таркибҳои мураккаби коркарднамуда.

***Дараҷаи саҳеҳият ва баррасии натиҷаҳо.*** Мазмуни асосии диссертатсия муҳокима шудааст: Международной научно-практической конференции «Металлургия Прииртышья в реализации программы форсированного индустриально-инновационного развития Казахстана» (Алматы, 2011); Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии» (Душанбе, 2011); Международной конференции «Современные вопросы молекулярной спектроскопии конденсированных сред», посвященной 50-летию кафедры «Оптика и спектроскопия» Таджикского национального университета (Душанбе, 2011); Международной конференции по физике конденсированного состояния, посвященной 85-летию академика А.А. Адхамова (Душанбе, 2013); Республиканской научно-практической конференции «Достижения инновационной технологии композиционных материалов и их сплавов для машиностроения», посвященной 80-летию профессора кафедры «Технология и машиноведение» ТГПУ Н.А. Каримова (Душанбе, 2014); Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования», Таджикский технический университет им. ак. М.С. Осими (Душанбе, 2014); Научной конференции «Современные проблемы естественных и социально-гуманитарных наук», посвященной 10-летию Научно-исследовательского института ТНУ (Душанбе, 2014); Десятая Международная теплофизическая школа «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий», Таджикский технический университет им. ак. М.С. Осими-Тамбовский государственный технический университет (Душанбе-Тамбов, 2016).

***Интишорот.*** Аз рӯйи натиҷаҳои таҳқиқот 1 монография ва 18 мақолаҳои илмӣ нашр шудаанд, ки аз онҳо 8 мақола дар маҷаллаҳои тавсиянамудаи КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шуда, 1 нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудааст.

**Саҳми муаллиф** дар таҳлили иттилооти адабиёт, ҳалли вазифаҳои гузошташуда, тайёри ва гузаронидани таҳқиқотҳо, таҳлил ва коркарди натиҷаҳои ҳосилнамуда, дар ҷамъбасти мазмуни асосӣ ва хулосаҳои диссертатсия иборат аст.

**Ҳаҷм ва таркиби диссертатсия.** Рисолаи диссертатсионӣ аз муқаддима, ҷаҳор боб ва замима иборат аст, ки дар 162 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ, ки дорои 77 расм, 66 ҷадвал, 104 номгуи адабиётҳо аст, баён карда шудааст.

### **МАЗМУНИ АСОСИИ РИСОЛА**

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

**Дар боби якум** иттилооти муҳтасари адабиёт оиди гармиғунҷоиши алюминий, магний ва металлҳои нодирзаминии зергурӯҳи серий, маълумот доир ба муҳимияти оксидшавӣ ва рафтори коррозионӣ-электрохимиявии ҳӯлаҳои алюминий-магний бо металлҳои нодирзаминӣ пешниҳод шудааст.

Барои баландкунии устувории коррозионии ҳӯлаи  $AMg_2$  аҳамияти муҳим ин интиҳоби иловаҳо мебошад, ки дараҷаи ҷавҳаронидани онро тағйир намедиханд. Чӣ тавр, ки аз иттилооти адабиёт бар меояд, пешбинӣ мешавад, ки иловаҳои ками  $Mn_3$  дар нақши беҳбудкунии ҳӯлаи аввалияи  $AMg_2$  фоиданок мебошанд. Ғайр аз ин,  $Mn_3$  ба кинетикаи оксидшавии алюминий ва ҳӯлаҳои он, дар ҳолатҳои сахтӣ моеъ ва пасткунии суръати оксидшавии онҳо мусбат таъсир мерасонанд.

Маълумотҳои, ки дар адабиёт оварда шудаанд, шаҳодат медиҳанд, ки дар адабиёт оиди оксидшавии ҳӯлаи  $AMg_2$  бо  $Mn_3$ , рафтори коррозионӣ-электрохимиявӣ, гармӣ ва ҳосиятҳои гармофизикии ҳӯлаҳои сечандаи ҷавҳаронидашудаи ҳӯлаи  $AMg_2$  иттилооте мавҷуд нест. Маълумотҳои мавҷуда, асосан ба металлҳои тоза ё ҳӯлаҳои дучанда тааллуқ доранд. Аз ин рӯ, омӯзиши ҳосиятҳои физикӣ-химиявии ҳӯлаи  $AMg_2$ , ки бо металлҳои нодирзаминӣ ҷавҳаронида шудаанд, таваҷҷӯҳи илмӣ ва малӣ доранд.

Рисолаи диссертатсионӣ ба омӯзиши ҳосиятҳои гармофизикӣ ва функцияҳои термодинамикии ҳӯлаи  $AMg_2$  бо  $Mn_3$ , муҳимияти оксидшавии ҳӯлаҳо дар ҳолати сахт ва рафтори анодии онҳо дар концентратсияҳои гуногуни муҳити электролити  $NaCl$  бо мақсади оптималикунии иловаҳо ва интиҳоби бештарини элементҳои ҷавҳаронии манфиатнок барои ҳӯлаи заминавии  $AMg_2$ , бахшида шудааст.

**Боби дуюм** ба омӯзиши эксперименталии таъсири металлҳои нодирзаминии зергурӯҳи серий ба вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикии ҳӯлаи  $AMg_2$  дар фосиали васеи ҳароратҳо бахшида шудааст. Натиҷаҳо бо истифода аз усули ҷенкунии гармиғунҷоиши металлҳо ва ҳӯлаҳо дар речаи «хунуккунӣ» бо истифодабарии усули қайдкунии автоматии ҳарорати намуна аз вақти хунукшавӣ ҳосил карда шудаанд. Технологияи компютери барои қайдкунӣ ва коркарди натиҷаҳо истифодашуда дар муқоиса бо усули даврии гармкунӣ як қатор бартариҳо дорад.

**Боби сеюми** рисолаи диссертатсионӣ натиҷаҳои кинетикаи оксидшавии хӯлаи  $AMg_2$ , ки бо  $MnZ$  ҷавҳаронида шудаанд, дар ҳолати сахтро дар бар мегирад.

**Дар боби чоруми** диссертатсия натиҷаҳои эксперименталии таҳқиқоти таъсири  $MnZ$ -и ҷудогона ба тавсифоти анодии хӯлаи  $AMg_2$  дар муҳитҳои гуногуни электролити  $NaCl$  пешниҳод шудааст.

## ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТИИ ГАРМИҒУНҶОИШ ВА ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХҶЛАИ $AMg_2$ БО МЕТАЛЛҶОИ НОДИРЗАМИНӢ

Барои ҷенкунии гармиғунҷоиши хоси металлҳо қонуни «хунукшавӣ»-и Нютон-Рихман истифода шуд, ки мутобиқи он ҳама ҷисмҳо, ки ҳарорати баландтар аз муҳити атроф доранд, ҳатман хунук мешаванд ва суръати хунукшавӣ аз бузургии гармиғунҷоиши ҷисм ва зариви гармидиҳӣ ( $\alpha$ ) вобаста аст. Миқдори гармии  $dQ$  талафшудаи пешакӣ гармкардаи ҷисми вазнаш  $m$  ҳангоми хунукшавии он дар  $dT$  градусҳо, баробар мешавад:

$$dQ = c_p^0 m dT, \quad (1)$$

дар ин ҷо  $c$  – гармиғунҷоиши хоси модда, ки аз ҷисм иборат аст.

Талафоти энергия дар сатҳи ҷисм  $r_{\text{Ҷ}}$  медиҳад. Пайгирона, мумкин аст, ки миқдори гармии  $dQ_s$  талафшудаи дар сатҳи ҷисм дар муддати вақт  $d\tau$  ба вақт, масоҳати  $S$  сатҳи он, фарқияти ҳарорати ҷисм ( $T$ ) ва муҳити атроф ( $T_0$ ) мутаносиб аст, ҳисобида шавад:

$$dQ_s = -\alpha (T - T_0) \cdot S d\tau. \quad (2)$$

Ҳангоми ҷудошавии гармӣ дар ҷисм ҳарорати ҳамаи нуқтаҳои он якхела тағйир меёбад, дар ин ҳолат баробарии зерин мувофиқ аст:

$$C_p^0 m dT = -\alpha (T - T_0) \cdot S d\tau \quad (3)$$

Баробарии (3) –ро мумкин аст дар намуди зерин пешкаш намуд:

$$C_p^0 m \frac{dT}{d\tau} = -\alpha (T - T_0) S. \quad (4)$$

Фарз карда мешавад, ки  $C$ ,  $\alpha$ ,  $T$  ва  $T_0$  дар масофаи хурди ҳарорат аз координати нуқтаҳои сатҳи намуна вобаста нест, ки то ҳарорати якхелаи муҳити атроф гарм карда шудааст, вобастагии (4) барои ду намунаҳо чунин навишта мешавад:

$$C_{p1}^0 m_1 S_1 \alpha_1 \left( \frac{dT}{d\tau} \right)_1 = C_{p2}^0 m_2 S_2 \alpha_2 \left( \frac{dT}{d\tau} \right)_2. \quad (5)$$

Ҳангоми истифодаи ин формулаҳо барои ду намунаҳо (эталон ва дигар намуд), ки андозаҳои якхела дорад  $S_1 = S_2$  ва ҳолати сатҳи он, зариви гармидиҳии он ба баробарии  $\alpha_1 = \alpha_2$  пешбинӣ мешавад:

$$C_{p1}^0 m_1 \left( \frac{dT}{d\tau} \right)_1 = C_{p2}^0 m_2 \left( \frac{dT}{d\tau} \right)_2. \quad (6)$$

Пайгирона, вазни намунаҳоро дониста  $m_1$  ва  $m_2$ , суръати хунукшавии  $(dT/d\tau)_1$  намунаҳо ва гармиғунҷоиши хосро  $C_{p1}^0$  истифода намуда, гармиғунҷоиш  $C_{p2}^0$  ва суръати хунукшавӣ муайян карда мешавад  $(dT/d\tau)_2$ :

$$C_{P2}^0 = C_{P1}^0 \frac{m_1 s_2 \alpha_2}{m_2 s_1 \alpha_1} \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2} \quad (7)$$

дар ин чо  $m_1$  и  $m_2$  - мутаносибан вазни эталон ва намуна,  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$  – зариви гармидиҳии онҳо ва  $S_1$ ,  $S_2$  – масоҳати сатҳи онҳо. Одатан ҳангоми истифодаи формулаҳои (7) иҷозат дода мешавад, ки  $\alpha_1 = \alpha_2$  баробар шавад.

Барои дурустии ин вобастагии ҳарорати намунаҳо аз вақти хунукшавӣ барои алюминий ва мис истифода гардид. Барои ин таҳқиқоти раванди хунукшавии мис, алюминий ва дигар металлҳо, ки гармиғунҷоиши онҳо аз ҳарорат маълум аст, гузаронида шуд. Қиматҳои қаноатбахш, ки бо қиматҳои адабиёт мувофиқ аст, ҳосил карда шуд.

Вобастагии ҳарорати хунукшавии намунаҳо аз вақт эксперименталӣ бо муодилаи зерин навишта мешавад:

$$T = -ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau}, \quad (8)$$

дар ин чо:  $a$ ,  $b$ ,  $p$ ,  $k$  - бузургии доимӣ барои намунаи додашуда.

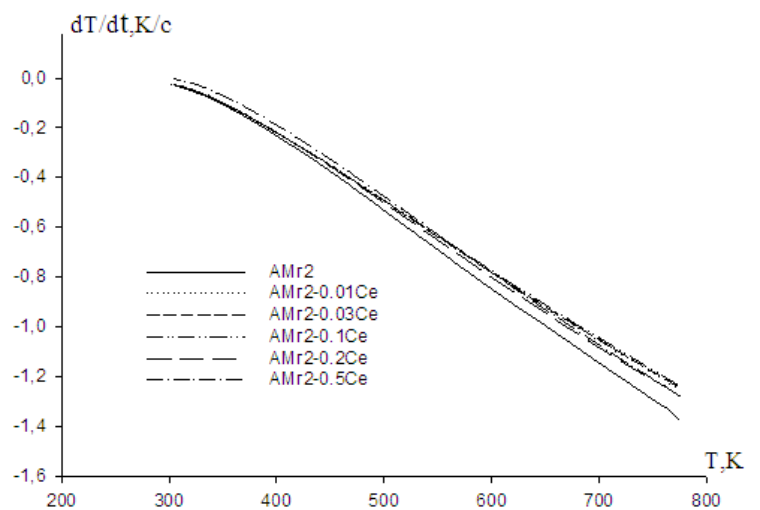
Муодиларо аз рӯи  $\tau$  дифференсиронӣ намуда, (8) барои суръати хунукшавии намунаҳо ҳосил менамоем:

$$\frac{dT}{d\tau} = -ab \exp(-b\tau) - pk \exp(-k\tau). \quad (9)$$

Дар доираи кори мазкур таҳқиқоти таъсири МНЗ ба ҳосиятҳои гармофизикӣ ва функцияҳои термодинамикии ҳӯлаи АМг2 гузаронида шуд. Барои ҳосилкунии ҳӯлаҳои алюминийи тамғаи А7 ва лигатураи саноатӣ дар асоси алюминий, ки 4.0-10,0%-и вазн МНЗ дорад, истифода гардид. Миқдори МНЗ дар ҳӯлаи АМг2 ташкил дод: 0.01; 0.03; 0.1; 0.2 ва 0.5%-и вазн. Ҷавҳаронидани ҳӯлаи АМг2 бо лигатураи алюминий ва МНЗ дар кӯраи намуди СШОЛ амалӣ карда шуд.

Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши ҳӯлаи АМг2 бо МНЗ дар речаи «хунуккунӣ» дар фосилаи ҳарорати 300-800 К омӯхта шудааст. Ба сифати мисол дар ин қисмат, маълумот оиди ҳосиятҳои гармофизикӣ ва функцияҳои термодинамикии ҳӯлаи АМг2 бо серий оварда шудааст.

Аз рӯи муодилаи (9) суръати хунукшавии намунаҳои ҳӯлаи АМг2 бо серий оварда шудааст. Қимати зарибҳои  $a$ ,  $b$ ,  $p$ ,  $k$ ,  $ab$ ,  $pk$  дар муодилаи (9) барои ҳӯлаҳои таҳқиқшуда дар ҷадвали 1 оварда шудааст.



**Расми 1.** Вобастагии ҳароратии суръати хунукшавии намунаҳои ҳӯлаи АМг2 бо серий.



Барои ҳисобкунии гармиғунҷоиши хоси хӯлаҳои таҳқиқшуда аз рӯи муодилаи (7) зарби гармидиҳии ( $\alpha$ ) хӯлаи тамғаи АМг2 истифода шуд, ки аз рӯи қоидаи аддитивӣ бо қиматҳо барои алюминий ва магний ҳисоб карда шудааст.

**Ҷадвали 1.** Қимати зарбҳои  $a, b, p, k, ab, pk$  дар муодилаи (9) барои хӯлаи АМг2 бо серий

Миқдори Се дар хӯлаи АМг2, %-и вазн	$a, K$	$b, 10^{-3} \cdot c_1$	$P, K$	$k, 10^{-n} \cdot c_1$	$ab, K \cdot c^{-1}$	$pk, K \cdot c_1$
0.0	460.97	3.19	353.50	$8.99 \cdot 10^{-5}$	1.47	0.03
0.01	432.19	2.88	345.71	$7.02 \cdot 10^{-5}$	1.24	0.02
0.03	430.50	2.92	348.31	$7.38 \cdot 10^{-5}$	1.25	0.02
0.1	430.86	2.90	348.83	$7.55 \cdot 10^{-5}$	1.24	0.02
0.2	424.20	3.01	352.71	$8.29 \cdot 10^{-5}$	1.27	0.03
0.5	425.05	3.07	355.67	$8.98 \cdot 10^{-5}$	1.30	0.03

Вобастагии ҳароратии зарби гармидиҳии хӯлаи АМг2 бо муодилаи зерин навишта мешавад:

$$|\alpha(T)| = -7.3613 + 0.0132T + 5.6799 \cdot 10^{-5} T^2 - 5.1329 \cdot 10^{-8} T^3. \quad (10)$$

Қиматҳои адабиётро оиди гармиғунҷоиши алюминий, магний ва хӯлаи АМг2 ва қимати суръати хунукшавии эксперименталӣ ҳосилнамударо истифода намуда, вобастагии ҳароратии зарби гармидиҳии хӯлаи АМг2-ро аз рӯи муодилаи (10) ҳисоб намудем.

Бо ёрии барномаи SigmaPlot қиматҳои адабиёт ва эксперименталӣ ҳосилнамудаи гармиғунҷоиши хӯлаи АМг2 ва серий-ро коркард намуда, муодилаи зеринро ҳосил намудем (дар қавс зарбҳои регрессия нишон дода шудааст):

$$C_p^{0AM2} = 414.8201 + 0.9585T + 9.5925 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.304 \cdot 10^{-6} T^3, \quad (R = 0.9997), \quad (11)$$

$$C_p^{0Ce} = 113.4286 + 0.3276T - 3.3571 \cdot 10^{-4} T^2 + 6.6667 \cdot 10^{-7} T^3 \quad (R = 0.9997), \quad (12)$$

ва хӯлаи АМг2 бо серий, %-и вазн:

$$\begin{aligned} 0.01\% \text{ Се: } C_p^0 &= 414.3641 + 0.9585T + 9.5925 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.304 \cdot 10^{-6} T^3; \\ 0.03\% \text{ Се: } C_p^0 &= 413.4521 + 0.9585T + 9.5925 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.304 \cdot 10^{-6} T^3; \\ 0.1\% \text{ Се: } C_p^0 &= 410.2601 + 0.9585T + 9.5925 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.304 \cdot 10^{-6} T^3; \\ 0.2\% \text{ Се: } C_p^0 &= 405.7001 + 0.9585T + 9.5925 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.304 \cdot 10^{-6} T^3; \\ 0.5\% \text{ Се: } C_p^0 &= 392.0201 + 0.9585T + 9.5925 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.304 \cdot 10^{-6} T^3. \end{aligned} \quad (13)$$

Қимати гармиғунҷоиши хоси хӯлаи АМг2 бо серий барои ҳароратҳои гуногун дар ҷадвали 2 оварда шудааст. Дида мешавад, ки ибто афзоиши ҳарорат гармиғунҷоиши хӯлаҳо зиёд мешавад ва бо зиёдшавии миқдори серий дар хӯлаи АМг2 гармиғунҷоиш кам мешавад.

Ҳамин гуна қонуният барои ҳама хӯлаҳо, новобаста аз миқдори компоненти ҷавҳаронӣ дар хӯлаи АМг2 ҷой дорад. Ҷенкунии эксперименталии гармиғунҷоиш барои фосилаҳои гуногуни ҳарорат ин усули асосии муайянкунии хосиятҳои термодинамики моддаҳо мебошад.

Барои ҳисобкунии вобастагии ҳароратии тағирёбии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс барои хӯлаи АМг2 бо серий интегралҳо аз гармиғунҷоиши молярӣ истифода гардид:

$$H^0(T) - H^0(298.15\text{K}) = \int_{298.15\text{K}}^T C_p(T) dT \quad S^0(T) - S^0(298.15\text{K}) = \int_{298.15\text{K}}^T \frac{C_p}{T} dT$$

$$[G^0(T) - G^0(298.15\text{K})] = [H^0(T) - TH^0(298.15\text{K})] - [S^0(T) - TS^0(298.15\text{K})]$$

Қимати ҳисобнамудаи энталпия ва энтропияи хӯлаи АМг2 бо серий дар вобастагӣ аз таркиб ва ҳарорат дар ҷадвалҳои 3 ва 4 ва вобастагии ҳароратии энергияи Гиббс дар расми 2 оварда шудааст.

**Ҷадвали 2.** Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси (Ҷ/кг·К) хӯлаи АМг2 бо серий

Т, К	Миқдори серий дар хӯлаи АМг2, %-и вазн					
	0.0	0.01	0.03	0.1	0.2	0.5
300	753.49	753.03	752.12	748.93	744.37	730.69
400	868.24	867.78	866.87	863.68	859.12	845.44
500	970.88	970.42	969.514	966.32	961.762	948.08
600	1053.58	1053.13	1052.21	1049.02	1044.46	1030.78
700	1108.53	1108.07	1107.16	1103.97	1099.41	1085.73
800	1127.89	1127.43	1126.52	1123.33	1118.77	1105.09

**Ҷадвали 3.** Вобастагии ҳароратии тағирёбии энталпияи (кҶ/мол·К) хӯлаи АМг2 бо серий

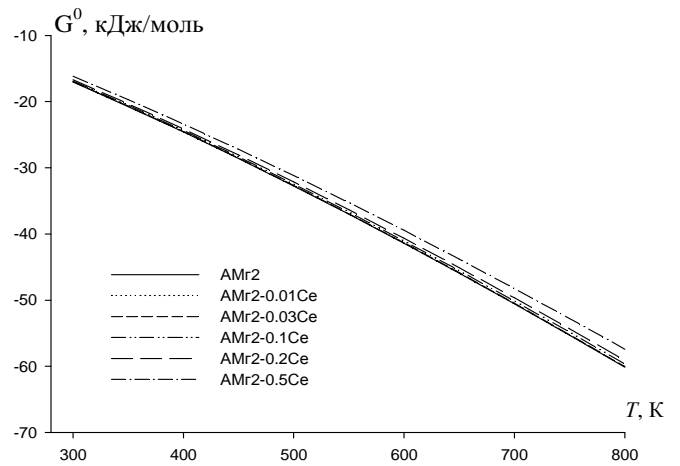
Т, К	Миқдори серий дар хӯлаи АМг2, %-и вазн					
	0.0	0.01	0.03	0.1	0.2	0.5
300	4.68	4.68	4.67	4.64	4.61	5.52
400	6.87	6.88	6.86	6.82	6.77	7.80
500	9.35	9.37	9.34	9.30	9.23	10.36
600	12.08	12.11	12.07	12.02	11.95	13.14
700	15.00	15.04	14.99	14.93	14.85	16.06
800	18.03	18.07	18.02	17.95	17.85	19.04

**Ҷадвали 4.** Вобастагии ҳароратии тағирёбии энтропияи (Ҷ/мол·К) хӯлаи АМг2 бо серий

Т, К	Миқдори серий дар хӯлаи АМг2, %-и вазн					
	0.0	0.01	0.03	0.1	0.2	0.5
300	72.47	72.40	72.28	71.79	71.09	68.98
400	78.75	78.67	78.55	78.04	77.30	75.09
500	84.27	84.20	84.08	83.54	82.78	80.48
600	89.25	89.17	89.06	88.51	87.72	85.36
700	93.75	93.67	93.56	92.99	92.19	89.77
800	97.79	97.70	97.60	97.02	96.20	93.73

Чӣ тавр, ки дида мешавад, новобаста аз миқдори серий бо афзоиши ҳарорат қимати энталпия ва энтропия зиёд шуда, энергияи Гиббс кам мешавад, махсусан барои хӯлаҳо, ки беш аз 0.1%-и вазн серий доранд.

Дар ҷадвалҳои 5 ва 6 натиҷаҳои таҳқиқоти хосиятҳои гармофизикӣ ва функцияҳои термодинамикии хӯлаи АМг2 бо скандий, иттрий ва металлҳои нодирзаминии зергурӯҳи серий дар мисоли хӯлаҳо, ки 0,5%-и вазн МНЗ доранд, оварда шудааст.



**Расми 2.** Вобастагии ҳароратии энергияи Гиббс барои хӯлаи АМг2 бо серий.

Дида мешавад, ки бо афзоиши ҳарорат гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропияи хӯлаҳо зиёд шуда, қимати энергияи Гиббс кам мешавад. Ҳангоми гузариш аз скандий ба иттрий ва баъдан ба серий бузургии гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропияи хӯлаҳо кам гардида, баъдан барои хӯлаҳо бо празеодим ва неодим зиёд мешавад, ки бо қиматҳои адабиёт барои МНЗ-и тоза дар ҳудуди зергурӯҳ мувофиқ аст (ҷадвали 5).

**Ҷадвали 5.** Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси (Ҷ/кг·К) хӯлаи АМг2 бо Sc (Y, Ce, Pr, Nd)

T, К	Хӯлаҳо						МНЗ				
	АМг2	АМг2 + 0,5 Sc	АМг2 + 0,5 Y	АМг2 + 0,5 Ce	АМг2 + 0,5 Pr	АМг2 + 0,5 Nd	Sc	Y	Ce	Pr	Nd
300	753.5	752.6	751.2	730.7	741.3	737.5	568	398	292	184	190,1
400	868.2	866.8	865.4	845.4	856.0	852.4	586	305	202	202	199,7
500	970.9	969.0	967.6	948.1	958.6	955.0	598	313	212	211	210,1
600	1053.6	1051.4	1049.9	1030.8	1041.3	1037.7	611	321	228	224	223,3
700	1108.5	1106.1	1104.6	1085.7	1096.3	1092.6	627	329	234	238	236,2
800	1127.9	1125.5	1124.0	1105.1	1115.6	1112.0	647	338	246	253	252,8

**Ҷадвали 6.** Вобастагии ҳароратии тағирёбии энталпия (кҶ/мол), энтропия (Ҷ/мол·К) ва энергияи Гиббс (кҶ/мол·К) барои хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо Sc (Y, Ce, Pr, Nd)

T, K	Энталпия					
	АМг <sub>2</sub>	АМг <sub>2</sub> +0,5 Sc	АМг <sub>2</sub> +0,5 Y	АМг <sub>2</sub> +0,5 Ce	АМг <sub>2</sub> +0,5 Pr	АМг <sub>2</sub> +0,5 Nd
300	4.68	4.68	4.67	4.50	4.59	4.56
400	6.87	6.87	6.86	6.63	6.75	6.71
500	9.35	9.35	9.34	9.05	9.21	9.16
600	12.09	12.09	12.06	11.73	11.92	11.86
700	15.01	15.01	14.98	14.59	14.82	14.75
800	18.03	18.03	17.99	17.56	17.82	17.75
Энтропия						
300	72.47	72.52	72.35	68.98	70.59	70.03
400	78.75	78.80	78.61	75.09	76.77	76.18
500	84.27	84.32	84.13	80.48	82.22	81.62
600	89.25	89.30	89.10	85.36	87.14	86.52
700	93.75	93.80	93.59	89.77	91.59	90.95
800	97.79	97.83	97.62	93.73	95.58	94.93
Энергияи Гиббс						
300	-7.06	-17.07	-17.03	-16.19	-16.59	-16.45
400	-24.63	-24.65	-24.59	-23.40	-23.97	-23.77
500	-32.78	-32.81	-32.73	-31.18	-31.92	-31.67
600	-41.46	-41.49	-41.39	-39.48	-40.39	-40.08
700	-50.62	-50.65	-50.53	-48.24	-49.33	-48.96
800	-60.20	-60.24	-60.09	-57.41	-58.70	-58.25

Ҳамин тавр, вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хос ва зарифи гармидиҳии хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо МНЗ, ки МНЗ - Sc, Y, Ce, Pr, Nd мебошанд, омӯхта шудааст.

### **ТАҲҚИҚОТИ КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ АМг<sub>2</sub>, КИ БО ЯКЧАНД МЕТАЛЛҶОИ НОДИРЗАМИНӢ ЧАВҶАРОНИДА ШУДААНД, ДАР ҶОЛАТИ САҶТ**

Кинетикаи оксидшавии хӯлаҳо бо усули термогравиметрӣ омӯхта шуд. Барои таҳқиқоти таъсири МНЗ ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub> як силсила хӯлаҳо бо миқдори МНЗ аз 0.01 то 0.5%-и вазн синтез карда шуд. Ҷамчун мисол натиҷаҳои таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо серий чавҳаронида шудаанд, дар зер оварда шудааст.

Омӯзиши кинетикаи оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки 0.01%-и вазн серий дорад, ҳангоми ҳароратҳои 673, 773 ва 873 К нишон дод, ки дар муддати 5-10 дақиқа қачхатҳои кинетикӣ бо суръати назарраси оксидшавӣ ва вобастагии ҳаттӣ аз вақт тавсифонида мешаванд. Баъдан бо афзуншавии қобилияти муҳофизатии қабати оксидӣ қачхатҳо мураттаб ба намуди парабола мегузаранд. Раванди оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо 0.01%-и вазн

серий дар 15-25 дақиқа ба итмом мерасад. Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаҳои мазкур дар ҷадвали 7 оварда шудааст.

**Ҷадвали 7.** Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо серияи ҷавҳаронида шудаанд

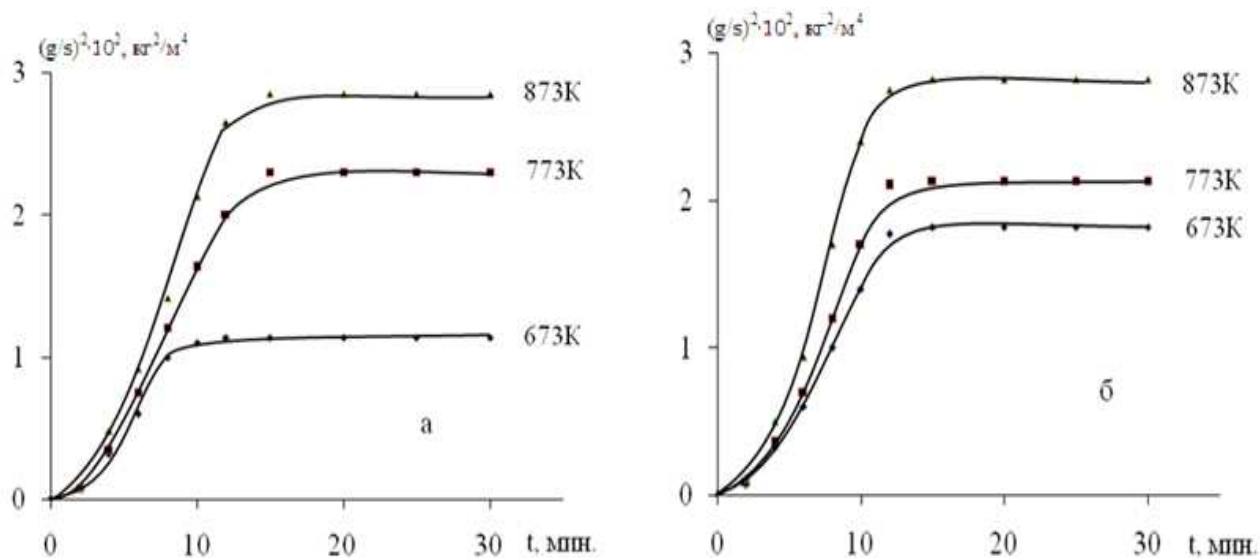
Миқдори Се дар хӯлаи АМг <sub>2</sub> , %-и вазн	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Суръати ҳақиқии оксидшавӣ К·10 <sup>-4</sup> , кг·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Энергияи эҳтимолии фаъолшавии оксидшавӣ, кҶ/мол
0.0	673	2.91	39.3
	773	3.33	
	873	3.83	
0.01	673	3.32	31.9
	773	3.83	
	873	4.16	
0.03	673	3.44	27.4
	773	3.72	
	873	4.44	
0.1	673	3.75	23.9
	773	3.75	
	873	4.50	
0.2	673	3.81	21.3
	773	3.83	
	873	4.66	
0.5	673	4.16	16.4
	773	4.44	
	873	5.00	

Оксидшавии хӯла, ки 0.1%-и вазн серияи дорад, ҳангоми 673, 773 ва 873 К омӯхта шуд. Бузургии максималии  $\Delta g/S$  ҳангоми оксидшавӣ ба 2.2 кг/м<sup>2</sup> ва минималӣ бошад ба 1.58 кг/м<sup>2</sup> баробар мешавад. Энергияи эҳтимолии оксидшавиро аз рӯи тангенси афтиши кунҷии рости вобастагии  $\lg K-1/T$  муайян намудем, ки 23.9 кҶ/мол –ро ташкил дод (ҷадвали 7).

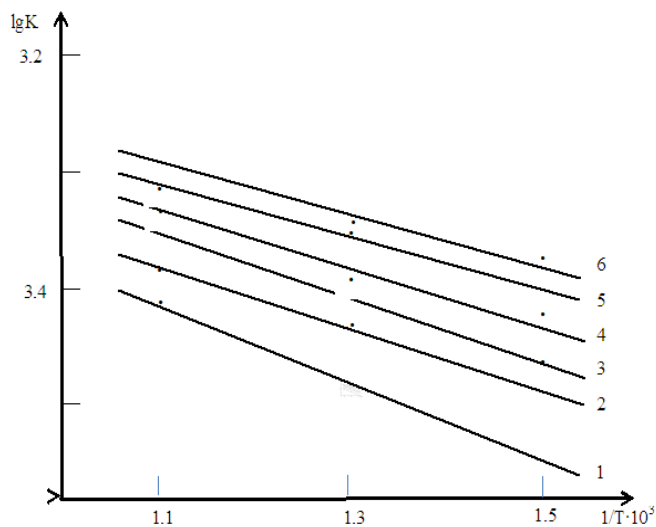
Ҷавҳаронидани хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо 0.2%-и вазн серияи қобилияти каме зиёдкунии суръати ҳақиқии оксидшавиро, мутаносибан камкунии бузургии энергияи эҳтимолии фаъолшавиро дар муқоиса бо хӯлаи аввалия эҷод менамояд. Масалан, агар дар фосилаи ҳарорати 673-873 К қимати суръати ҳақиқии оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки 0.01%-и вазн серияи дорад, аз  $3.32 \cdot 10^{-4}$  то  $4.16 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> бо энергияи фаъолшавии 31.9 кҶ/мол тағйир ёбад, дар ҳамин фосилаи ҳароратӣ суръати оксидшавии хӯла, ки дар таркибаш 0.5%-и вазн серияи дорад бо бузургиҳои  $4.16 \cdot 10^{-4}$ - $5.00 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> бо энергияи фаъолшавии баробар ба 16.4 кҶ/мол тавсифонида мешавад (ҷадвали 7).

Қаҷхати оксидшавии дар расми 3 овардашуда дар координатҳо ба муодилаи  $Y=Kt^n$  итоат менамояд, ки дар он n аз 2 то 5 дар вобастагӣ аз

таркиби оксидшавии хӯла тағйир меёбад (ҷадвали 8). Доварӣ аз рӯи вобастагии ғайрихаттии  $(g/s)^2$ -т (расми 3) ва қиматҳои ҷадвали 8 қайд кардан мумкин аст, ки хусусияти оксидшавии хӯлаҳо ба вобастагии гипербола итоат менмаоянд.



**Расми 3.** Качхати мураббаъи кинетикаи оксидшавии хӯлаи АМг2, бо серий чавҳаронида шудаанд, %-и вазн: 0.2 (а); 0.5 (б).



**Расми 4.** Вобастагии  $lgK$  аз  $1/T$  барои хӯлаи АМг2 (1), ки бо серий чавҳаронида шудаанд, %-и вазн: 0.01 (2); 0.03 (3); 0.1 (4); 0.2 (5); 0.5 (6).

Вобастагии  $lgK-1/T$  барои хӯлаҳои бо серий чавҳаронидашудаи АМг2, ки дар расми 4 оварда шудааст, нишон медиҳад, ки ба хӯлаи 0,5%-и вазн серийдошта қимати хурдтарини энергияи фаъолшавӣ, ки ба 16.4 кҶ/мол баробар аст, хос аст, мутаносибан, ба қиматҳои максималии суръати оксидшавии баробар ба  $4.44 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> хангоми 773К. Ба хӯлаҳои боқимонда камшавии суръати ҳақиқии оксидшавӣ дар муқоиса бо хӯлаҳои додасуда хос аст, вале аз рӯи қиматҳо ин нишондод баланд аст, нисбат ба хӯлаи аввалия. Вобастагии  $lgK-1/T$  дорои хусусияти ростхатӣ мебошад (расми 4).

**Чадвали 8.** Натиҷаҳои коркарди қачхати оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо серий чавҳаронида шудаанд, дар ҳолати сахт

Миқдори серий дар хӯлаи АМг <sub>2</sub> , %-и вазн	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Муодилаи қачхати оксидшавӣ	Зариби регрессии, R
0.2	673	$y = 0,5x^5 + 0,000x^4 - 0,004x^3 + 0,044x^2 - 0,032x$	0,991
	773	$y = 0,000x^4 - 0,002x^3 + 0,033x^2 - 0,004x$	
	873	$y = 0,000x^4 - 0,006x^3 + 0,079x^2 - 0,123x$	
0.5	673	$y = 0,000x^4 - 0,001x^3 + 0,028x^2 - 0,001x$	0,981
	773	$y = 0,000x^4 - 0,002x^3 + 0,033x^2 - 0,000x$	
	873	$y = 0,000x^4 - 0,002x^3 + 0,043x^2 + 0,014x$	

Ҳаммонанди ин кинетикаи оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо Sc, Y, Pr ва Nd таҳқиқот шуд. Дар чадвали 9 вобастагии энергияи эҳтимолии фаъолшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо МНЗ чавҳаронида шудаанд аз рақами тартибии онҳо оварда шудааст.

**Чадвали 9.** Вобастагии энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванди оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо МНЗ чавҳаронида шудаанд аз рақами тартибии онҳо

Системаи АМг <sub>2</sub> -R (R - РЗМ)	Миқдори МНЗ дар хӯлаи Мг <sub>2</sub> , %-и вазн					
	0,0	0,01	0,03	0,1	0,2	0,5
Sc	39,3	33,4	36,6	38,6	40,5	51,3
Y	39,3	-	62,8	92,1	80,6	71,2
Ce	39,3	31,9	27,4	23,9	21,3	16,4
Pr	39,3	40,3	46,3	58,5	60,3	71,5
Nd	39,3	41,4	47,3	53,6	62,5	76,1

Дида мешавад, ки ҳангоми гузариш аз скандий ба иттрий бузургии энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванди оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub> зиёд шуда, баъдан ҳангоми гузариш ба хӯлаҳо бо серий, празеодим ва неодим аз нав зиёд мешаванд. Дар байни компонентҳои чавҳаронии номбаршуда аз ҳама бештар ба оксидшавӣ устувор ин хӯлаҳое, ки 0,1-0,5%-и вазн иттрий, празеодим ва неодим мебошанд, ки аз рӯи бузургии энергияи фаъолшавӣ 2 маротиба оксидшавиро барои хӯлаи аввалияи АМг<sub>2</sub> зиёд менамоянд.

Ҳамин тавр, параметрҳои асосии кинетика ва механизми раванди оксидшавии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо металлҳои нодирзаминӣ чавҳаронида шудаанд, дар ҳолати сахт аниқ қарда шудааст. Нишон дода шудааст, ки дар қатори хӯлаҳо бо скандий, иттрий, серий, празеодим, неодим танҳо серий оксидшавии хӯлаи аввалияи АМг<sub>2</sub> –ро зиёд намуда, боқимонда иловаҳо суръати оксидшавии онро кам менамоянд. Эксперименталӣ нишон дода шудааст, ки оксидшавии хӯлаҳо бо қонуни гипербола амалӣ мегарданд.

## АСОСҲОИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ БАЛАНДКУНИИ УСТУВОРИИ АНОДИИ ХӢЛАИ АМГ<sub>2</sub>, КИ БО МЕТАЛЛҲОИ НОДИРЗАМИНӢ ҶАВҲАРОНИДА ШУДААНД

Таҳқиқоти хосияти анодии хӯлаи АМГ<sub>2</sub>, ки бо серий ҷавҳаронида шудаанд, дар муҳити электролити NaCl бо концентратсияҳои 0.03 ва 3% дар потенциостати ПИ-50.1.1 гузаронида шуд. Барои ҳалли вазифаи гузошташуда усули потенциостатикӣ дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенциал 2 мВ/с истифода гардид. Натиҷаҳои таҳқиқот дар ҷадвалҳои 10-13 ва расми 6 оварда шудааст.

Натиҷаҳои таҳқиқоти коррозсионӣ-электрохимиявии хӯлаҳо, ки дар ҷадвали 10 оварда шудааст, шаҳодат медиҳад, ки иловаҳои 0.1 ва 0.2 %-вазн серий ба хӯлаи аввалияи АМГ<sub>2</sub> дар ду муҳити таҳқиқшуда потенциалҳои коррозия, репассивӣ ва питтингҳосилкуниро ба самти мусбати қиматҳо тағйир медиҳад ва дар якҷағд бо ин устувории коррозсионии хӯлаи аввалия баланд мегардад. Ҷавҳаронидани баъдии хӯлаи АМГ<sub>2</sub> бо 0.5%-и вазн серий камтар потенциалҳои нишондодашударо ба самти манфии қиматҳо иваз менамояд. Потенциали питтингҳосилкунӣ (-E<sub>п.о.</sub>) то поляризацияи катодӣ амалан ғайриимкон аст, ки мумкин бо қимати ниҳонии дар самти қимати потенциали статсионарии ҷойдошта шарҳ дода шавад. Потенциали репассивии (-E<sub>реп.</sub>) хӯлаи АМГ<sub>2</sub>, ки бо 0.1-0.2%-и вазн серий ҷавҳаронида шудааст, дар ҳама муҳитҳои электролитии таҳқиқшудаи NaCl инчунин ба самти қиматҳои мусбӣ майл менамояд, ки бори дигар оиди беҳбудшавии мабдаҳои коррозсионӣ дар муҳити нейтралӣ аз ин шаҳодат медиҳад. Ин гуна рафтори хӯлаҳо дар ҳама муҳитҳои таҳқиқшуда мушоҳида мегардад (ҷадвали 10).

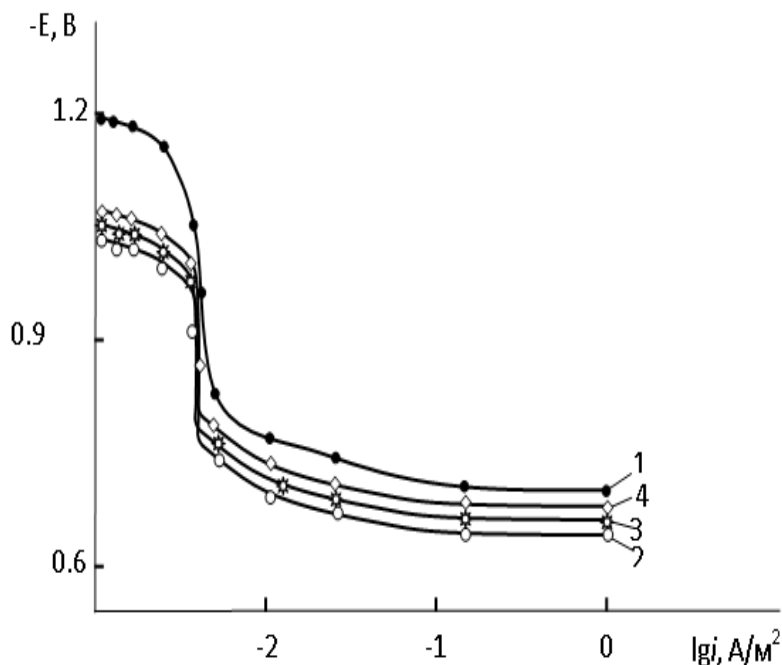
**Ҷадвали 10.** Таъсироти коррозсионӣ-электрохимиявии хӯлаи АМГ<sub>2</sub>, ки бо серий ҷавҳаронида шудаанд, дар муҳити электролити NaCl

Муҳит	Миқдори серий дар хӯла, %-и вазн	Потенциалҳои электрохимиявӣ (э.х.н.)				Суръати коррозия	
		-E <sub>св.корр.</sub>	-E <sub>корр.</sub>	-E <sub>по.</sub>	-E <sub>реп.</sub>	i <sub>корр.</sub> · 10 <sup>-2</sup>	K · 10 <sup>-3</sup>
		В				А/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup> · ч
3% NaCl	-	0.915	1.195	0.705	0.765	0.018	6.03
	0.1	0.780	1.048	0.640	0.682	0.015	5.03
	0.2	0.795	1.055	0.659	0.675	0.014	4.69
	0.5	0.816	1.073	0.685	0.700	0.016	5.36
0,03% NaCl	-	0.875	1.135	0.675	0.743	0.016	5.40
	0.1	0.710	0.990	0.600	0.650	0.012	4.02
	0.2	0.734	1.005	0.610	0.665	0.013	4.36
	0.5	0.755	1.039	0.634	0.685	0.015	5.03

Вобастагии потенциали озоди коррозия аз вақт барои хӯлаи АМГ<sub>2</sub>, ки бо серий ҷавҳаронида шудааст дар муҳити 3%-и маҳлули NaCl нишон медиҳад, ки хангоми воридкунии хӯла ба маҳлули электролит майлкунии камтарини потенциал ба самти мусбат ба вучуд меояд.



Қаҷхатҳои поляризатсионии анодии хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо серий ҷавҳаронида шудааст, нишон медиҳад, ки бо зиёдшавии консентратсияи компоненти сеюм майлқунии потенциалҳои коррозия ва питтингҳосилқуни дар муҳитҳои электролити 3.0 ва 0.03% NaCl дида мешавад.



**Расми 6.** Қаҷхати поляризатсионии анодии (суръати тобиши потенциал 2 мВ/сек) хӯлаи АМг<sub>2</sub> (1), ки дар таркибаш серий дорад, %-и вазн: 0.1 (2); 0.2 (3); 0.5 (4), дар муҳити электролити 3% NaCl.

Зичии ҷараёни электрикии коррозияи хӯлаи аввалияи АМг<sub>2</sub> дар муҳити 0,03 ва 3% NaCl 0.018 ва 0.016 А/м<sup>2</sup> -ро ташкил медиҳад, мутаносибан, ва ин қимат барои хӯла бо иловаи 0.2%-и вазн серий ба 0.013 ва 0.014 А/м<sup>2</sup> баробар аст, мутаносибан дар муҳити электролити 0.03 ва 3% NaCl (ҷадвали 10). Таҳқиқот шаҳодат медиҳад, ки бо афзоиши консентратсияи хлориди натрий, яъне бо зиёдшавии саҳми ионҳои хлорид, афзоиши суръати коррозияи хӯлаҳо 20-50% дида мешавад (ҷадвали 10).

Ҳамин тавр, ҳулосабарорӣ намудан мумкин аст, ки таъсири ҷавҳаронидани хӯлаи АМг<sub>2</sub> дар ҳудуди консентратсияи 0.1÷0.2% МНЗ зоҳир мегардад, ки ин имконият медиҳад, ки таркиби ба коррозияи анодии устувор ҳисобида шаванд.

Бо назардошти механизми коррозияи питтингии хӯлаҳои алюминий-магний, махсусан ба муайянкунии потенциали питтингҳосилқунии хӯлаҳо ва таъсири консентратсияи элементи ҷавҳаронӣ ва электролит ба тавсифоти асосии электрохимиявии хӯлаҳо диққат дода шуд. Бавучудоии питтинг бо вайроншавии ҳолати пассивӣ дар қисматҳои алоҳидаи сатҳи металлҳо ва хӯлаҳо дар натиҷаи таъсири анионҳо-фаълқунандаҳо ба алоқаманд аст. Дар ин қисматҳо происходит тез вайроншавии қабатҳои оксидӣ рӯх медиҳад, ки фаълшавии мавзёро даъват менамояд. Ниҳоят мумкин аст, инчунин бо берунқунии адсорбсионии анионҳо-фаълқунандаҳо оксиген дар қисматҳо, ки алоқаи мустақами оксиген бо металлҳо кам бошад, нисбат ба анионҳо алоқаманд бошад.

Натиҷаҳои дар ҷадвали 11 ва 12 овардашуда, нишон медиҳад, ки бо афзоиши концентратсияи МНЗ то 0.2%-и вазн питтингустувории хӯлаҳо зиёд мешавад, ки аз ин майлқунии потенциали озои коррозия ва питтингҳосилқуни ба самти мусбат шаҳодат медиҳад. Дар ин ҷода бештар хӯлаҳои ҷавҳаронидаи празеодим ва неодим ғоидаоваранд.

**Ҷадвали 11.** Вобастагии потенциали озои коррозияи (-E<sub>корр.оз.</sub>, В) хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо металлҳои нодирзаминӣ ҷавҳаронида шудаанд аз концентратсияи электролити NaCl

Элементи ҷавҳаронӣ	Микдори МНЗ, %-и вазн							
	0.0		0.1		0.2		0.5	
	муҳит							
	3% NaCl	0.03% NaCl	3% NaCl	0.03% NaCl	3% NaCl	0.03% NaCl	3% NaCl	0.03% NaCl
скандий	0.915	0.875	0.810	0.715	0.803	0.722	0.829	0.745
иттрий	0.915	0.875	0.875	0.830	0.890	0.844	0.920	0.885
церий	0.915	0.875	0.780	0.710	0.795	0.734	0.816	0.755
празеодим	0.915	0.875	0.758	0.695	0.765	0.711	0.800	0.740
неодим	0.915	0.875	0.730	0.680	0.744	0.695	0.795	0.728

**Ҷадвали 12.** Тағйирёбии потенциали питтингҳосилқунии (-E<sub>п.о.</sub>, В) хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо металлҳои нодирзаминӣ ҷавҳаронида шудаанд, дар муҳити электролити NaCl

Элементи ҷавҳаронӣ	Микдори МНЗ, %-и вазн							
	0.0		0.1		0.2		0.5	
	муҳит							
	3% NaCl	0.03% NaCl	3% NaCl	0.03% NaCl	3% NaCl	0.03% NaCl	3% NaCl	0.03% NaCl
скандий	0.705	0.675	0.655	0.617	0.645	0.605	0.670	0.660
иттрий	0.705	0.675	0.684	0.640	0.695	0.654	0.710	0.685
церий	0.705	0.675	0.640	0.600	0.659	0.610	0.685	0.634
празеодим	0.705	0.675	0.625	0.590	0.634	0.605	0.660	0.620
неодим	0.705	0.675	0.600	0.575	0.612	0.580	0.638	0.605

Баландшавии устувории коррозии хӯлаҳо, ки то 0.2%-и вазн скандий, иттрий ва элементҳои зергурӯҳи серий доранд, бо ҳалшавии онҳо дар хӯлаи АМг<sub>2</sub> ва ҳосилшавии қабати муҳофизатии оксидӣ дар сатҳи намунаҳо, ки бо набудани нуқсонҳо ва ба хлорид-ионҳо устуворӣ шарҳ дода мешавад.

Натиҷаҳои дар ҷадвали 13 овардашуда, нишон медиҳад, ки бо афзоиши концентратсияи МНЗ то 0.2%-и вазн мурағаб пастшавии суръати коррозияи хӯлаҳо дида шуда, зиёдшавии концентратсияи баъдӣ компоненти ҷавҳаронӣ суръати коррозияи хӯлаи аввалияи АМг<sub>2</sub> –ро яқҷанд зиёд менамояд. Дар байни МНЗ компоненти ҷавҳаронии самаранок ин празеодим ва неодим мебошанд.

**Чадвали 13.** Вобастагии суръати коррозияи ( $K \cdot 10^{-3}$  г/м<sup>2</sup>·ч) хӯлаи АМг<sub>2</sub> аз миқдори металлҳои нодирзаминӣ дар муҳити электролити NaCl

элементи чавҳаронӣ	муҳит							
	3% NaCl				0.03% NaCl			
	миқдори МНЗ, %- вазн							
	-	0.1	0.2	0.5	-	0.1	0.2	0.5
скандий	6.03	5.36	5.03	5.70	5.40	4.36	4.69	5.69
иттрий	6.03	5.70	6.03	6.70	5.40	4.69	5.69	6.37
церий	6.03	5.03	4.69	5.36	5.40	4.02	4.36	5.03
празеодим	6.03	4.36	4.02	4.69	5.40	3.35	3.69	4.36
неодим	6.03	3.69	3.35	4.02	5.40	2.68	3.02	3.35

Дар натиҷаи таҳқиқоти коррозионӣ-электрохимиявӣ хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки дар таркибаш скандий, иттрий, серий, празеодим ва неодим дорад, гузаронида шуда, қайд намудан мумкин аст:

- бо зиёдшавии консентратсияи скандий потенциали озоди коррозия ( $-E_{\text{корр.оз.}}$ ) ба самти мусбати қиматҳо аз -0.915 то -0.715 В майл менамояд (чадвали 11);

- потенциали коррозияи ( $-E_{\text{корр.}}$ ) хӯлаи АМг<sub>2</sub>, ки бо иттрий чавҳаронида шудаанд, дар фосилаи -0.915÷-0.830 В қарор дорад (чадвали 11);

- хӯлаҳо бо миқдори минималии (0.1÷0.2%-и вазн) элементҳои зергурӯҳи серий дар муқоиса бо хӯлаҳои системаҳои АМг<sub>2</sub>-Sc ва АМг<sub>2</sub>-Y бо қиматҳои мусбии потенциалҳои пиннингҳосилкунӣ, коррозия ва репассивӣ тавсифонида мешаванд, аммо чавҳаронидани МНЗ то 0.5%-и вазн пайҳам бузургии потенциалҳои нишондодашударо ба тарафи манфӣ майл мекунонад (чадвалҳои 11 ва 12);

- суръати коррозияи хӯлаҳо ҳангоми иловаи неодим 0.1%-и вазн қимати минималиро ( 2 маротиба нисбат ба хӯлаҳои асосӣ кам мешавад) дошта, зиёдшавии баъдии миқдори неодим қобилияти зиёдкунии суръати коррозияи хӯлаи аввалияро дорад (таблица 13);

- қачхати анодӣ нишон медиҳад, ки бо афзоиши консентратсияи компоненти сеюм - МНЗ дар ҳудуди 0.1 то 0.2%-и вазн майлқунии онҳо ба самти мусбат рӯҳ медиҳад (расми 5).

Тавсифоти коррозионӣ-электрохимиявӣ хӯлаҳои системаҳои АМг<sub>2</sub>-Sc (Y, Ce, Pr, Nd) –ро муқоиса намуда, қайд кардан мумкин аст, ки миқдори оптималии МНЗ ба консентратсияи 0.1÷0.2%-и вазн мутобиқ аст. Аз ҳама системаҳои таҳқиқшуда қимати минималии суръати коррозия ба хӯлаҳои системаи АМг<sub>2</sub>-Nd тааллуқ дорад.

Ҳамин тавр, ҳулосабарорӣ намудан мумкин аст, ки чавҳаронидани хӯлаи АМг<sub>2</sub> бо скандий, иттрий ва элементҳои зергурӯҳи серий имконият медиҳад, ки онҳо ба сифати хӯлаҳои ба коррозия устувор (суръати коррозия 1.5-2 маротиба нисбат ба хӯлаи аввалия кам мешавад) бо миқдори оптималии (0.1÷0.2%-и вазн) Sc, Y, Ce, Pr ва Nd (0.1÷0.2%-и вазн) истифода шаванд.

## ХУЛОСАҶО

1. Дар речаи «хунуккунӣ» вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш, зареби гармидиҳӣ ва функсияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия, энергияи Гиббс) ҳӯлаи  $AMg_2$ , ки бо металлҳои нодирзаминӣ ҷавҳаронида шудаанд, таҳқиқ карда шуд. Аниқ карда шудааст, ки бо афзоиши ҳарорат ва миқдори  $MnZ$  зареби гармидиҳӣ ва гармиғунҷоиш зиёд мешаванд. Ҳангоми гузариш аз скандий ба иттрий ва баъдан ба серий бузургиҳои гармиғунҷоиш ва зареби гармидиҳӣ кам мешаванд, аммо барои ҳӯлаҳо бо празеодим ва неодим зиёд мешаванд, ки бо маълумоти адабиёт барои  $MnZ$ -и тоза дар ҳудуди зергурӯҳ мувофиқат менамоянд.

2. Бо таҳқиқоти вобастагии ҳароратии функсияҳои термодинамикии ҳӯлаи  $AMg_2$  бо металлҳои нодирзаминӣ нишон дода шудааст, ки энталпия ва энтропияи ҳӯлаҳо ҳангоми гузариш аз ҳӯлаҳо бо скандий ба иттрий ва серий кам шуда, вале ба празеодим ва неодим зиёд мешаванд. Бузургии энергияи Гиббс дар ин ҳолат вобастагии баръаксро дорад, яъне аз ҳӯлаҳо бо скандий ба серий зиёд шуда, ба празеодим ва неодим кам мешавад. Бо афзоиши ҳарорат энталпия ва энтропияи ҳӯлаҳо зиёд гардида, қимати энергияи Гиббс кам мешавад. Бо зиёдшавии консентратсияи компоненти ҷавҳаронӣ дар ҳӯлаи  $AMg_2$  энталпия ва энтропияи ҳӯлаҳо кам гардида, энергияи Гиббс зиёд мешавад.

3. Бо усули термогравиметрӣ кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи  $AMg_2$ , ки бо металлҳои нодирзаминӣ ҷавҳаронида шудаанд, таҳқиқ карда шуд. Аниқ карда шудааст, ки дар ҳолати саҳт оксидшавии ҳӯлаҳо ба вобастагии гипербола итоат менамоянд. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои иттрий, скандий, неодим ва празеодим устувориҳои ҳӯлаи аввалияи  $AMg_2$  –ро ба оксидшавӣ зиёд менамоянд. Дар ин ҳолат энергияи эҳтимолии оксидшавии ҳӯлаҳо ҳангоми бо металлҳои нишондодашуда ҷавҳаронидан аз 39.3 то 76.1 кҶ/мол зиёд гардида, суръати ҳақиқии оксидшавӣ бошад, дорои тартиби  $10^{-4}$  кг/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> аст. Иловаҳои серий ба ҳӯлаи аввалияи  $AMg_2$  оксидшавии онро зиёд менамояд, ки аз ин камшавии бузургии энергияи эҳтимолиӣ дар ҳама ҳӯлаҳои таҳқиқшуда шаҳодат медиҳад.

4. Бо усули ИК-спектроскопӣ маҳсули оксидшавии ҳӯлаҳо таҳқиқ карда шуд. Нишон дода шудааст, ки маҳсули оксидшавии ҳӯлаҳо асосан аз оксиди алюминий -  $Al_2O_3$ , магний -  $MgO$  ва оксидҳои таркиби  $RAIO_3$ , ки ин ҷо  $R$  –  $MnZ$  мебошанд, иборат аст. Аниқ карда шудааст, ки таркиби фазавии маҳсули оксидӣ бо фаъолнокии металл, ки ба таркиби ҳӯла ворид мешавад, муайян карда мешавад. Нақши асосиро дар ҳосилкунии қабатҳои оксидӣ дар сатҳи намунаҳо ин мавҷудияти металл дар консентратсияҳои муайян иҷро менамояд. Дар ин ҳолат фазаи бавучудоранда дар маҳсули оксидшавии ҳӯлаҳо оксиди алюминий мебошад.

5. Бо усули потенциостатикӣ дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенциал дар 2 мВ/сония рафтори анодии ҳӯлаи  $AMg_2$ , ки бо металлҳои нодирзаминӣ ҷавҳаронида шудаанд дар муҳити электролити  $NaCl$  таҳқиқ карда шуд. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои  $MnZ$  то 0,2%-и

вазн устувории хӯлаи аввалияи АМг2 –ро 1,5-2,0 маротиба кам менамояд. Дар ин ҳолат питтингустувории хӯлаҳо назаррас зиёд мешаванд, ки аз ин майлқунии потенциалҳои коррозия ва питтингҳосилқунӣ ба самти мусбати қиматҳо шаҳодат медиҳад. Дар ин ҷода манфиатовар ин хӯлаҳои бо празеодим ва неодим ҷавҳаронида мебошанд. Аниқ қарда шудааст, ки ибтидои концентратсияи хлорид-ионҳо дар электролит суръати коррозияи хӯлаҳо 1,5-2,0 маротиба зиёд мешаванд.

6. Дар асоси таҳқиқоти физикӣ-химиявӣ иҷронамуда, ҳудуди ҷавҳаронии хӯлаи АМг2 бо металлҳои нодирзаминӣ илмӣ асоснок қарда шудааст. Махсусан, нишон дода шудааст, ки миқдори оптималии МНЗ дар хӯлаи АМг2 ба концентратсияи 0,1-0,2%-и вази мутобиқ аст. Хӯлаҳои бо неодим ҷавҳаронидашуда бо қимати хурдтарини коррозия фарқ менамоянд.

7. Дастгоҳи эксперименталӣ барои ҷенқунии гармиғунҷоиши ҷисмҳои саҳт қорқард қарда шудааст (Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон №ТҶ 510), ки бо мақсадҳои илмӣ ва амалӣ дар факултети физикии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ истифода мешавад.

## РУЙҲАТИ ИНТИШОРОТ АЗ РҶҶИ МАВЗҶИ ДИССЕРТАТСИЯ

### *Монография:*

1. **Иброҳимов, Н.Ф.** Физикохимия сплава АМг2 с редкоземельными металлами / Н.Ф. Иброҳимов, И.Н. Ганиев, Х.О. Одинаев.- Душанбе, Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, 2016.- 153 с.

*Руйҳати мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои илмӣ бо тавсияи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд:*

2. **Иброҳимов, Н.Ф.** Влияние иттрия на теплофизические свойства сплава АМг2 / Н.Ф. Иброҳимов, И.Н. Ганиев, Н.И. Ганиева // Вестник Новосибирского государственного технического университета.-2017, №2(67) -с. 177-187.
3. **Иброҳимов, Н.Ф.** Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 / Н.Ф. Иброҳимов, И.Н. Ганиев, З. Низомов, Н.И. Ганиева С.Ж. Ибраҳимов // Физика металлов и металловедение.- 2016, т.117, №1, с.53–57.
4. **Иброҳимов, Н.Ф.** Влияние празеодима на кинетику окисления сплава АМг2 в твердом состоянии / Н.Ф. Иброҳимов, И.Н. Ганиев, А.Э. Бердиев, Н.И. Ганиева // Металлы. – 2015, №4, с.15-19.
5. **Иброҳимов, Н. Ф.** Исследование температурной зависимости теплоемкости сплава АМг6 методом «охлаждения» / Н.Ф. Иброҳимов, З. Низомов // Вестник Таджикского технического университета.- 2012, №1(19), с.62- 66.
6. **Иброҳимов, Н.Ф.** Влияние иттрия на кинетику окисления твёрдого сплава Al+2.0% Mg / Н.Ф. Иброҳимов И.Н. Ганиев, Н.И. Ганиева, А.Э Бердиев // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2013, т.56, №7, с.559-564.

7. **Иброхимов, Н.Ф.** Кинетика окисления сплава Al+2.0% Mg, легированного церием / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Н.И. Ганиева, А.Э. Бердиев, Х.О. Одинаев // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2012, т.55, №5, с.407-411.
8. Гулов, Б.Н. Сравнения температурной зависимости теплоемкости и коэффициента теплоотдачи алюминия марки А7 / Б.Н. Гулов, Ф. Мирзоев, Р.Х. Саидов, З. Низомов, **Н.Ф. Иброхимов** // Вестник Таджикского технического университета.- 2011, №1(13), с.8-10.
9. **Иброхимов, Н. Ф.** Кинетика окисления сплава AMg<sub>2</sub>, легированного скандием в твердом состоянии / Н. Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев. Н.И. Ганиева, А.Э. Бердиев // Вестник Технологического университета Таджикистана.- 2014, №1(22), с.232-237.

*Мақолаҳое, ки дар маводҳои конференсияҳо нашр шудаанд:*

10. **Иброхимов, Н.Ф.** Температурная зависимость теплоемкости сплава AMg<sub>6</sub> / Н.Ф. Иброхимов, Н.И. Ганиева, З. Низомов // Матер. Республ. науч.-практ. конф. «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», посвящ. 20-летию Государственной независимости Республики Таджикистан.- Душанбе, 2011, с.154-155.
11. **Иброхимов, Н.Ф.** Температурная зависимость удельной теплоемкости и коэффициента теплоотдачи алюминиевых сплавов AMg<sub>2</sub>, AMg<sub>4</sub> и AMg<sub>6</sub> / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, С.Ж. Иброхимов, З. Низомов // Матер. Междунар. конф. по физике конденсированного состояния, посвящ. 85-летию академика А.А. Адхамова. -Душанбе, 2013, с.54-58.
12. **Иброхимов, Н.Ф.** Температурная зависимость теплоемкости и коэффициента теплоотдачи сплава AMg<sub>2</sub>, легированного скандием / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З. Низомов, Н.И. Ганиева // Матер. Республ. науч.-практ. конф. «Достижения инновационной технологии композиционных материалов и их сплавов в машиностроении», посвящ. 80-летию профессора кафедры «Технология и машиноведения» Н.К. Каримова. -Душанбе, 2014, с.98-100.
13. **Иброхимов, Н.Ф.** Температурная зависимость теплоемкости и коэффициента теплоотдачи сплава AMg<sub>2</sub>, легированного неодимом / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З. Низомов, Н.И. Ганиева // Матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования», Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими.- Душанбе, 2014, ч.1, с.295-297.
14. **Иброхимов, Н.Ф.** Температурная зависимость теплофизических свойств сплавов AMg<sub>6</sub> и AMg<sub>2</sub> / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З. Низомов, Н.И. Ганиева, Н.Ш. Вазиров // Матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования», Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими.- Душанбе, 2014, ч.1, с.203-206.
15. **Иброхимов, Н.Ф.** Температурная зависимость удельной теплоемкости алюминиевых сплавов AMg<sub>2</sub>, AMg<sub>4</sub> и AMg<sub>6</sub> / Н.Ф. Иброхимов, Н.Ш. Вазиров, И.Н. Ганиев, С.Ж. Иброхимов // Матер. науч. конф. «Современные

- проблемы естественных и социально-гуманитарных наук», посвящ. 10-летию Научно-исследовательского института ТНУ. - Душанбе, 2014, с.83-84.
16. **Иброхимов, Н.Ф.** Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи сплава АМг2 легированного иттрием / Н.Ф. Иброхимов, Н.Ш. Вазиров, И.Н. Ганиев, С.Ж. Иброхимов // Матер. науч. конф. «Современные проблемы естественных и социально-гуманитарных наук», посв. 10-летию Научно-исследовательского института ТНУ.- Душанбе, 2014, с.60-61.
17. **Иброхимов, Н.Ф.** О влияние неодима на анодное поведение сплава АМг2 / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Н.И. Ганиева // Матер. X Международная теплофизическая школа. «Теплофизические исследования и измерения при контроле качестве веществ, материалов и изделия», Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими. Тамбовский государственный технический университет.- Душанбе-Тамбов, 2016, с.138-143.
18. **Иброхимов, Н.Ф.** Теплофизические свойства сплава АМг2 легированного иттрием / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Н.И. Ганиева // Матер. X Международная теплофизическая школа. «Теплофизические исследования и измерения при контроле качестве веществ, материалов и изделия», Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими. Тамбовский государственный технический университет.- Душанбе-Тамбов, 2016, с.161-170.

*Ихтироот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия:*

19. Малый патент ТД 510 Республики Таджикистан . Установка для измерения теплоемкости твердых тел / Низомов З., Гулов Б., Саидов Р., Обидов З.Р., Мирзоев Ф., Авезов З., **Иброхимов Н.Ф.** Приоритет изобретения от 03.10.2011; Бюллетень изобретений (№97). 2011.

*Дигар навириёт:*

20. **Иброхимов, Н.Ф.** Теплофизические свойства сплава АМг2 с редкоземельными металлами / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З. Низомов.- Германия, Издательский дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014.- 96 с.

## АННОТАТСИЯ

**ба рисолаи Иброҳимов Насимҷон Файзуллоевич «Ҳосиятҳои физикӣ-химиявии хӯлаи  $AMg_2$  бо металлҳои нодирзаминӣ» барои дарёфти дараҷаи илмии номзоди илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.02.01- Маводшиносӣ (дар машинсозӣ)**

*Мақсади рисола* ин аниқ намудани муҳимияти оксидшавӣ, вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикӣ, инчунин ҳосиятҳои анодии хӯлаи  $AMg_2$ , ки бо металлҳои нодирзаминӣ чавҳаронида шудаанд ва коркарди таркиби нави хӯлаҳо бо тавсифоти беҳбудшуда мебошад.

Дар асоси ба тадқиқотҳои гузарондашуда: модели математикии вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш, зариби гармидиҳӣ ва функцияҳои термодинамикӣ (энталпия, энтропия, энергияи Гиббс) барои хӯлаи  $AMg_2$  бо МНЗ ҳосил карда шудааст; параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи  $AMg_2$  бо МНЗ муайян карда шудааст; нишон дода шудааст, ки оксидшавии хӯлаҳо ба муодилаи гипербола итлоат менамоянд; маҳсулоти оксидшавии хӯлаҳо муайян карда шуда, нақши онҳо дар бавучудории механизми оксидшавии хӯлаҳо нишон дода шудааст; параметрҳои асосии раванди коррозияи хӯлаи  $AMg_2$  бо МНЗ ва механизми анодии коррозияи хӯлаҳо аниқ карда шудааст.

Аҳамияти амалии рисола: эксперименталӣ ҳосил намудани қиматҳои оиди вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш, зариби гармидиҳӣ ва функцияҳои термодинамикии хӯлаи  $AMg_2$  бо МНЗ саҳфаҳои мутааллиқи адабиётҳоро афзун менамоянд; дастгоҳи эксперименталӣ барои ченкунии гармиғунҷоиши ҷисмҳои саҳт (Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон №ТJ 510) бо мақсадҳои илмӣ ва амалӣ дар факултети физикии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ истифода мешавад; дар асоси таҳқиқотҳои иҷрокардашуда коркарди усули баландкунии устувории коррозиони хӯлаҳо, ки бо МНЗ чавҳаронида шудаанд ва таркибҳои нави мураккаби онҳо коркард шудаанд.

Интишорот. Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқот 1 монография ва 18 мақолаҳои илмӣ нашр шудаанд, ки аз онҳо 8 мақола дар маҷаллаҳои тавсиянамудаи КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шуда, 1 нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудааст.

*Калимаҳои калидӣ:* хӯлаи  $AMg_2$ , магний, скандий, иттрий, вобастагии гармиғунҷоиш аз ҳарорат, ченкунии гармиғунҷоиш, энталпия, энтропия, энергияи Гиббс, празеодим термогравиметрӣ - кинетикаи оксидшавӣ, суръати ҳақиқии оксидшавӣ, энергияи фаъол. усули потенциостатикӣ, реҷаи потенциодинамикӣ, суръати тобиши потенциал, питтингҳосилкунӣ.



## РЕЗЮМЕ

**на диссертацию Иброхимова Насимжона Файзуллоевича «Физико-химические свойства сплава АМг2 с редкоземельными металлами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 – материаловедение (в машиностроении)**

*Целью работы* явилось установление особенностей окисления, температурных зависимостей теплоемкости и термодинамических функции, а также анодных свойств сплава АМг2, легированного редкоземельными металлами и разработки новых композиций сплавов с улучшенными характеристиками.

На основе проведенных исследований: получены математические модели температурных зависимостей теплоемкости, коэффициента теплоотдачи и термодинамических функции (энтальпии, энтропии, энергии Гиббса) для сплава АМг2 с РЗМ; определены кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплава АМг2 с РЗМ; показано, что окисление сплавов подчиняется гиперболическим уравнениям; расшифрованы продукты окисления сплавов и показана их роль в формировании механизма окисления сплавов; установлены основные электрохимические параметры процесса коррозии сплава АМг2 с РЗМ и анодный механизм коррозии сплавов.

Практическая значимость работы: экспериментально полученные данные по температурным зависимостям теплоемкости, коэффициента теплоотдачи и термодинамическим функциям сплава АМг2 с РЗМ пополняют страницы соответствующих справочников; экспериментальная установка для измерения теплоемкости твердых тел (Малый патент Республики Таджикистан №ТТ 510) используется в научных и учебных целях на физическом факультете Таджикского национального университета и в Таджикском техническом университете им. М. С. Осими; на основании выполненных исследований разработан способ повышения коррозионной стойкости сплавов, легированных РЗМ, и составы новых композиций, которые защищены малыми патентами Республики Таджикистан.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и приложения, изложена на 162 странице компьютерного набора, включает 77 рисунков, 66 таблиц, 104 библиографических наименований.

По результатам исследований опубликовано монография и 18 научных работ, из них 8 в журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан, получен 1 малый патент Республики Таджикистан.

*Ключевые слова:* сплав АМг2, магний, скандий, иттрий, температурная зависимость, теплоемкость, измерения теплоемкости, коэффициент теплоотдачи, термодинамические функции, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, празеодим, термогравиметрический, метод, окисление, кинетика окисления, истинная скорость окисления, энергия активации, потенциостатический метод, потенциалы свободной коррозии, питтингообразования и репассивации, скорость коррозии.

**ANNOTATION**  
**on Nasim Ibrokhimov's dissertation "Physical and chemical properties**  
**of alloy AMr2 with rare-earth metals", which represented for getting**  
**science degrees of candidate of technical science**  
**05.02.01 – materials technology (in mechanical engineering)**

*The work purpose* was the establishment of features of oxidation, temperature dependences of a thermal capacity and thermodynamic functions, and also anode properties of alloy AMr2 alloyed by rare-earth metals (REM) and working out of new compositions of alloys with improved characteristics.

On the basis of the spent researches: mathematical models of temperature dependences of a thermal capacity, factor thermo and thermodynamic functions (enthalpy, entropy, energy Гиббса) for alloy AMr2 with REM are received; kinetic and power parameters of process of oxidation of alloy AMr2 with REM are defined; it is shown, that oxidation of alloys submits to the hyperbolic equations; products of oxidation of alloys are deciphered and their role in formation of the mechanism of oxidation of alloys is shown; the basic electrochemical parameters of process of corrosion of alloy AMr2 with REM and the anode mechanism of corrosion of alloys are established.

The practical importance of work: experimentally obtained data on temperature dependences of a thermal capacity, factor thermo and to thermodynamic functions of alloy AMr2 with REM will fill up pages of corresponding directories; experimental installation for measurement of a thermal capacity of firm bodies (the Small patent of Republic Tajikistan №TJ 510) is used in the scientific and educational purposes at physical faculty of the Tajik national university and at the Tajik technical university after named by M.S.Osimi; on the basis of the executed researches ways of increase of corrosion firmness of the alloys alloyed REM, and structures of new compositions which are protected by small patents of Republic Tajikistan are developed.

Dissertational work consists of the introduction, four heads and the appendix, is stated on 162 page of a computer set, includes 77 drawings, 66 tables, 103 bibliographic names.

By results of researches it is published the monography and 18 scientific works, from them 8 in the journals, recommended HCC at the President of Republic Tajikistan, 1 small patent of Republic Tajikistan is received.

*Key words:* alloy AMg2, magnesium, scandium, yttrium, temperature dependence, heat capacity, heat capacity, heat transfer coefficient, thermodynamic functions, enthalpy, entropy, Gibbs energy, praseodymium, thermogravimetric method, oxidation, oxidation kinetics, true oxidation rate, activation energy, potentiostatic method, free corrosion potentials, pitting and repassivation, corrosion rate.

Ба чоп 30.06.2017 ичозат шуд. Ба чоп 12.07.2017 имзо шуд.  
Коғази офсетӣ. Чопи офсетӣ. Ҳуруфи адабӣ.  
Андозаи 60x84 1/16. Ҷузъи чопӣ 3,0.  
Тездоди нашр 100 нусха.

---

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

