

Бо ҳуқуқи дастхат



**САИДЗОДА Раҳимчон Ҳамро
(САИДОВ Раҳимчон Ҳамроқулович)**

**СОХТОРБАНДӢ ВА ХОСИЯТҲОИ
ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ ХӢЛАҲОИ
САБУКИ АЛЮМИНИЙ БО МЕТАЛЛҲОИ
НОДИРЗАМИНӢ ВА ИШҚОРЗАМИНӢ**

05.02.01 - Маводшиносӣ (дар мошинсозӣ)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии
доктори илмҳои техникаӣ

Душанбе - 2017

Диссертатсия дар кафедраҳои “Масолехшиносӣ, металлҳо ва таҷҳизоти мошинҳо”, “Бехатарии фаъолияти инсон ва экология”-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ ва дар шуъбаи “Физикаи ҳолатҳои конденсӣ”-и Институти илмӣ-таҳқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон иҷро шудааст.

Мушовирони илмӣ:

Ғаниев Изатулло Наврузович

доктори илмҳои химия, профессор,
академики АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон;

Одиназода Ҳайдар Одина

доктори илмҳои техника, профессор,
узви вобастаи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон

Муқарризонии расмӣ:

Новоженов Владимир Антонович

доктори илмҳои химия, профессори кафедраи
химияи физикӣ ва ғайриорганикии Донишгоҳи
давлатии Алтай

Ғафоров Абдулазиз Абдуллофизович

доктори илмҳои техника, дотсент, и.в.
профессори кафедраи мошинҳо ва дастгоҳҳои
истехсоли хӯрокаи Донишгоҳи технологии
Тоҷикистон

Абулҳаев Владимир Чалолович

доктори илмҳои химия, профессор,
муовини директор оид ба илм ва таҳсилоти
Институти химияи ба номи В.И. Никитини
АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон

Муассисаи пешбар:

**Филиали Донишгоҳи миллии таҳқиқотии
технологии “Донишкадаи пӯлоду хӯлаҳои
Москва” дар шаҳри Душанбе**

Ҳимояи диссертатсия "25" октябри соли 2017, соати 10⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-007 дар назди Институти химияи ба номи В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон, дар суроғай: 734063, ш. Душанбе, кӯчаи Айнӣ - 299/2 баргузор мегардад. E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Шиносой бо диссертатсия дар китобхонаи Институти химияи ба номи В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ва дар сомонаи www.chemistry.tj.

Автореферати диссертатсия фиристода шуд «13» сентябри соли 2017

Котиби илмии Шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техника, дотсент



Обидов З.Р.

ТАВСИФИ УМУМИИ КОР

Мубрамияти мавзӯи таҳқиқотӣ. Рушди металлҳои ранга аз рӯи сифатнокии металлҳои ранга ва хӯлаҳои сабуки алюминий, бо назардошти як қатор хосиятҳои нодирони онҳо худ муайян мегардад. Айни замон як қатор хӯлаҳои алюминийи конструксионии дорои хусусиятҳои ба онҳо хоси тавсифӣ, аз ҷумла хӯлаҳои ниҳоят сабук бо вазни хоси мувофиқ ва хӯлаҳои сабуки алюминий, дар авиатсия, саноати ҳастай, техникаҳои мушакӣ ва кайҳонӣ, инчунин дар электроника ва электротехника, ҳамчун маводи конструксионӣ ва инчунин маводи акустодемпфирӣ ва садомуҳофиз, татбиқи васеи худро ёфтаанд.

Дар оянда, истифодаи васеи хӯлаҳои сабуки алюминий бо металлҳои нодирзаминӣ (МНЗ) ва ишқорзаминӣ (МИЗ)-ро мавҷудияти миқдори зиёди ашёи хом кафолат медиҳад. Дар айни ҳол МНЗ ва МИЗ ҳамчун иловаҳои ҷавҳаркунанда ба таври васеъ истифода бурда мешаванд. МНЗ ва МИЗ дорои як қатор хосиятҳои нодир мебошанд. Бо дарназардошти ин хосиятҳои нодир, минбаъд, ҳамчун иловаҳои ҷавҳарикунанда ба хӯлаҳои алюминий МНЗ ва МИЗ, аз ҷумла, празеодим, неодим, самарий, стронсий, барий ва ғайра истифода мешаванд.

Аз гуфтаҳои боло бармеояд, ки таҳқиқоти физикӣ-химиявии механизмҳои баҳамтаъсирии алюминий бо МНЗ ва бериллий барои муайян намудани қонуниятҳои сохторбандии маҳлулҳои саҳт ва дар ин асос коркарди хӯлаҳои сабуки нав, инчунин омӯзиши хосиятҳои гармофизикии онҳо, дорои мубрамият аст. Пас зарурияти таҳқиқоти хусусиятҳои гармофизикии алминийи тамғаи А5N ва хӯлаҳои ҷавҳаронидашудаи он, ки соҳаи тадқиқоти вобастагии ҳароратии хосиятҳои гармофизикӣ ва функцияҳои термодинамикии хӯлаҳои алюминияро мукамал мегардонад, талаб карда мешавад.

Диссертатсияи мазкур мутобиқи Барномаҳои давлатии «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм ва технология дар солҳои 2007-2015» ва «Татбиқи натиҷаҳои дастовардҳои илмӣ-техникӣ дар истеҳсолоти саноатӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2010-2015» ба иҷро расидааст.

Объектҳои тадқиқотӣ. Дар диссертатсияи мазкур муаллиф оиди хӯлаҳои алюминий ва бериллий бо МНЗ (Pr, Nd, Sm), ки дорои хусусиятҳои баланди демпферӣ (садопахшкунандагӣ) мебошад, таҳқиқот гузарондааст. Инчунин, объектҳои таҳқиқотӣ алюминийи тамғаи А5N (99,999%) ва А7 (99,7%), кремнийи тамғаи Кг00 (99,0%), миси тамғаи М00 (99,99%) ва хӯлаҳои АК1 ва АК1М2 дар асоси тамғаи алюминийи А5N ва хӯлаи АК1М2, бо ҷавҳаронидани қисмати МНЗ (Sc, I, Pr ва Nd), лигатурҳо ва хӯлаҳо бо ҷалби барий ва стронсий мавриди тадқиқот қарор гирифтанд. Интихоби объектҳои таҳқиқшаванда дар асоси дурнамои истифодаи онҳо дар соҳаҳои гуногуни саноат, илм ва техника сурат гирифтааст. Ҷамаи хӯлаҳо дар Корхонаи илмӣ-таҷрибавӣ ва истеҳсолии АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон коркард ва ҳосил шудаанд.

Таҳқиқоти таҷрибавӣ, ҳамчунин, тӯли солҳои 1995-1997 дар кафедраи химияи ғайриорганикии Донишгоҳи давлатии Львов ба номи Иван Франко гузаронида шудааст.

Мақсади кор: муайян намудани механизмҳои ташаккули сохторбандӣ ва муайян кардани хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва гармофизикии ҳӯлаҳои сабуки алюминий бо МНЗ ва МИЗ, инчунин муқаррар намудани қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои гармофизикии алюминийи тамғаи А5N, ҳӯлаҳои АК1 ва АК1М2 дар асоси алюминийи холиси тамғаи А5N бо скандий, иттрий, празеდიум ва неодим чавҳаронидашуда, дар ҳудуди ҳарорати 293÷873 К, мебошад.

Дар диссертатсия, ба мақсади расидан ба ҳадафи бамиёнгузошта, масъалаҳои зерини таҳқиқотӣ мавриди иҷро қарор гирифтанд:

1. Сохтани диаграммаи ҳолати ҳӯлаҳои Al-Be-Pr (Nd, Sm).
2. Муайян намудани ҳарорати обшавии интерметаллидҳои сечандаи $Al_{57}Be_{23}Pr_{20}(D_3)$, $Al_{57}Be_{23}Nd_{20}(D_4)$ ва $Al_{57}Be_{23}Sm_{20}(D_5)$.
3. Сохтани буришҳои квазибинарии Al- D_n , Al- $P3MBe_{13}$, $P3MBe_{13}-D_n$, $P3MBe_{13}-P3MAl_2$, $P3MAl_2-D_n$ дар системаҳои пешбинишуда.
4. Гузаронидаи триангулятсияи сингулярии системаҳои таҳқиқшаванда ва сохтани проексияи сатҳии ликвидуси системаҳои Al-Be-Pr (Nd, Sm), дар ҳудуди 0-33,3 % ат. МНЗ.
5. Коркарди таркиби оптималии ҳӯлаҳои алюминий-бериллий бо МНЗ чавҳаронидашуда (0,01-0,5%), ки хосиятҳои баланди садопахшкунандагиро дороянд.
6. Такмили дастгоҳ, усулҳои таҳқиқот ва коркарди хосиятҳои гармофизикии металҳо ва ҳӯлаҳо дар низоми “сардшавӣ”.
7. Муқаррар намудани вобастагии ҳарорати коэффисиентҳои гармодиҳии алю-миний тамғаи А5N, руҳ, мис, ҳӯлаҳои АК1 ва АК1М2 дар ҳудуди ҳарорати 293÷873 К.
8. Таҳқиқоти эксперименталии вобастагии ҳарорати гармигунҷоиши ҳӯлаҳои АК1 ва АК1М2-и бо МНЗ чавҳаронидашуда дар ҳудуди ҳарорати 293÷873 К.
9. Муайян намудани функсияҳои термодинамикии ҳӯлаҳо (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) ва алоқамандии ҳарорати онҳо.
10. Таҳқиқоти таъсири чавҳаронидани кремний, магний ва титан ба муътадилнокӣ ва намкашии ҳӯлаҳои Al_4Ba ва Al_4Sr бо назардошти устувории ҳолати аввалаи ҳӯлаҳо ҳангоми чавҳаронидани онҳо.

Навоварии илмии диссертатсия.

1. Бори нахуст диаграммаи системаи муозинавии фазавии системаи Al-Be-Pr (Nd, Sm) сохта шуда, нишондоди ҳарорати обшавии секаратаи интерметаллидҳои $Al_{57}Be_{23}Pr_{20}(D_3)$, $Al_{57}Be_{23}Nd_{20}(D_4)$ ва $Al_{57}Be_{23}Sm_{20}(D_5)$. муайян гардидаанд.
2. Буришҳои квазибинарии Al- D_n , Al- $P3MBe_{13}$, $P3MBe_{13}-D_n$, $P3MBe_{13}-P3MAl_2$, $P3MAl_2-D_n$ сохта шуда, триангулятсияи сингулярии системаҳои таҳқиқотӣ гузаронида шуда, инчунин проексияҳои сатҳии ликвидуси ҳӯлаҳои системаи Al-Be-Pr (Nd, Sm), дар ҳудуди 0-33,3 % ат МНЗ низ сохта шудаанд.
3. Таркиби нави ҳӯлаҳои алюминию бериллий бо микроиловати МНЗ (0,01-0,5 % мас.), ки хосиятҳои баланди акустодемпфирӣ доранд, муайян карда шуд.
4. Вобастагии ҳарорати хосиятҳои термодинамикии (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) металҳои таҳқиқшаванда ва ҳӯлаҳои дар асоси гузаронидаи таҳқиқоти систематикӣ хосиятҳои гармофизикии алюминийи тамғаи А5N ва ҳӯлаҳои он бадастомада, дар ҳудуди васеи ҳароратӣ, муқаррар гашт.

5. Таҷҳизоти таҷрибавии ҷорӣ бо усули “хунукшавӣ”, барои ченкунии ҳарорати намунаҳо аз вақти хунуккунӣ дар ҳудуди васеи ҳарорат, бо истифода аз компютер, такмил дода шуд.

6. Бори аввал, дар асоси таҷриба, коэффисиентҳои гармидиҳии металлҳо - алюминий тамғаи А5N, мис, руҳ ва хулаҳои АК1 ва АК1М2, инчунин гармигунҷоиши хӯлаҳои АК1 ва АК1М2, ки бо МНЗ ҷавҳаронида шудаанд дар ҳудуди ҳароратии 293÷873 К ва таъсиррасонии концентратсионии Sc, Y, Pr ва Nd ба хосиятҳои гармифизикии хӯлаи АК1М2 муайян карда шуданд.

7. Таъсири омехтаҳои иловоти P3M, кремний, титан ва магний ба кинетикаи туршшавии хӯлаҳои Al₄Va Al₄Sr дар асоси усули тегограмметрии муайян шуд. Нишон дода шудааст, ки иловашавии хӯлаҳо бо металлҳои нишондодашуда, туршшавии он ҳоро кам мекунад. Бо усули СИС туршшавии маҳсули хӯлаҳои тадқиқшаванда муайян гардида, нақши таъсиркунандаи оксидҳои P3M муайян шудааст, инчунин таъсири SrO дар ҷараёни туршшавӣ нишон дода шудааст.

Арзиши амалии диссертатсия.

1. Ҳароратҳои табдилёбии фазавие, ки барои хулаҳои системаҳои Al-Be-Pr (Nd, Sm) ва проексияи сатҳии ликвидус муайян карда шуданд, метавонад дар коркарди ҳароратӣ ва рехтагарии маснуоте, ки аз ин хӯлаҳо тайёр карда шудаанд, истифода бурда мешаванд.

2. Хосиятҳои муайянгаштаи баланби демпфирии хӯлаҳои алюминий бо берилий бо МНЗ ҷавҳаронидашуда, барои тайёр кардани хулаҳои нав асос шуда метавонанд.

3. Маълумоти бадастовардаи таҷрибавӣ оиди вобастагии ҳароратии коэффисиенти гармидиҳӣ, гармигунҷоиш ва функсияҳои термодинамикии хӯлаҳои АК1М2 – Sc (Y, Pr, Nd), манбаи ахборотиро бой мегардонанд.

4. Дастгоҳи таҷрибавиеро, ки дар асоси Патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон № ТҶ 510 барои чен кардани гармигунҷоишии ҷисмҳои сахт сохта шудааст, дар корҳои илмӣ ва раванди таълим дар факултаи физикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ истифода бурдан мумкин аст.

5. Усули воридсозии ҷавҳарониҳои (лигатураҳои) алюминий-стронсийгӣ дар шароити истеҳсоли саноатӣ, хангоми обкунӣ дар печкаҳои намуди ИАТ-2,5/1, бо назардошти гузариш ба ҷавҳарониҳои (лигатураҳои) зудгудоз ба миқдори 5-10 % мас. Sr, коркард шуд.

6. Натиҷаҳои кор дар таҳқиқоти илмӣ хӯлаҳои алюминий, ки дар Пажӯҳишгоҳи химияи ба номи В.И. Никитин ва ФТИ ба номи С.У. Умарови АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, Пажӯҳишгоҳи илмӣ-таҳқиқотии металлургии КВД «ТалКо», метавонад мавриди истифода қарор гирад.

Натиҷаҳои таҳқиқот озмуда ва татбиқ шуданд:

- дар ЗМД ш. Душанбе - таҷрибаҳо оиди беҳдошти хосиятҳои хӯлаҳои алюминий дорои таркиби 0,01-0,5% берилий бо иловоти МНЗ (празеодим, неодим ва самарий) ҷиҳати муқаррар намудани хосиятҳои демпферӣ, инчунин истифодаи онҳо дар сарпӯшҳои муҳаррикҳои дарунсӯз бо иқтидори кории цилиндр 50 см³;

- дар корхонаи ИИКД «Тоҷиктекстилмаш»-и Вазорати энергетика ва саноати ҚТ - озмоиши маводҳо дар асоси хӯлаҳои алюминий барои татбиқ дар истеҳсоли композитсияҳои металли қабатнок, гузаронида шуд;

- дар Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ ҷиҳати коркарди модули маҷмуии корҳои илмӣ-таҳқиқотии конструктория ва технологияҳои нав.

Муқаррароти асосии пешниҳода ба дифоъ:

1. Хусусиятҳои хоси металлехимиявии баҳамтаъсирии алюминий ва бериллий бо МНЗ ва диаграммаҳои коркардшудаи фазагии мувозинати системаҳои Al-Be-Pr (Nd, Sm) бо буришҳои сохташудаи политермаикӣ, проексияи сатҳи ликвидус ва триангулятсияи сингулярии ин система.

2. Муқаррароти муайянгаштаи вобастагии ҳароратии хосиятҳои термодинамикӣ (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) барои системаҳои таҳқиқотӣ бо асоснокии имконоти истифодаи усули «хунукшавӣ» ҷиҳати таҳқиқи гармиғунҷоиши ҷисмҳои сахт дар ҳудуди васеи ҳарорат бо истифода аз барномаҳои компютерӣ.

3. Вобастагии ҳароратии қимматҳои коэффисиенти гармидиҳии алюминий, мис, рӯҳ, хӯлаҳои АК1 ва АК1М2 ва гармиғунҷоиши хӯлаҳои АК1 ва АК1М2 бо ҷавҳаронии скандий, иттрий, празеодим ва неодим дар ҳудуди ҳароратии 293÷873 К.

4. Натиҷаҳои хосиятҳои демпфирии хӯлаҳои системаҳои Al-Be-Pr (Nd, Sm).

5. Арзёбии таъсири модифисиронии ҷавҳаркунандаҳои алюминий-стронсий ба фаъолнокии оксиген ва маҳлулҳои силуминӣ бо усули ҚЭХ ва натиҷаҳои таҳқиқот иод ба таъсири модифисиронии стронсий ба хосиятҳои коррозионӣ-электрехимиявӣ ва физикӣ-механикии силуминҳо.

Эътимоднокӣ ва асоснокии натиҷаҳои бадастомада бо истифодаи усулҳои замонавӣ ва дар амал амиқ татбиқшудаи физикӣ замонавӣ, дақиқияти баланд ва таҷдиди таҷрибаҳо, шумораи зиёди системаҳои таҳқиқшаванда омӯхта, асоснокии натиҷаҳои кор, муқоисаи онҳо бо сарчашмаҳои маълуми маъхазҳои мустақили маълумотҳои таҷрибавӣ, инчунин экспертизаҳо дар конференсияҳо ва ҳангоми нашри маводҳои ҷопии илмӣ, таъмин мегардад

Саҳми муаллиф амалӣ намудани асоснокии илмии кор, пешниҳоди хусусиятҳои нав, ки тавсифи сифати маводи таҳқиқшавандаро баррасӣ менамояд, таҳияи барномаҳо ва усулҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ, таҳлили натиҷаҳо ва ҷамъбасти он, мушаххасоти маъруф ва ба даст овардани вобастагиҳои нав, иштирок дар такмили ҳуҷҷатҳои меъёрӣ, банақшагирии муташаккилонаву гузаронидани санҷишҳои истеҳсолӣ ва татбиқи онро дар бар мегирад. Дар корҳое, ки ба тарикқи муштараку ҳаммуаллифӣ ба анҷом расидаанд, муаллиф дар таҳияи ҳадафҳо ва вазифаҳои таҳқиқот, рушди назариявӣ ва методии муқаррароти асосӣ, ҷамъбаст ва таҳлили натиҷаҳо, инчунин нашри онҳо ширкати бевосита намулдааст.

Тасвибияти кор: Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар чунин чорабиниҳо муҳокима ва баррасӣ гардидаанд: Конференсияи илмӣ-амалии (КИА) байналмилалии «Навоварии илмӣ-техникӣ ва масъалаҳои ҳифзи муҳити зист»

(Душанбе, 1996); Конференсияи байналмилалии илмии «Пайвастагиҳои координатсионӣ ва ҷанбаҳои таъбиқи онҳо» (Душанбе, 1996); Конференсияи ҷашнӣ, бахшида ба 95-солагии академики АИ ҶТ В.И. Никитин (Душанбе, 1997); Конференсияи илмии ҷумҳуриявӣ «Мушкилоти рушди иқтисодӣ ва иҷтимоии Тоҷикистон» (Душанбе, 1998); Конференсияи илмии байналмилалии «Химия ва масъалаҳои муҳити зист» (Душанбе, 1998); КИА ҳайати профессорон ва муаллимонии Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон (Душанбе, 1998); Конференсияи аввалини олимони ҷавон ва таҳқиқотчиёни Ҷумҳурии Тоҷикистон (Душанбе, 1999); 7-International conference on composites engineering(ICCE/7)(USA, Colorado, 2000); Конференсияи дуҷуми олимони ҷавон ва таҳқиқотчиёни Ҷумҳурии Тоҷикистон (Душанбе, 2000); Конференсияи ҷумҳуриявӣ «Саҳми олимони ҷавон дар омӯзиши масъалаҳои рӯзмарраи ҷомеа» (Душанбе, 2001); КИА байнидонишгоҳии "Дастовардҳо дар соҳаи металлургия ва мошинсозӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» (Душанбе, 2004); Конференсияи шашуми олимони ҷавон ва таҳқиқотчиёни Ҷумҳурии Тоҷикистон (Душанбе, 2004); КИА ҷумҳуриявӣ, бахшида ба 35-солагии кафедраи «Технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металлбурӣ» (Душанбе, 2009); КИА ҷумҳуриявӣ «Масъалаҳои муносири химия, технологияи химиявӣ ва металлургия» (Душанбе, 2009); Конференсияи байналмилалии "Масъалаҳои муносири физикаи ҳолатҳои конденсӣ ва астрофизика» (Душанбе, 2010); КИА IV байналмилалии «Дурнамои рушди илм ва маориф» (Душанбе, 2010); КИА IV байналмилалии "Самаранокии конструксияҳои канду дар маводҳои техникаи кайҳонӣ-фазонавардӣ» (Днепропетровск, 2011); КИА VII байналмилалии «Achievement of high school - 2011» (София, Белград, 2011); КИА V байналмилалии «Дурнамои истифодаи технологияҳои инноватсионӣ ва беҳдошти вазъи таълимоти техникӣ дар донишгоҳҳои кишварҳои ИДМ» (Душанбе, 2011); Конференсияи байналмилалии "Масъалаҳои муносири спектроскопияи молекулярӣ муҳити конденсӣ» (Душанбе, 2011); КИА ҷумҳуриявӣ «Соли 2012 - соли энергетика» (Қурғонтеппа, 2012); КИА VII байналмилалии «Дурнамои рушди илм ва маориф» (Душанбе, 2014); КИА «Технологияи коркарди комплекси захираҳои минералии Тоҷикистон» (Чкаловск, 2016); КИА ҷумҳуриявӣ «Масъалаҳои металлургияи Тоҷикистон ва роҳҳои ҳалли он» (Филиали ДИТТ "МИСиС» дар ш.Душанбе, 2016); КИА IV байналмилалии «Илм ва маориф дар асри XXI: динамикаи рушд дар фазои АвруОсиё» (Павлодар, 2016); Конференсияи байналмилалии «Дурнамои рушди илми физика» (Душанбе, 2017).

Таҳти роҳбарии муаллиф ду диссертатсияҳо чиҳати дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои физика-математика дифоъ карда шуд.

Нашриёт. Мазмуни асосии диссертатсия дар 3 монография ва 62 мақолаҳо, аз ҷумла 30 мақола дар нашрияҳои бонуфуз аз феҳрасти КОА-и ҶТ эътирофгашта, 19 мақола дар маводи конференсияҳои илмӣ ва 3 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои ихтироот баён гаштааст.

Сохтор ва ҳаҷми кор. Диссертатсия аз муқаддима, панҷ боб, натиҷаҳои асосӣ ва хулосаҳо, феҳрасти адабиётҳои истифодашуда аз 284 номгӯ ва 8 замимаҳо иборат аст. Ҳаҷми умумии диссертатсия 293 саҳифаи компютериро дар бар мегирад. Матни асосии диссертатсия дар 280 саҳифа баррасӣ гашта, дорои 124 расм ва 53 ҷадвал мебошад.

Муаллиф миннатдории бепоёни хешро чиҳати маслиҳатҳои илмӣ ба академики АИ ҶТ, д.и.х., профессор Мирсаидов У.М., узви вобастаи АИ ҶТ, д.и.т., профессор Ҳақдодов М.М., д.и.т., профессор Кобулиев З.В. ва н.и.ф.-м., дотсент Низомов З. изҳор менамояд.

Калидвожаҳо: алюминий, хӯлаҳо, чавҳаронӣ, металлҳои нодирзаминӣ (МНЗ), маталлҳои иқорзаминӣ (МИЗ), садопахшкунӣ, гармиғунҷоиш, энталпия, энтропия, вобастагии ҳароратӣ, чавҳарониҳои алюминий-стронсий.

МАЗМУНИ АСОСИИ ҚОР

Дар муқаддима асоснокии рӯзмаррагии масъала, ҳадаф ва масъалаҳои асосии таҳқиқот, наовариҳои илмӣ ва арзиши амалии қор муайян карда шуда, муқаррароти асосии пешниҳода ба дифоъ баррасӣ гаштаанд.

Боби 1. МОҲИЯТИ МАСЪАЛА ВА МУАЙЯН НАМУДАНИ САМТҲОИ ТАҲҚИҚОТ (Баррасӣ ва шарҳи адабиёт)

Дар ин боб: сохтор ва хосиятҳои хӯлаҳои алюминий-МНЗ; сохтор ва хосиятҳои хӯлаҳои Ве-МНЗ; системаҳои сечандаи Al-Ве-МНЗ; хосиятҳои гармофизикии алюминий ва хӯлаҳои он; хосиятҳои вобастагии ҳарорати термодинамикии скандий, итрий, празеодим, неодим ва европий; назарияи иқтидори гармии металҳо ва хӯлаҳо; вобастагии ҳарорати иқтидори гармии алюминий, мис, силитсий (кремний), руҳ ва муқоиса ба назарияи Дебай шарҳ дода шудааст.

Боб маълумот дар бораи хосиятҳои физикӣ-химиявии алюминий бо бериллий ва МНЗ-ро дорост. Ҳамчунин хусусиятҳои системаҳое, ки аз ҷониби металлҳои дар боло зикршуда ташаккул меёбад, дар марҳилаи баробарии фазаӣ дар пайвасти сечандаи системаҳои муайян ба алюминий нишон дода шудааст. Таваҷҷуҳи зиёд ба сохти кристаллохимиявии элементҳо ва пайвастагиҳои алоқаманд дода шудааст.

Таҳлили хусусият ва андозаи минтақаи маҳлулҳои сахт, мансубияти кристаллохимиявии алюминий бо бериллий ва МНЗ оварда мешавад. Ҳамзамон, маълумот дар бораи истифодаи адабиёт барои муайянкунии хосиятҳои гармофизикии моддаҳои таҳқиқшаванда пешниҳод мешавад. Ба қадри кофӣ омӯзиш наёфтани хусусиятҳои гармофизикии чавҳаронидашудаи хӯлаҳои алюминий баррасӣ мешавад. Хулоса мешавад, ки зарурияти омӯзиши таҳқиқоти эксперименталии хусусиятҳои гармофизикии алюминийи тамғаи А5N ва хӯлаҳои онҳо дар ҳудуди ҳароратӣ вучуд дорад.

Дар натиҷаи коркарди таҷрибавии адабиётҳо ба воситаи барномаи SigmaPlot 10 вобастагии ҳароратии хосиятҳои гармофизикии объектҳои таҳқиқшавандаи скандий, итрий, празеодим ва неодим муайян карда шуд.

Муодилаҳои зерин ҳосил шуданд (дар қавс коэффисенти мувофиқи регрессиявӣ нишон дода шудааст):

$$\begin{aligned}C_p(T)_{Sc} &= 463,5476 + 0,5450 T - 0,0008 T^2 + 5,1852 \cdot 10^{-7} T^3 \quad (R=0,9997); \\C_p(T)_Y &= 278,2143 + 0,0604 T + 1,786 \cdot 10^{-5} T^2 - 8,6689 \cdot 10^{-9} T^3 \quad (0,9999); \quad (1) \\C_p(T)_{Pr} &= 174,5357 - 0,0071 T + 0,0002 T^2 - 6,1111 \cdot 10^{-8} T^3 \quad (R=0,9993); \end{aligned}$$

$$C_p(T)_{Nd} = 95,2619 + 0,4487 T - 0,0006 T^2 + 3,7963 \cdot 10^{-7} T^3 \quad (R=0,9988),$$

ки онҳо имконият фароҳам оварданд то муодилаи вобастагии ҳароратии эталпия, энтропия ва энергияи Гипсро барои ин металҳо муайян намоем.

Дар натиҷаи коркарди маълумоти адабиётӣ мо муодилаи зеринро барои вобастагии ҳароратии гармоғунҷоиши мис, алюминийи тозатарин (99,995%) ва силитсий дар ҳудуди ҳароратии 293÷873 К ва руҳ дар ҳудуди ҳароратии 293÷693 К пайдо намудем:

$$\begin{aligned} C_p(T)_{Cu} &= 310,53 + 36,0 \cdot 10^{-2} T - 4 \cdot 10^{-4} T^2 + 2,2 \cdot 10^{-7} T^3; \\ C_p(T)_{Al} &= 730,23 + 0,7571 T - 8 \cdot 10^{-4} T^2 + 5,97 \cdot 10^{-7} T^3; \\ C_p(T)_{Si} &= 390,18 + 1,60 T - 18 \cdot 10^{-4} T^2 + 7,24 \cdot 10^{-7} T^3; \\ C_p(T)_{Zn} &= 325,44 + 36,9 \cdot 10^{-2} T - 7 \cdot 10^{-4} T^2 + 7,6 \cdot 10^{-7} T^3. \end{aligned} \quad (2)$$

Дар модели Дебай атомҳои панҷараи кристаллӣ ҳамчун системаи алоқаманд мавриди назар қарор гирифтааст. Лапиши ин система-натиҷаи баҳамии як қатор лапишҳои гармоникӣ бо зудии мухталиф мебошад. Гармоғунҷоиши молярӣ дар назарияи Дебай бо таносуби зерин муайян карда мешавад:

$$C_V = 9N_A k \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 \int_0^{x_m} \frac{e^x x^4 dx}{(e^x - 1)^2}, \quad (3)$$

ки $x_m = h\nu_{max}/kT = \theta_D/T$, ν_{max} – саръади болоии лапиши зудии имконпазир, θ_D – ҳарорати Дебай. Фарқияти C_p ва C_V формулаи термодинамикиро ҳосил мекунад: $\Delta C = C_p - C_V = 9T \frac{M \alpha^2}{\rho \chi}$, ки α – коэффиенти васеявии ҳаттӣ, χ – фишурдашавии изотермӣ, M – массаи молярӣ, ρ – зичӣ.

Муқоисаи қиматҳои гармоғунҷоиши таҷрибавӣ ва назариявӣ оварда шудааст. Ҳангоми ҳисоби ΔC вобастагии α , χ , ρ аз ҳарорат ба инобат нагирифта шудааст. Муайян намудани қимати C_p аз таҷриба дар худ на фақат энергияи лапиши панҷараро C_V (аз рӯи Дебай), балки инчунин энергияи таҳовулотии термикии электронҳои коллективонидашуда C_E ва энергияи термикии восеъшавиро ΔC дар бар мегирад. Муқоиса нишон медиҳад, ки бо афзуншавии ҳарорат фарқият аз нишондиҳандаҳои назариявӣ зиёд мешавад. Назария вобастагии ҳаттии гармоғунҷоишро аз ҳарорат тақозо менамояд. Аммо, натиҷаҳои таҷриба нишон медиҳад, ки вобастагии гармоғунҷоиш аз ҳарорат чун муодилаи кубӣ баррасӣ мегардад. Аз ин лиҳоз дар назарияи гармоғунҷоиши ҳисмҳои саҳт ғайригармоникӣ лапиш ва вобастагии ҳароратии ҳарорати Дебайро бояд ба назар гирифта шавад.

Боби 2. ОБЪЕКТҲО, ТАҶҲИЗОТ ВА УСУЛИ ТАДҚИҚОТ

Дар ин боб объектҳои тадқиқ барои ҳосил кардани ҳулаҳои системаҳои Al-Be-MnZ, чен кардани ҳосиятҳои гармофизикии ҳулаҳои системаҳои AK1, AK1N2, ки бо скандий иттрий, празеодим ва неодим ҷавҳаронида шудаанд, аппарату усулҳои тадқиқи ҳосиятҳои физикӣ-химиявӣ РФА ва

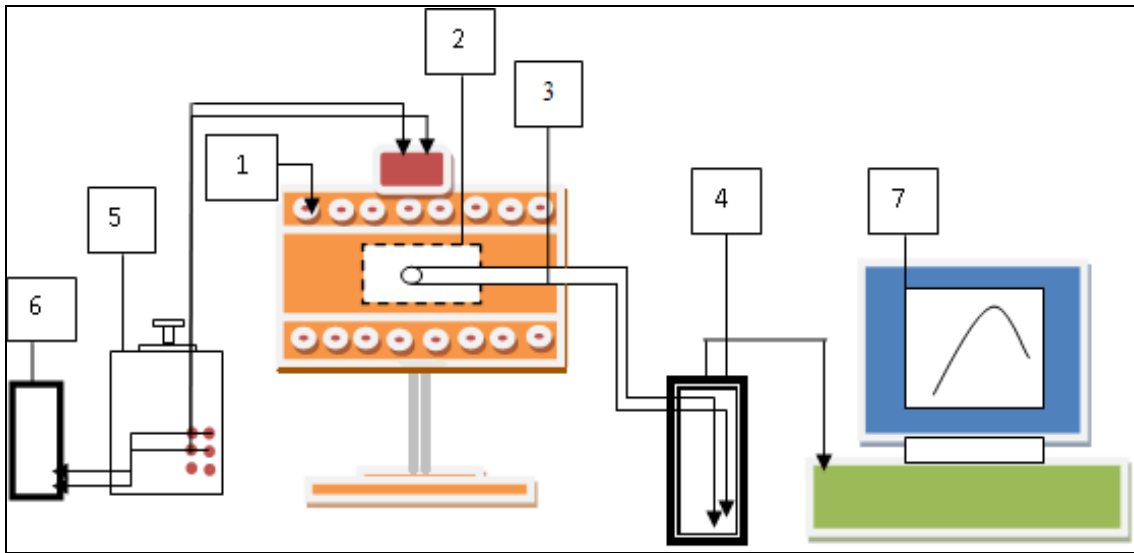
ДТА, усулҳои асосии чен кардани гармоғунҷоиши ҷисмҳои сахт, дастгоҳ барои чен кардани гармиғунҷоиши ҷисмҳои сахт дар усули “хунукшавӣ”, аз ҳарорат вобастагии коэффисиенти гармидиҳии мис, алюминийӣ ва руҳ, аппарат ва усулҳои тадқиқоти ҳосиятҳои садонишинии объектҳо муоина шудаанд.

Усулҳои таҷрибавии тадқиқоти диаграммаи ҳолати системаҳои Al-Be-MN3 оварда шудаанд. Барои ҳосил кардани ҳӯлаҳои металлҳои зерини ҳолис (вазн, %) алюминийӣ - 99.995% Al, бериллий-99.8% Be, празеодим-99.78% Pr, неодим-99,98% Nd, самарий-99,9 Sm истифода шуданд. Шихтаи вазнаш 5 г дар тарозуи озмоишгоҳи тамғаи ВЛК-500 бо дақиқии то 0.01 г тибқи натиҷаи ҳисоб санҷида шуд. Азбаски ҳангоми пайвасти мутақобилаи алюминий бо бериллий ва MN3 реаксияи химиявӣ бо ҷудошавии гармӣ сурат мегирад, ҳарорати гудозиши бисёр ҳӯлаҳои сегона ва дугона бошад аз ҳарорати гудозиш компонентҳои ҳолис зиёд аст, синтез дар печҳо (кӯраҳо) ва дар атмосфераи газҳои инертӣ бо татбиқи ҷавҳарҳо (лигатура) гузаронида мешавад, ки ба талафи камтарин (минималӣ)-и компонентҳои ҷавҳардор мусоидат менамояд. Барои тадқиқи ҳӯлаҳо ба миқдори 46 дона - дар системаи Al-Be-Pr, 48 дона - дар системаи Al-Be-Nd; 52 дона - дар системаи Al-Be-Sm тайёр карда шуд.

Барои чен кардани ҳосиятҳои гармофизикии ҳӯлаҳои АК1, АК1М2, ки бо скандий, иттрий, празеодим ва неодим ҷавҳаронида шудаанд, объектҳои таҳқиқ алюминийи тамғаи ASN (99.999%) ва А7 (99,7%), силитсийи тамғаи Кр00 (99,0%), миси тамғаи М00 (99.99%), ҳӯлаҳои АК1 ва АК1М2 дар асоси алюминийи тамғаи А5N, ҳӯлаи АК1М2 мебошанд, ки бо баъзе MN3 (скандий, иттрий, празеодим ва неодим) ҷавҳаронида шуда буданд.

Барои санҷиши суръати хомӯш шудани садои ҳӯлаҳо ва муқаррар намудани алоқаи мутақобили ҳосиятҳои физикӣ-механикӣ усули зарбати ангиши дар намунаҳои лаппишҳои озод, равандҳои зарбатиро тақлид мекарданд, ки дар шароити истеҳсолоти воқеӣ ҷой доштанд. Тадқиқот дар дастгоҳҳои ТТУ-1, ки тимсоли дастгоҳи МИСиС-2 бо усули пешниҳод-кардаи Злобинский Б.М., Муравьев В.А., Паффенов А.А. ва дигарон буданд, гузаронида шуданд. Барои гузаронидани таҳқиқотҳои таҷрибавӣ ҳангоми муайян намудани ҳосиятҳои садонишинӣ лавҳаи андозааш 50x50x5 мм аз ҳӯлаҳои системаи Al-Be-MN3 (Pr, Nd, Sm) тайёр гардид. Барои муқоиса намуна аз алюминийи аввалаи тамғаи А995 тайёр карда, инчунин бо мақсади ошкор намудани таъсири таркиби фазавӣ бо ҳосияти садонишинии ҳӯлаҳо таҳлили микросохторӣ гузаронида шуд. Намунаҳои тадқиқшаванда вобаста аз таркиби ҳӯлаҳо, яъне миқдори бериллий ва P3M (Pr, Nd, Sm) ба 9 гурӯҳ тақсим гардид. Дар ҳар як гурӯҳ 9 намуна санҷида шуд.

Барои санҷиши диаграммаҳои ҳолати системаҳои Al-Be-P3M ва чен кардани гармиғунҷоиши ҷисмҳои сахт усулҳои зерин татбиқ карда шуд: гудозиш, таҳлили рентгенуфазавӣ (РФА), таҳлили микросохторӣ (МСА), таҳлили дифференсиалию термикӣ (ДТА), усули модулятсионӣ, усули импульсӣ, усули гармкунии якранг (якхела). Дастгоҳи таҷрибавӣ барои чен кардани гармидиҳии ҷисмҳои сахт дар низоми “сардшавӣ” тавсиф ёфт, ки дар расми 1 оварда шудааст.



Расми 1. Схеми дастгоҳи таҷрибавӣ: 1 – печка (кӯра)-и барқӣ, 2 – намуна, 3 – термопара, 4 – Digital Multimeter UTT1B, 5 – ЛАТР, 6 – Digital Multimeter Д19208, 7 – компютер.

Барои ҳамаи қисмҳои гармигуногариҳои хоси металлҳо дар соҳаи васеи ҳароратҳо қонуни «сардсозии» Нютон – Рихман истифода шуд. Миқдори гармиро, ки аз сатҳи қисм талаф ёфт (дар тӯли dt) мутаносиб ба вақт, масоҳати сатҳ S^1 ва ба фарқи ҳароратҳои қисм ва муҳити) атроф бо T_0 : $dQ_s = -\alpha(T - T_0) S dt$ ҳисоб намуд. Агар қисм чунон гармиро ҷудо наояд, ки ҳарорати ҳамаи нуқтаҳои он якхел тағйир меёбанд, он гоҳ баробарии зерин дурӯст аст:

$$C m dT = -\alpha(T - T_0) S dt \quad (4)$$

Таҳвили гармӣ аз қисми бештар гарм ба гармкамтар – раванди бошито ба муқаррар гардидани мувозинаи устувор дар системаест, ки аз адади бузурги зарраҳо иборат аст, яъне раванди релаксионӣ (ба ҳолати мувозина тадричан гузариши система) мебошад. Раванди релаксиониро дар замони нигориш (экспонент)-и тавсиф намудан мумкин аст. Дар ҳолати мазкур қисми гарм гармии худро ба муҳити атроф медиҳад (яъне ба қисми гармигуногаришаш беҳад бузург). Аз ин рӯ ҳарорати муҳити атрофро мумкин доимӣ (собит) ҳисоб намоем (T_0). Он гоҳ қонуни тағйири ҳарорати қисм аз вақтро мумкин ба намуди $\Delta T = \Delta T_1 e^{-\tau/\tau_1}$, навишт ки дар он ΔT – фарқи ҳарорати қисми гарм ва муҳити атроф, ΔT_1 – фарқи ҳарорати қисми гарм ва муҳити атроф ҳангоми $\tau=0$, τ_1 – доимии сардшавӣ, ки ададан баробар ба вақте, ки дар муддати он фарқи ҳароратҳо байни қисми гарм ва муҳити атроф ба e маротиба кам мешавад. Фарз намоем, ки дар фосилаи хурди ҳароратҳо қиматҳои C , a ва T аз координатаҳои нуқтаҳои сатҳи намуна, (ки то ҳароратҳои якхела ва ҳарорати доимии атрофи муҳит гарм карда шудаанд) новобастаанд, барои муносибати ду намунаҳо навишта метавонем:

$$C_1 m_1 S_2 \alpha_2 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1 = C_2 m_2 S_1 \alpha_1 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2 \quad (5)$$

Ҳангоми истифодаи ин формула барои ду намунаҳо, ки андозаҳои як-хела доранд $S_1=S_2$ ва ҳолати сатҳҳо, баробарии коэффитсиенти гармидиҳии онҳо баробар $\alpha_1 = \alpha_2$ фарз карда шудааст. Бинобар ин, массаҳои m_1 ва m_2 , суръати сардшавии намунаҳо, гармиғунҷоиши C_1 -ро доништа, C_2 -ро ҳисоб кардан мумкин аст.

Вобастагии ҳароратии коэффитсиенти гармиғунҷоиши мис, алюминий ва руҳ тадқиқ карда шуд. Пеш аз ҳама зарурат будани ҷоизии $\alpha_1 = \alpha_2$ аниқ гардид. Барои ин раванди сардшавии мис, алюминий ва руҳро, ки гармиғунҷоиши онҳо нисбат ба ҳарорат маълум буд, тадқиқ намудем. Бо вақт вобастагии намунаҳоро, ки ба таври таҷрибавӣ бо дақиқии кофии хуб ба даст омада бо муодилаи $T = y_0 + ae^{-\gamma\tau} + pe^{k\tau}$ тавсиф мешавад, ки дар он a, b, p, k бузургҳои доимӣ барои намунаи додашуда, $y_0 = T_0$ -ҳарорати муҳити атроф, $a = T_1 - T_0$, $p = T_2 - T_0$ -фарқи ҳарорати ҷисми гарм ва атрофи муҳит ҳангоми лаҳзаи ибтидоӣ, $b=1/\tau_1$ ва $k=1/\tau_2$; $\tau_1=\tau_2$ – доимии сардшавӣ барои якум ва дуюм равандҳои релаксионӣ.

$$T = T_0 + (T_1 - T_0)e^{-\tau/\tau_1} + (T_2 - T_0)e^{-\tau/\tau_2} . \quad (6)$$

Пас аз дифференсиони (2) муодилаи барои муайян намудани суръати сардшавиро муайян менамоем:

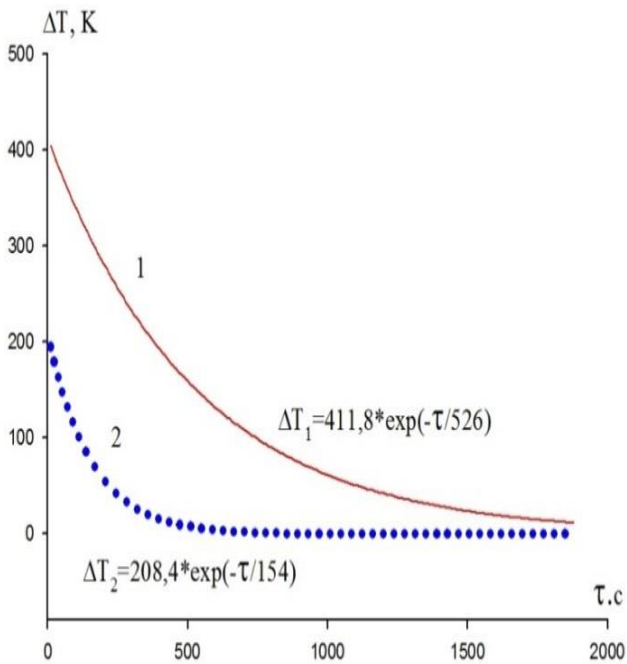
$$\frac{dT}{d\tau} = - \left(\frac{T_1-T_0}{\tau_1} e^{-\tau/\tau_1} + \frac{T_2-T_0}{\tau_2} e^{-\tau/\tau_2} \right). \quad (7)$$

Дар расмҳои 2 ва 3 вобастагии ҳарорат ва суръати сардшавии алюминийи тамғаи А5N ва суръати сардшавии он дар алоҳидагӣ аз якум ва дуюм равандҳои релаксионӣ.

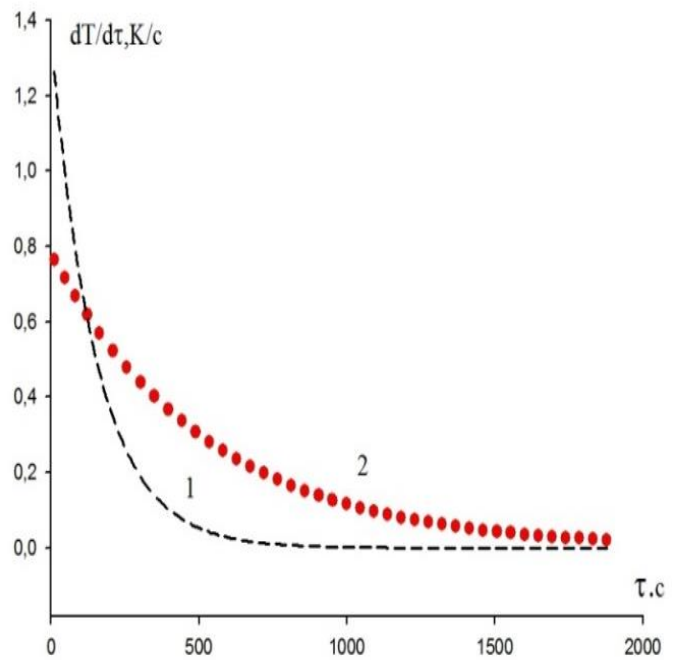
Дар расми 4 графикаи вобастагии нисбати коэффитсиенти гармидиҳӣ ба гармиғунҷоиши алюминийи тамғаҳои гуногун аз ҳарорат оварда шудааст. Додаҳои ба гармиғунҷоиш ва бузургҳои суръати сардшавиро истифода намуда вобастагии коэффитсиенти гармидиҳӣ аз ҳарорат бо формулаи зерин ҳисоб карда шуд:

$$|\alpha(T)| = \frac{C(T) m (dT/d\tau)}{S (T-T_0)} \quad (8)$$

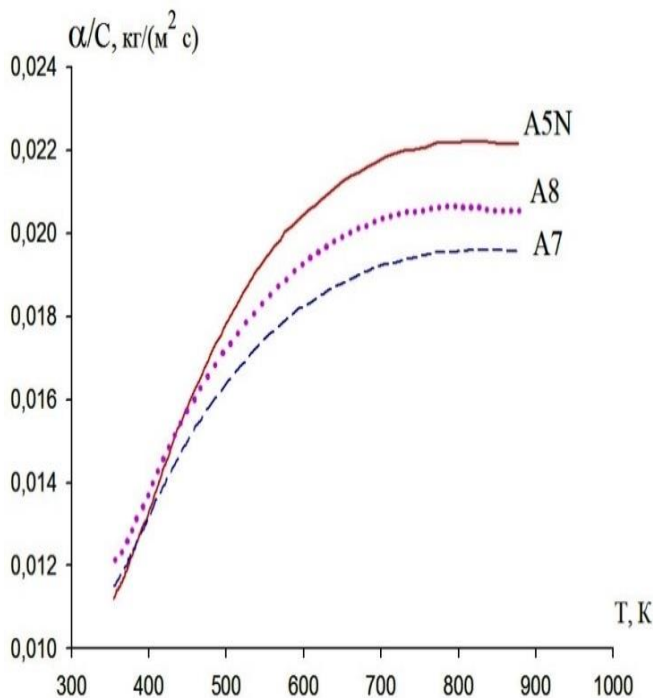
Дар расми 5 вобастагии коэффитсиенти гармидиҳии мис, алюминий ва руҳ аз ҳарорат T оварда шудааст. Чи тавре ки аз расми 5 дида мешавад, бузургҳои коэффитсиентҳои гармидиҳӣ барои мис, алюминий ва руҳ фарқ доранд. Аз ин рӯ барои муайян намудани гармиғунҷоиши ҳулаҳои ҷавҳардор доир ба ҳар як гурӯҳи муайян намудани коэффитсиенти гармидиҳӣ ҳулаи аввала зарур аст. Барои ин коиди Нейман – Копп, ки тибқи гармиғунҷоиши молярии пайвастиҳо баробар ба суммаи гармиғунҷоиши компонентҳои $C_p = x_1 C_1 + x_2 C_2$, ки x_1 и x_2 - ҳиссаҳои массавии компонентҳо; гармиғунҷоиши ҳулаҳо ва аз рӯи формулаи (4) коэффитсиенти гармидиҳии ҳулаҳо ҳисоб карда мешавад.



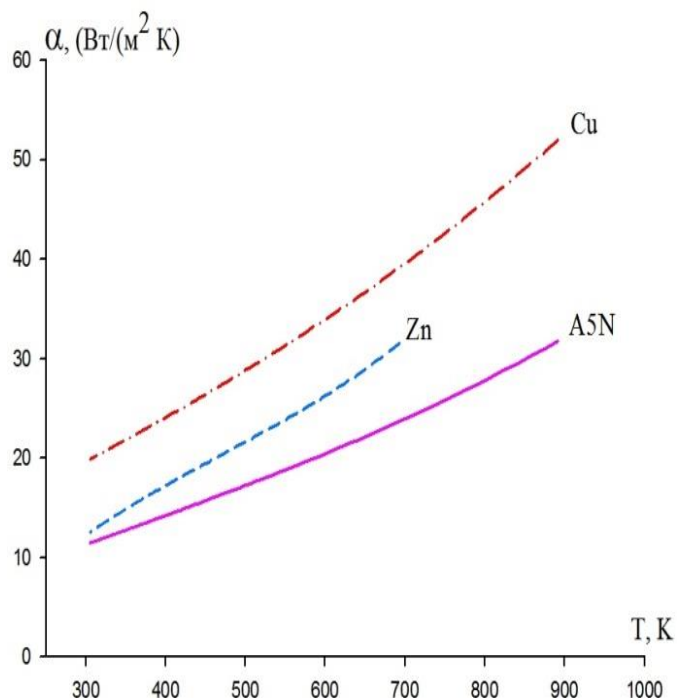
Расми 2. Вобастагии ҳарорати алюминийи тамғай A5N аз вақти хунукшавӣ барои равандҳои релаксионии якум (1) ва дуҷум (2).



Расми 3. Вобастагии суръати хунукшавии алюминийи тамғай A5N аз вақти равандҳои релаксионӣ якум (1) ва дуҷум (2).



Расми 4. Вобастагии $\alpha(T)/C(T)$ (кг/(м²·с)) барои алюминийи тамғай A5N, A8 ва A7 аз ҳарорат.



Расми 5. Вобастагии коэффитсиенти гармидиҳии мис, алюминийи тамғай A5N ва руҳ аз ҳарорат.

Боби 3. СОХТОРБАНДИИ ХҶЛАҶОИ АЛЮМИНИЙ БО БЕРИЛЛИЙ ВА МНЗ

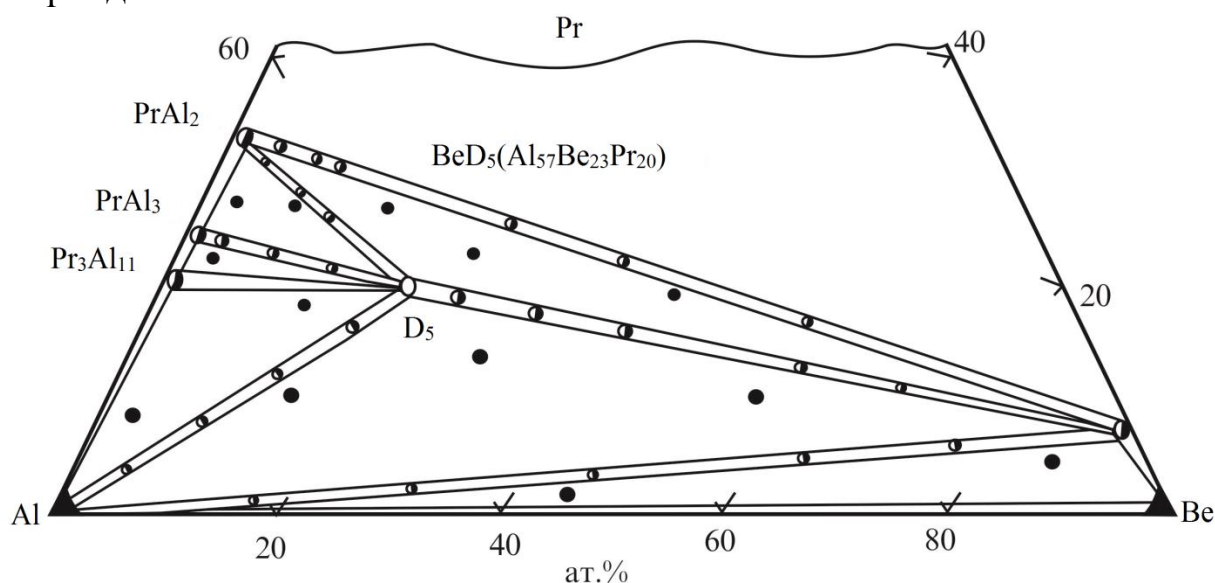
Дар бобои се диаграммаҳои ҳолати алюминий-празеодим, диаграммаи ҳолати системаи алюминий-бериллий-неодим, диаграммаи ҳолати системаи алюминий-бериллий-самарий, муҳокимаҳои натиҷаҳои таҳқиқотҳои системаҳои алюминий-бериллий-МНЗ муоина гардиданд.

Диаграммаи ҳолати системаи алюминий – бериллий – неодим.

Мувозинаи фазавӣ (расми 6). Диаграммаи мувозинаи фазавии Al-Be-Pr-Al $\text{Be}_{11}\text{-PrAl}_2$ бори аввал бо усули рентгенуфазавӣ пайваста бо таҳлили микросохтори хӯлаҳо сохта шуд. Хӯлаҳо дар соҳаи фарзшавандаи интерметаллиди сегонаи мувозинаи фазавӣ гудохта шуданд. Дар таркиби $\text{Al}_{57}\text{Be}_{23}\text{Pr}_{20}$ ошкор гардид, ки ҳарорати гудозиши он ба $13,5^\circ\text{C}$ баробар аст. Пайвасти сегона D_3 бо пайвастиҳои PrBe_{13} , PrAl_2 , PrAl_3 , PrAl_{11} ва маҳлули саҳт (дар асоси Al) дар мувозина мебошад. Дар соҳаи омӯзиши система мувозина Al- PrBe_{13} муқаррар карда шудааст.

Буриши политермикӣ. Диаграммаи ҳолати буриши политермикии система бо кумаки усулҳои таҳлили дифференциалӣ-термикӣ ва микросохтори системаи номбаршуда сохта шудааст.

Таҳқиқи хӯлаҳои системаҳои Al- D_3 ва Al- PrBe_{13} нишон дод, ки системаҳо типии перетектикий маҳлулшавиашон маҳдуд дар ҳолати саҳт ва моеъи номаҳдуд мебошанд. Нуқтаҳои перетектикий 5 ва 2 % мол D_3 ва Al-ро фаро мегиранд.



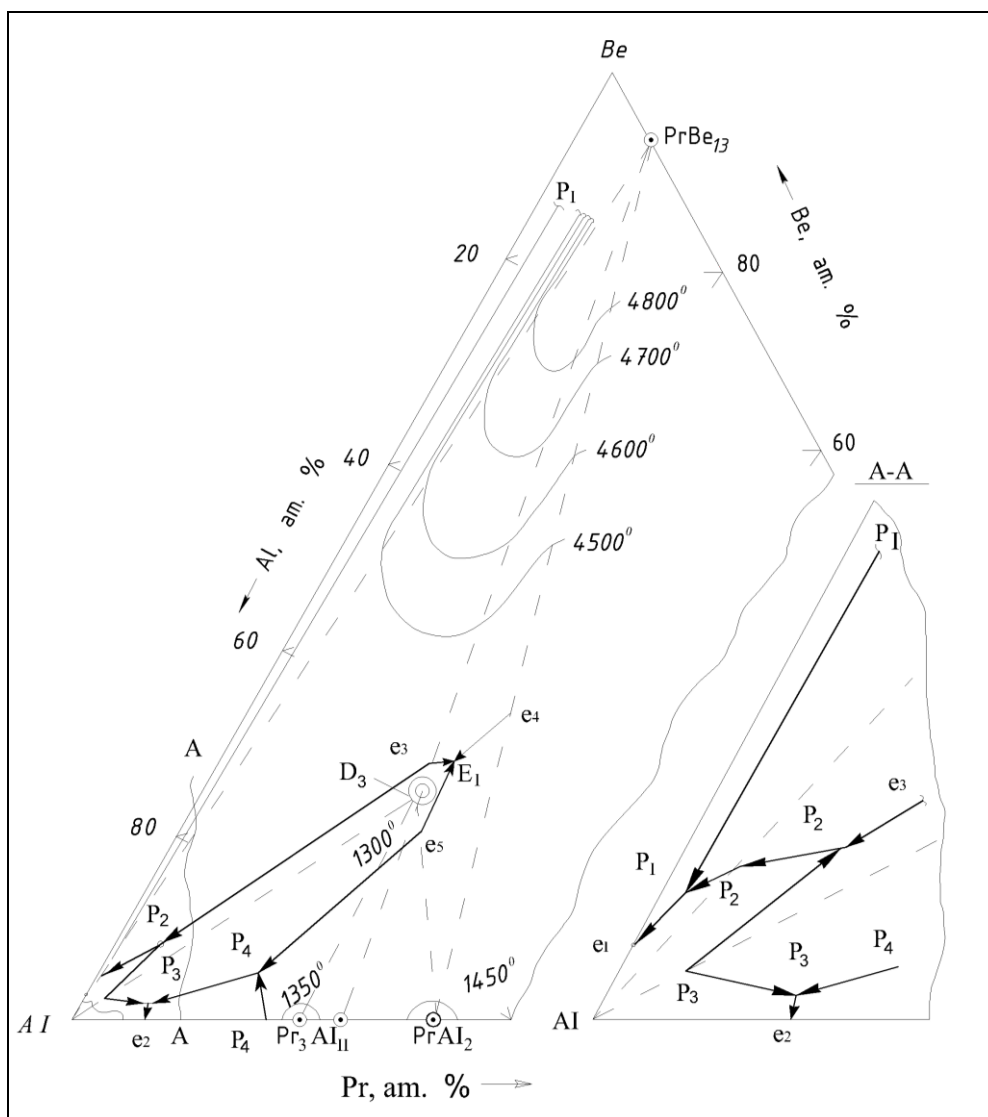
Расми 6. Диаграммаи мувозинаи фазавии системаи Al-Be- PrBe_{13} - PrAl_2 (дар ҳолати бозпуктшуда)

Буришҳои D_3 - PrBe_{13} ва D_3 - PrAl_2 системаи намунаи эвтектикӣ маҳлулшавиашон маҳдуд дар ҳолатҳои саҳт ва моеъи номаҳдуд мебошанд. Нуқтаҳои эвтектикӣ мувофиқан 1,6 ва 21,4 % мол PrBe_{13} ва PrAl_2 -ро фаро мегиранд.

Буришҳои $\text{PrAl}_2\text{-PrBe}_{11}$. Дар дифрактограммаҳои ҳамаи хӯлаҳо, асосан хатҳои ду фазаҳои PrAl_2 ва PrBe_{13} мушоҳида гардиданд. Таҳлили термограммаҳо пайвасти ба натиҷаҳои таҳлили микросохторҳо ба хулосае оварданд, ки буриш намунаи эвтектикӣ мебошад. Мубаддалшавии эвтектикӣ ҳангоми 15,2 % мол PrBe_{13} ва ҳарорати 1240°C ба вучуд меояд.

Буриши $\text{PrAl}_{11}\text{D}_3$. Буриши мазкур соҳаҳои дуфазавии зерин $\text{L} + \text{D}_3\text{L} + \text{PrAl}_2$; $\text{L} + \text{Al}$; соҳаҳои сефазавии $\text{L} + \text{D}_3 + \text{PrAl}_2$; $\text{L} + \text{PrAl}_3 + \text{Pr}_1\text{Al}_{11}$ ва соҳаи маҳсули саҳти интерметаллиди сегонаҳо дар $\text{Pr}_1\text{Al}_{11}$ убури менамояд. Кристаллбандии эвтектикаи дугона ҳангоми ҳарорати 1240°C ба 28 % мол D_3 ба вучуд меояд. Маҳлулшавии пайвасти $\text{Pr}_3\text{Al}_{11}$ дар интерметаллиди сегонаи D_3 ошкор мегардад.

Ҳамин тавр, соҳтани диаграммаҳои ҳолати политермикӣ буришҳои тригулятсияи (ба се чудокунӣ) сингулярии қисми сегонаи системаи Al-Be-Pr ба ҷо овардан имкон медиҳад (дар расми 7 бо хатҳои канда-канда нуқтавор нишон дода шудааст), ки ба идома додани таҳқиқи системаи додашудаи мазкур ва соҳтани проексияи ликвидус имконият медиҳад.



Расми 7. Проексияи сатҳи ликвидуси хӯлаҳои системаи $\text{Al-Be-PrBe}_{13}\text{-PrAl}_2$

Сатҳи ликвидуси хӯлаҳои системаи $\text{Al-Be-PrBe}_{13}\text{Al}_2$.

Бо тадқиқотҳои буришҳои политермикӣ дар соҳаи омӯхташуда 7 буришҳои квазибиндои Al-D_3 , Al-PrBe_{13} , $\text{D}_3\text{-PrBe}_{13}$, $\text{D}_3\text{-PrAl}_2$, D_3PrAl_3 , $\text{D}_3\text{-Pr}_3\text{Al}_{11}$ ва $\text{PrAl}_2\text{-PrBe}_{13}$ муқаррар карда шуданд, ки кумаки онҳо триангулятсияи сингулярии системаҳо дар соҳаи $\text{Al-Be-PrBe}_{11}\text{-PrAl}_1$ ба ҷо овард. Дар натиҷа системаи мураккаби сегонаро $\text{Al-Be-PrBe}_{13}\text{-PrAl}_2$ мумкин ҷунҷамъбасти системаҳои алоҳидаи дуҷумбора тасаввур кард: Al-Be-PrBe_{13} , $\text{Al-PrBe}_{13}\text{-D}_3$, $\text{D}_3\text{-PrBe}_{13}\text{-PrAl}_2$, $\text{PrAl}_2\text{-D}_3\text{-PrAl}_2$, $\text{PrAl}_3\text{-D}_3\text{-PrAl}$.

Бо таҳқиқи як қатор буришгоҳҳо, ки ба шарафҳои алоҳидаи система мувзианд ва инчунин муқоисаи натиҷаҳои омӯхтани «дуруғдугона» ва буришгоҳҳои политермикӣ диаграммаи ҳолати ҷисмҳои омӯхташудаи системаи Al-Be-Pr сохта шуданд. Системаҳои дуҷумбора бо мавҷуд будани ду ва бештар мувозинаҳои нонварианти (вариантҳои ҳарза) тавсиф меёбанд. Бо кумаки пайдо кардани хӯлаҳои иловагӣ ба таври таҷрибавӣ дохили ҳар як системаи дуҷумбора координатаҳои ду ва сефазафии мувозинаҳо ёфта шуданд.

Дар натиҷаи тадқиқи сатҳҳои ликвидуси 6 зерсистемаҳои алоҳидаи дуҷумбора сатҳи умумии ликвидуси системаи AlBe-PrAl_2 (расми 7) сохта шуд, ки дар он кристаллбандии ҳамаи компонентҳо ва интерметаллидҳо муқаррар карда шуданд.

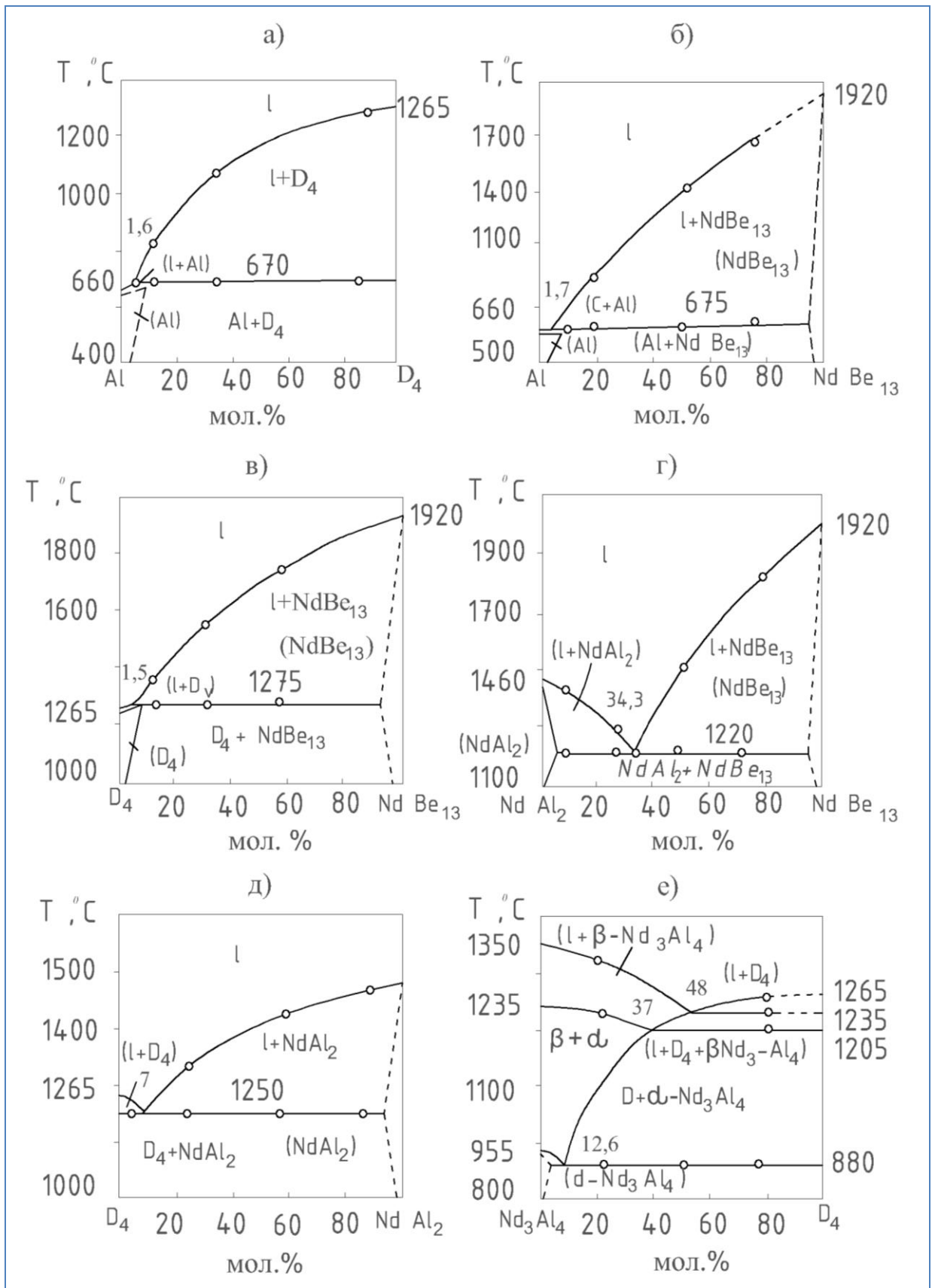
Диаграммаи ҳолати системаи алюминий-бериллий-неодим.

Мувозинатҳои фазавӣ. Диаграммаи фазавии мувозинаи системаи $\text{Al-Be-NdBe}_{13}\text{-NdAl}_2$ бори аввал сохта шуд. Буриши изотермикии диаграммаи ҳолати системаи $\text{Al-Be-NdBe}_{13}\text{-NdAl}_2$ дар натиҷаҳои таҳлилҳои рентгенофазавӣ ва микроскопӣ сохта шуд. Таҳлили амиқи рентгенограммаҳои хӯлаҳои система пайваста бо таҳлили микроструктура ва ДТА-и хӯлаҳои система нишон доданд, ки системаи $\text{Al-Be-NdBe}_{13}\text{-NdAl}_2$ тақрибӣ тавсифи физикӣ-химиявии амали мутақобилаи компонентҳо, таркиби интерметаллиди сегона монанд ба системаи сегонаи $\text{Al-Be-PrBe}_{13}\text{-PrAl}_2$, яъне дар қисми омӯхташудаи система пайвасти сегонаи D_4 таркиби $\text{Al}_{57}\text{Be}_{23}\text{Nd}_{20}$. Ҳарорати гудозиши D_4 ба 1265°C баробар аст. Инчунин мувозинаи дуфазавии Al-NdBe_{13} , $\text{NdBe}_{13}\text{-D}_4$, $\text{NdBe}_{13}\text{NdAl}_2$, $\text{NdAl}_2\text{-D}_4$, $\text{D}_4\text{-Al}$, $\text{D}_4\text{-NdAl}_3$ ва $\text{Nd}_3\text{Al}_{11}\text{-D}_4$.

Буриши политермикӣ. Тадқиқ ва буришҳои политермикӣ бо истифодаи таҳлилҳои рентгенофазавӣ, дифференсиаллии термикӣ ва металлографӣ гузаронида шуд.

Ҳамин тавр, дар натиҷаи буришҳои политермикии хӯлаҳо, ки ғайб бо алюминий, системаи сегонаи Al-Be-Nd ҳастанд, 7 буришҳои политермикӣ ошкор гардиданд. Аз ин шумора 6-яш дар триангулятсияи алюминийи кунҷи система иштирок намуданд. Буришҳои триангулятсиякунанда Al-D_4 , Al-NdBe_{13} , $\text{D}_4\text{-NdAl}_2$, $\text{D}_4\text{-Nd}_3\text{Al}_{11}$, $\text{D}_4\text{-Nd}_3\text{Al}_{11}$ ива $\text{NdAl}_2\text{-NdBe}_{13}$ буданд.

Сатҳи ликвидуси системаи $\text{Al-Be-NdBe}_{11}\text{-NdAl}_2$. Таҳқиқоти буришҳои политермикӣ ва триангулятсияи сингулярии кунҷи алюминийи системаи Al-Be-Nd имконияти ба системаҳои сегонаи алоҳида тақсим намудани системаи мураккаби сегонаро имконпазир намуд: Al-Be-NdBe_{13} , $\text{Al-NdBe}_{13}\text{-D}_4$, $\text{Al-D}_4\text{-Nd}_3\text{Al}_{11}$, $\text{Nd}_3\text{Al}_{11}\text{-D}_4\text{-NdAl}_2$ ва $\text{D}_4\text{-NdBe}_{13}\text{-NdAl}_3$ (расми 8).



Расми 8. Буришҳои политермикии хӯлаҳои системаи Al-Be-NdBe₁₃-NdAl₂.

Зерсистемаи Al-Be-NdBe₁₁, ДТА пайваста бо таҳлили микросохторҳои хӯлаҳо нишон доданд, кристаллбандии хӯлаҳои зерсистемаи мазкур дар нуқтаи эвтектикии нонварианти с₁ қатъ мегардад. Аз рӯи адади компонентҳо сатҳи ликвидуси зерсистема аз сатҳҳои Ale₁P₁p₂, e₁Ver₁P₁ ва P₁p₁NdxBe₁₃p₂, ки аз рӯи се хатҳои нонварианти p₁P₁P₁e₁ ва p₂P₁бурида мешаванд, иборат аст.

Зерсистемаи Al-NdBe₁₃-D₄. Аз рӯи адад компонентҳои сатҳи ликвидуси система аз се сатҳҳои зерин таркиб ёфтааст: Alp₂P₂p₃, p₃P₂p₅D₄ ва p₅NdBe₁₃p₂P₂, ки бо се хатҳои нонварианти бурида мешаванд: p₂P₂P₃Pr и p₅P₂, дар нуқтаи p₃ бо ҳам меоянд. Кристаллбандии хӯлаҳои зерсистемаи мазкур на дар худ система, балки ҳамроҳ бо хӯлаҳои зерсистемаи пешина дар нуқтаи e₁ қатъ мегардад.

Зерсистемаи Al-D₄-Nd₃Al₁₁. Таҳлили термограммаи хӯлаҳо зерсистема нишон доданд, ки кристаллбандии хӯлаҳои система дар нуқтаи e₂ нонварианти эвтектикии ҳангоми ҳарорати 640 °С қатъ мегардад. Аз рӯи адади компонентҳои сатҳи ликвидуси система аз се сатҳҳои зерин таркиб ёфтаанд: Alp₃P₃e₂, p₃D₄e₃P₄P₃ ва p₄P₄P₃e₃.

Зерсистемаи D₄NdBe₁₃-NdAl₁₃. Сатҳи ликвидуси буриши зикршуда ба ҳосил кардани хӯлаҳои иловагии дар дохили зерсистема ва дақиқи ДТА ва микросохтори хӯлаҳо сохта шудааст. Зерсистема D₄-NdBe₁₃-NdAl₂ маҳдуд бо се буриши типии эвтектикӣ мебошад. Мувофиқан, худ системаҳо эвтектикӣ аст. Ҳарорат ва координатаҳои система дар чадвали 1 оварда шудаанд.

Чадвали 1

Тавсифи мувозинаҳои нонвариантиҳо дар системаи Al-BeNdBe₁₃-NdAl₂

Нуқтаҳои нонвар.	Концентрасияи компонентов, % ат.			Ҳарорати мувозинавӣ, °С	Мувозинатҳо
	Al	Be	Nd		
e ₁	97,6	2,4	-	644	L=Al+Be
e ₂	92	-	8	640	L= Al+Nd ₃ Al ₁₁
E ₃	58,1	20,7	21,2	1250	L=D ₄ +NdAl ₂
e ₄	44,2	31,9	23,9	1220	L=NdBe ₁₃ +NdAl ₂
p ₁	-	99,99	0,01	1016	L+NdBe ₁₃ =Be
p ₂	97,7	1,9	0,4	675	L+NdBe ₁₃ =Al
P ₃	98,1	1,1	0,8	670	L+D ₄ =Al
p ₄	76	-	24	1205	L+NdAl ₂ =Nd ₃ Al ₁₁
p ₅	55,4	26,4	26,4	1275	L+NdBe ₁₃ =D ₄
E ₁	50,1	27,7	22,2	1164	L=NdBe ₁₃ +D ₄ +NdAl ₂
P ₁	96,5	2,8	0,7	656	L+NdBe ₁₃ =Al+Be
P ₂	97,6	2,0	0,4	673	L+NdBe ₁₃ =D ₄ +Al
P ₃	91,4	1,5	7,1	646	L+D ₄ =Nd ₃ Al ₁₁ +Al
P ₄	80,0	4,0	16,0	1190	L+D ₄ =Nd ₃ Al ₁₁ +Al

Ҳангоми сохтани сатҳи умумии ликвидуси кунҷи алюминийи системаи Al-Be-Nd иҷрои диаграммаҳои мувозинаҳои фазавӣ, буриши «дуруғдуго-

наҳо» ва таҳлили сатҳи ликвидус зерсистемаҳои омӯхташуда ба эътибор гирифта шуд. Дар самти омӯхташудаи система мавҷуд будани 7 майдонҳои кристаллбандии пайвастагиҳои интерметаллии дугона ва сегона, инчунин компонентҳои аввала муайян шуд. Ҳиссаи калонтарини кристаллбандии аввала дар сатҳҳои ликвидус ва пайвасти даргудози NdBe_{13} мавҷуданд.

Диаграммаи ҳолати системаи алюминий-бериллий-самарий.

Мувозаниҳои фазаӣ. Диаграммаи фазаии мувозанатаи системаи $\text{Al-Be-SmBe}_{11}\text{-SmAl}_2$ бори аввал сохта шудааст. Буриши изотермитикии диаграммаи ҳолати система $\text{Al-Be-SmBe}_{11}\text{-SmAl}_2$ дар натиҷаи таҳлилҳои рентгонофазаӣ ва металлографӣ сохта шудааст. Таҳлили аниқи рентограммаи хӯлаҳои система пайваста таҳлили микросохтор ва ДТА-и хӯлаҳо нишон доданд, ки системаи $\text{Al-Be-SmBe}_{11}\text{-SmAl}_2$ тибқи тавсиф амали мутақобилаи физикӣ-химиявии компонентҳо интерметаллиди сегона монанд ба ду системаи пешинаи $\text{Al-Be-Pr(Nd)Be}_{13}\text{-Pr(Nd)Al}_3$ ва инчунин мувозанатаи дуфазаии $\text{Al-SmBe}_{13}\text{-SmBe}_{11}\text{-D}_5$, $\text{SmBe}_{11}\text{-SmAl}_2$, $\text{SmAl}_2\text{-D}_5$, $\text{D}_5\text{-Al}$, $\text{D}_5\text{-SmAl}_3$ ва $\text{Sm}_3\text{Al}_{11}$. Ҳарорати гудозиш D_5 ба 1340°C баробар аст.

Буришҳои политермикӣ. Таҳқиқ ва сохтани диаграммаи ҳолати буришҳои политермикӣ бо татбиқи таҳлилҳои рентгонафазагӣ, дифференциалӣ-термикӣ гузаронида шудаанд. Натиҷаҳои таҳқиқот дар поён оварда шудаанд. Барои таҳқиқи буришҳои политермикӣ чун пешина системаҳои тадқиқшуда, буришҳои кунҷи алюминийи системаи $\text{Al-Be-SmBe}_{13}\text{-SmAl}_3$ интихоб шуданд.

Буришҳои Al-D_5 . Диаграммаи ҳолати ин буриш аз додаҳои таҳқиқи 6 хӯла, ки дар буриш ҷойгиранд, сохта шуданд. Мавҷуд будани эффектҳои термикӣ дар фосилаи 1,4 то 100 % мол-и D_5 ҳангоми ҳарорати 674°C аз мавҷудияти нонвариантиҳои мувозинаи перетектикӣ дар системаи мазкур шаҳодат медиҳанд. Бо кумаки ДТА-и буришҳои хӯлаҳо пайваста бо таҳлили микросохторӣ таркиби нуктаи перетектикӣ муайян карда шудааст. Маҳлулшавии D_5 дар Al тақрибан 5 % мол-ро ташкил медиҳад. Маҳлулшавии Al дар D_5 бо усулҳои таҳқиқӣ ошкор нагардид.

Таҳқиқи хӯлаҳои системаи Al-SmBe_{13} нишон дод, ки системаи типии перетектикӣ буда, бо маҳлулшавии маҳдуди компонентҳо дар ҳолатҳои саҳти бемаҳдуд ва моеъ аст. Нуктаи перетектикӣ 1-3 % мол SmBe_{13} -ро дар бар гирифтааст.

ДТА-и хӯлаҳо дар ҳамбастагии таҳлили металлографикӣ ба сохтани буришҳои $\text{D}_5\text{-SmBe}_{13}$ ва $\text{SmAl}_2\text{-SmBe}_{13}$ имконият доданд. Буришҳои системаи типии перетектикӣ бо маҳлулшавии маҳдуд байни якдигар дар ҳолати саҳт ва бемаҳдуд дар ҳолати моеъ мебошанд. Маҳлулшавии D_5 ва SmAl_2 дар пайвасти SmBe_{13} тақрибан 5 % мол-ро ташкил медиҳад. Маҳлулшавии SmBe_{13} дар D_5 ҳангоми усулҳои таҳқиқ ошкор нагардид.

Буришҳои $\text{D}_5\text{-SmAl}_2$ ва $\text{Sm}_3\text{Al}_{11}\text{-D}_5$. Таҳлил ва иденсификатсияи термограммҳои хӯлаҳои ин буришҳо ва таҳлили аниқи микросохторҳои хӯлаҳо нишон доданд, ҳар ду буриш нонвариантиҳои типии эвтектикӣ бо маҳлулшавии маҳдуди компонентҳо ($\text{D}_5\text{-SmAl}_2$ -ро об намеқануд) якдигарро дар ҳолати саҳт ва бемаҳдуд дар ҳолати моеъ мебошанд. Мубаддалшавии эвтектикӣ ҳангоми 63,8 ва 65 % мол D_5 дида мешавад.

Хамин тавр, дар натиҷаи таҳқиқи «дурӯгдугона»-и буриши хӯлаҳо, ки бо алюминийи ғанӣ, системаи сегонаи Al-Be-Sm дар 6 буришҳои политермикӣ, ки дар триангулятсияи кунҷи алюминийии система иштирокдоранд, муқаррар карда шуданд: Al-D₅, Al-SmBe₁₃, D₅-SmAl₂, D₅-Sm₃Al₁₁, D₅-Sm₃Al₁₁ ва SmAl₂-SmBe₁₃.

Сатҳи ликвидус. Таҳқиқи буришҳои политермикӣ ва сингулярии триангулятсияи кунҷи алюминийии системаи Al-Be-Sm-ро ба системаи содаи сегона ба чамъбасти системаҳои сегонаи алоҳида ҷудо карданд: Al-Be-SmBe₁₃, Al-SmBe₁₃-D₅, Al-D₅-Sm₃Al₁₁, SmAl₁₁-D₅-SmAl₂ ва D₅-SmBe₁₃-SmAl₃.

Зерсистемаи Al-Sm-Be₁₃, ДТА пайваста бо таҳлили микросохтори хӯлаҳо нишон доданд, ки кристаллбандии хӯлаҳои зерсистемаи мазкур дар нуқтаи e₁ эвтектикии нонварианти қатъ мегардад. Тибқи адади компоненти сатҳи ликвидус зерсистема аз сатҳҳои Al₁P₁P₂, e₁Be₁P₁ ва P₁P₁SmBe₁₃P₂, иборат аст, ки аз рӯи се хатҳои моноварианти p₁P₁, P₁e₁ ва p₂P₁ бурида мешаванд.

Зерсистемаи Al-SmBe₁₃-D₅. Адади компонентҳои инсистема аз се сатҳҳои зерин таркиб ёфтаанд: AlP₂P₂P₃, p₃P₂e₃D₅ ва e₃SmBe₁₃P₂P₂, ки аз рӯи се хатҳои моноварианти p₂P₂, p₃P₂ ва e₃P₂ дар нуқтаи p₃ бурида мешаванд. Кристаллбандии хӯлаҳои зерсистемаи мазкур на дар ҳуди система, балки дар нуқтаи e₁ ҳамроҳ бо хӯлаҳои зерсистемаи Al-Be-SmBe₁₃.

Зерсистемаи Al-D₅Sm₃Al₁₁. Таҳлили термограммаи хӯлаҳои зерсистема нишон доданд, ки кристаллбандии хӯлаҳои система дар нуқтаи e₂, дар ҳарорати 640°C қатъ мегардад. Тибқи адади эвтектикии нонвариантии компонентҳо сатҳи ликвидуси система аз се сатҳҳои зерин AlP₃P₃e₂, p₃D₄e₃P₄P₃ ва p₄P₄P₃e₃ таркиб ёфтааст.

Зерсистемаи D₅-SmBe₁₃-SmAl₅. Азбаски буришҳо, ки зерсистемаро додашударо маҳдуд мекунанд, типии эвтектикии «дурӯгдугона» мебошанд, ҳуди зерсистема инчунин эвтектикӣ ва кристаллбандии хӯлаҳо дар онҳо тибқи воқушои чорфазаӣ L=SmBe₁₁+SmAl₂-D₅ ҳангоми ҳарорати 1112°C мебошанд. Сатҳи ликвидуси система тибқи адади компонентҳо аз сатҳҳои зерин таркиб ёфтаанд: e₃SmBe₁₃e₄E₁, e₄E₁e₅SmAl₂ ва D₅e₄E₁e₅, ки аз рӯи хатҳои моноварианти e₃E₁, e₄E₁ ва e₅E₁, ки дар нуқтаи нонварианти эвтектикии E₁ бурида мешаванд. Проексияи сатҳи ликвидуси системаи мазкур майдонҳои кристаллбандии ибтидоии хӯлаҳои SmBe₁₃, SmAl₂ ва D₅ дар бар мегирад. Ҳарорат ва координатаҳои нонвариантии мувозина дар система дар ҷадвали 2 оварда шудааст.

Натиҷаҳои таҳқиқи системаи алюминий-бериллий-МНЗ.

Дар системаҳои Al-Be-Y(La, Ce) ва Al-Be-Pr(Nd, Sm) мувозинаҳои зерини дуфазаӣ ошкор гардиданд: Al-P₃MBe₁₃, Al-D (ки D - Al_{3,25}-2,25Be_{0,75}-1,5Y, Al_{3-2,25}-Be_{m1-1,75}La, Al_{12,8}-2,6Be_{1,2-1,4}Ce, Al₅₇Be₂₃Pr₂₀, Al₅₇Be₂₃Nd₂₀, Al₅₇Be₂₃Sm₂₀), D-P₃MA₂, P₃MA₂-P₃MBe₁₃, D-P₃MBe₁₃, D-P₃MA₃, D-P₃M₃Al₁₁. Қисми аз онҳо квазибинарӣ мебошанд.

Буришҳои MN₃Be₁₃-MN₃Al₂, D-MN₃Al₂, D-MN₃Be₁₃ дар системаҳои Al-Be-Y(La, Ce) ба системаҳои типии эвтектикӣ алоқамандӣ дорад. Ҳарорати мубаддали эвтектикӣ дар системаҳои D-MN₃Al₂, Al-MN₃Be₁₃ ва D-MN₃Be₁₃ ҳангоми зиёд шудани заряди ядроии MN₃ аввал кам ва пас зиёд

мешавад, ки ба ҳарорати гудозиши пайвастиҳои сегона коррелятсия мешаванд (ҷадвали 3).

Ҷадвали 2

Тавсифи мувозинаҳои нонварианти дар система Al-Be-SmBe₁₃-SmAl₂

Нуктаҳои нонвар.	Концентрасияи компонентов, % ат.			Ҳарорати мувозинави, °C	Мувозинатҳо
	Al	Be	Sm		
e ₁	97,6	2,4	-	644	L=Al+Be
e ₂	97	-	3	640	L=Al+Sm ₃ Al ₁₁
e ₃	43,5	38,9	17,6	1190	L= SmBe ₁₃ +D ₅
e ₄	42,1	34,4	23,5	1250	L=SmBe ₁₃ +SmAl ₂
e ₅	61,2	14,2	24,6	1214	L=D ₅ +SmAl ₂
E ₆	77	-	23	1150	L=Sm ₃ Al ₁₁ +SmAl ₂
E ₇	65	14,8	20,2	1289	L=Sm ₃ Al ₁₁ +D ₅
P ₁	-	99,99	0,01	670	L+SmBe ₁₃ =Be
P ₂	97,6	1,9	0,5	674	L+SmBe ₁₃ =Al
P ₃	97,1	1,3	1,6	1112	L+D ₅ =Al
E ₁	49,5	28,4	22,1	1119	L=SmBe ₁₃ =SmAl ₂ +D ₅
E ₂	68,2	9,8	22,0	673	L=Sm ₃ Al ₁₁ +SmAl ₂ +D ₅
P ₁	96,4	2,8	0,8	673	L+SmBe ₁₃ =Al
P ₂	97,5	2,1	0,4	673	L+SmBe ₁₃ =Al+D ₅
P ₃	95,6	0,8	3,6	648	L+Sm ₃ Al ₁₁ =D ₅ +Al

Ҷадвали 3

Ҳарорати гудозиши интерметаллидҳои сегонаи системаи Al-Be-Y(La, Ce) ва Al-Be-Pr(Nd, Sm)

МНЗ		Пайвастиҳо	
Рамз	Тпл., °C	Формула	Тпл., °C
Y	1525	Al _{3,25-2,25} Be _{0,75-1,5} Y	1350
La	920	Al _{3-2,25} Be _{1-1,75} La	1280
Ce	798	Al _{2,8-2,6} Be _{1,2-1,4} Ce	1350
Pr	935	Al ₅₇ Be ₂₃ Pr ₂₀ ,	1315
Nd	1024	Al ₅₇ Be ₂₃ Nd ₂₀ ,	1265
Sm	1072	Al ₅₇ Be ₂₃ Sm ₂₀ ,	1370

Дар системаҳои дугонаи P₃MBe₂-P₃MAl₂ вобастагии баръакс мушоҳида мешавад, яъне ҳангоми гузариш аз лантан ба серий ҳарорати мубаддали нонварианти баланд мешавад. Ин гуна тавсифи тағйироти ҳарорат бештар бо пайдоиши интерметаллидҳои LaAl₂, CeAl₂ коррелятсия мешавад, ки ҳангоми гузариш аз пайвастиҳои ба самарий меафзояд. Муқоисаи системаҳои таҳқиқшуда нишон доданд, ки системаи итрий бештар бо серий монанд аст, на бо лантан.

Дар системаҳои Al-Be-Pr(Nd, Sm), буришҳои MN₃Be₁₃-MN₃Al₂, D-MN₃Al₂, D-MN₃Be₁₃ (ғайр аз NdBe₁₃) типҳои эвтектикӣ мебошанд. Ҳарорати мубаддали эвтектикӣ дар системаҳои Al-MN₃Be₁₃, P₃MBe₁₃-MN₃Al₂ ҳан-

гоми зиёд шудани заряди ядро МНЗ аввал кам ва пас зиёд мешавад (ҷадвали 4), ки бо ҳарорати гудозиши системаҳои сегона коррелятсия мешавад (ҷадвали 3).

Дар системаҳои дугона D-МНЗAl₂ вобастагии баръакс мушоҳида мешавад, яъне ҳангоми гузариш аз празеодим ба самарий ҳарорати мубаддали инвариантӣ баланд мешавад. Ин гуна таъсири ҳароратӣ бештар бо ҳарорати гудозиши интерметаллидҳои дугона D-МНЗBe₁₃ коррелятсия мешавад. Ин гуна тавсифи тағйири ҳарорат бештар ба ҳарорати гудозиш интерметаллидҳои дугона МНЗBe₁₃ коррелятсия мешавад, ки ҳангоми гузариш аз празеодим ба самарий баланд мешавад.

Муқоисаи системаҳои сегонаи алюминий бо бериллий ва МНЗ аз он шаҳодат медиҳад, ки дар тавсифи амали мутақобила ва миқдори пайдоиши интерметаллидҳои системаҳои мазкур монанд.

Боз як фарқи системаҳои Al-Be-Y(La, Ce) ва Al-Be-Pr(Nd, Sm) тавсифи ташкилшавии интерметаллидҳои сегона мебошад. Дар системаҳои Al-Be-Y(La, Ce) интерметаллидҳои сегона бертоллидҳои мебошанд, яъне бо таркиби тағйирёбанда, вале дар системаҳои Al-Be-Pr(Nd, Sm) пайвастиҳои ташкилдиханда далтонидҳои таркибашон доимӣ мебошанд.

Ҷадвали 4

Ҳарорати мувозинаҳои нонварианти буришҳои квазибинарии системаҳои Al-Be-Y(La, Ce) ва Al-Be-Pr(Nd, Sm)

№	Системаҳо	Ҳарорати мувозинавӣ, °C	№	Системаҳо	Ҳарорати мувозинавӣ, °C
1.	YBe ₁₃ -YAl ₂	1355	13	Al-Ybe ₁₃	700
2.	LaBe ₁₃ -LaAl ₂	1250	14	Al-LaBe ₁₃	640
3.	CeBe ₁₃ -CeAl ₂	1320	15	Al-CeBe ₁₃	620
4.	PrBe ₁₃ -PrAl ₂	1240	16	Al-PrBe ₁₃	680
5.	NdBe ₁₃ -NdAl ₂	1220	17	Al-NdBe ₁₃	670
6.	SmBe ₁₃ -SmAl ₂	1250	18	Al-SmBe ₁₃	675
7.	D - YAl ₂	1300	19	D - Ybe ₁₃	1267
8.	D ₁ - LaAl ₂	1245	20	D ₁ - LaBe ₁₃	1220
9.	D ₂ - CeAl ₂	1220	21	D ₂ -CeBe ₁₃	1200
10.	D ₃ - PrAl ₂	1270	22	D ₃ - PrBe ₁₃	1305
11.	D ₄ - NdAl ₂	1250	23	D ₄ -NdBe ₁₃	1275
12.	D ₅ - SmAl ₂	1205	24	D ₅ -SmBe ₁₃	1190

Маводи таҷрибавии умумии пайдокарда ва дар боло зикршударо доир ба амали мутақобили алюминий бо бериллий ва МНЗ-ро мумкин аст чунин хулоса ва пешгӯӣ намоем:

1. Вобаста ба он ки дар кунҷҳои алюминийи системаҳои тадқиқшаванда пайвасти сегонаи таркибаш Al₅₇Be₂₃МНЗ₂₀ бо сохтори BeAl₂ ташкил меёбад, ин гуна пайвастиҳои сегона мумкин дар дигар системаҳои тадқиқшавандаи R₃MA₁, мисли иттриявӣ ва ҳам зергурӯҳи сериявӣ пайдо шаванд, яъне Al-Be-Pm (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu).

2. Пайвасти сегонаи зикршудаи дар системаҳои омӯхтанашуда бо иштироки ҳамаи МНЗ (ғайр аз серий) мумкин дар мувозинаи дуфазавии бо маҳлули саҳти алюминийии интерметаллидҳои дугонаи $MnZAl_2$, $MnZAl_3$, $MnZAl_{11}$ ва $P3MBe_{13}$ бошад.

3. Дар системаҳои Al-Be-МНЗ буришҳои Al- D_n , D_n - $P3MAl_2$, D_n - $P3MBe_{13}$, $P3MBe_{13}$ - $P3MAl_2$ Al- $P3MBe_{13}$ буришҳои квазибинарӣ мебошад. Ташаккули ин гуна буришҳои квазибинариро дар системаҳои омӯхтанашудаи сегона бо иштироки Al, Be ва МНЗ бояд интизор шуд.

Боби 4. ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКӢ ВА ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХӢЛАҲОИ Al-Be-Pr (Nd, Sm) ВА МАҲСУСАН ТОЗАИ АЛЮМИНИЙ БО СИЛИТСИЙ, МИС ВА БАӢЗЕ МНЗ

Дар ин боб: таъсири таркиби фазавии хӯлаҳои системаи Al-Be-Pr (Nd, Sm) бо хосиятҳои депфирии онҳо; вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши алюминийии тамғаи А5N ва АК1; вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хӯлаҳои АК1М2-и бо скандий, иттрий, празеодим ва неодими чавҳардоршуда; вобастагии ҳароратии функсияҳои термодинамикии хӯлаи АК1М2 ва хӯлаҳои бо МНЗ чавҳардоршуда дида баромада шудааст.

Таҳқиқоти хосиятҳои депфирии хӯлаҳо, инҳоро нишон доданд:

1. Ҳангоми тағйирдиҳии таркиби хӯлаи Al-Be (0,01 % мас.) - МНЗ (0,01÷0,5 % мас.), таркиби беҳтарин бо хосиятҳои депфирӣ, хӯла бо 0,5 % мас. -и самарӣ мебошад. Суръати хомӯшшавии садо $d_3=6,04$ дБ/мс.

2. Нишондоди баланди хосиятҳои садопахшкунандагӣ ҳангоми Al-Be (0,1 % мас.) - МНЗ (0,01÷0,5 % мас.) дар хӯла бо 0,5 % мас.-и неодим дида мешавад. Дар ин ҷо $d_3=6,35$ дБ/мс.

3. Нишондодҳои бештари хосиятҳои депфирии хӯлаҳои Al-Be (0,5 % мас.) - МНЗ (0,01÷0,5 % мас.) ҳангоми Be (0,01 % мас.) бо 0,5 % мас.-и самарӣ дида мешавад. Дар ин ҳолат $d_3=6,46$ дБ/мс.

Микроиловаҳои бериллий ва МНЗ хосиятҳои депфирии хӯлаҳоро зиёд менамояд. Бо зиёдшавии Be ва МНЗ дар таркиби хӯлаҳои таҳқиқшаванда, тағйирёбии суръати хомӯшшавии лаппиши садоҳо бештар мешавад, ки он аз беҳтаршавии хосиятҳои демпфирии хӯлаҳо огоҳӣ медиҳад. Таркибҳо бо нишондодҳои беҳтарини хосиятҳои демпфирӣ дар МНЗ инҳоянд: а) дар хӯлаҳо бо празеодим ва неодим ҳангоми 0,1 % мас.-и бериллий будан; б) дар хӯлаҳои самарӣ ҳангоми 0,5 % мас.-и бериллий будан.

Хӯлаҳои алюминийӣ бериллий бо микроиловаҳои самарӣ нишондодҳои баланди хомӯшшавии лаппиши садоҳоро доранд. Баъд аз ҳаматарафа омӯхтани хосиятҳои демпфирии хӯлаҳои омӯхташаванда ва таҳлили сифатии таъсири ин хосиятҳо, таҳлилҳои металлографӣ гузаронида шуданд. Таҳқиқоти микротаркибии хӯлаҳои сайқалдодашуда дар микроскопи (заррабини) металлографӣ “НЕОРНОТ-31” гузаронида шуд.

Таҳқиқотҳои гузаронидашуда нишон дод, ки ба микросохт мутаносиби ташкилдихандаи хӯлаҳои таҳқиқшаванда таъсир мерасонад. Дар натиҷа се ҳолатҳоро дида метавонем:

а) ҳангоми 0,01% мас.-и Ве. Дар ин ҳолат $MH3=0,1$ % мас.-ро сарҳади мавқеи маҳлули саҳт шуморидан мумкин аст, яъне ҳангоми $MH3=0,01\div 0,1$ % мас. будан, саҳти якдаврӣ мешавад ва ҳангоми $MH3=0,1\div 0,5$ % мас. будан – дудаврӣ.

б) ҳангоми 0,1% мас.-и Ве ва зиёдшавии миқдори Pr ва Nd ба он оварда мерасонад, ки қобилияти болотар зарбакашиш бештар мешавад ва он аз гузариши микросохт аз калондонача ба майдадонача огоҳӣ медиҳад. Хосиятҳои хӯлаҳо бо Sm аз хӯлаҳои дорои Pr ва Nd дар соҳаи дудавра қорӣ менамояд ва ин аз он гувоҳӣ медиҳад, ки Sm дар ин мавқеъ дар ҳолати дуваленти мебошад.

в) ҳангоми 0,5% мас.-и Ве. Ба қобилияти зарбанишонии хӯлаҳо инчунин миқдори Pr ва Nd таъсир мерасонад. Илова намудани Sm ба миқдори 0,01 \div 0,1 % мас., дигар ҳел нисбат ба миқдори 0,1 % мас. Ве мешавад. Ин ба кам ҳалшавии Ве дар хӯлаҳои дукарата шаҳодат медиҳад. Қобилияти ларзишнишонии ҳамаи хӯлаҳои дорои MH3 дар фосилаи 0,01 \div 0,5 % мас. меафзояд, чунки раванди тағйирёбии микросохт бо тарҳи калондона-миёнадона-майдадона ба амал меояд.

Натиҷаҳои таҳқиқотҳо оиди вобастагии ҳарорати хосиятҳои гармофизикии алюминийи тамғаи А5N ва АК1 нишон дода шудаанд. Дар таҳқиқотҳо гармиғунҷоиши алюминийи бениҳояд тоза (99,995 %) истифода шудааст. Раванди хунукшавии алюминийи тамғаи А5N, ки бо усули кристаллшавии мавқеъ ва тамғаи А7 дар фосилаи ҳарорати 293 \div 873 К, таҳқиқ шудаанд.

Муодилаҳои зеринро барои вобастагии ҳарорати намунаҳо аз вақти хунукшавӣ чунин навиштан мумкин аст:

$$\begin{aligned} &\text{- барои алюминийи тамғаи А5N } T = 295,2 + 411,8e^{-\tau/526} + 208,4e^{-\tau/154} \quad (9) \\ &\text{- барои алюминийи тамғаи А7 } T = 292,6 + 523,3e^{-\tau/417} + 90,7e^{-\tau/110} \end{aligned}$$

Муодилаҳо барои вобастагии ҳарорати энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс барои алюминийи тамғаи А5N пешниҳод шудаанд. Натиҷаи таҳқиқотҳои вобастагии ҳарорати хосиятҳои гармофизикӣ барои хӯлаи АК1 нишон дода шудаанд.

Аввалин маротиба вобастагии ҳарорати хосиятҳои гармофизик барои хӯлаи тамғаи АК1 муайян карда шудааст. Вобастагии ҳарорати хӯлаи АК1 аз вақти хунукшавӣ дар фосилаи ҳарорати 293 \div 873 К дақиқии муайян, бо муодилаи намуди зерин навишта мешавад:

$$T = 294,7 + 360,7e^{-\tau/625} + 250,0e^{-\tau/222} \quad (10)$$

Бо формулаи (2) суръати хунукшавии намуна ҳисоб карда шудааст. Маълумотҳои гармиғунҷоиши алюминийи тамғаи А5N ва силитсий ва қоидаи Нейман-Коппро истифода бурда, қимати гармиғунҷоиши хоси хӯлаи АК1 ҳисоб карда шудааст. Формулаи зерин ҳосил шуд:

$$C_p = 726,9297 + 0,7655T - 0,0008T^2 + 5,9849 \cdot 10^{-6}T^3 \quad (11)$$

Пас қимати гармиғунҷоиши хос ва суръати хунукшавиро бо формулаи (3) истифода намуда, коэффисиенти гармидиҳӣ барои хӯлаи АК1 ҳисоб карда шуд. Формулаи зерин барои вобастагии ҳароратии коэффитсиенти пешниҳод карда шуд:

$$|\alpha(T)|_{(AK1)} = 2,0591 + 0,0298 T - 4,3362 \cdot 10^{-6} T^2 + 1,1254 \cdot 10^{-9} T^3 \quad (12)$$

Натиҷаҳои таҷрибавии ҳосилшуда барои коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи АК1 нишон медиҳад, ки ҳангоми иловакунии калий ташкилдиҳандаи дуум ба металл, коэффитсиенти гармидиҳӣ қимати якхела надорад.

Муодилаҳо барои вобастагии ҳароратии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс барои хӯлаи АК1 тартиб дода шудаанд.

Вобастагии ҳароратии ҳосиятҳои гармофизикии хӯлаи АК1М2 таҳқиқ карда шудаанд. Хӯлаҳои алюминийи саноатӣ одатан на камтар аз ду-се элементҳои чавҳардор доранд, ки ба алюминий асосан барои баланд бардоштани мустаҳкамии механикӣ ва пешгирӣ аз зангзанӣ дохил карда мешаванд. Барои муайян намудани функсияи термодинамикии хӯлаи АК1М2, ҳосиятҳои гармофизикии хӯла дар фосилаи ҳароратии 293÷873 К таҳқиқ карда шудаанд. Вобастагии таҷрибавии ҳосилшудаи ҳароратӣ намуна аз вақти хунукшавӣ, бо формулаи зерин ифода карда мешавад:

$$T = 286,4 + 420,4e^{-\tau/500} + 211,8e^{-\tau/189} \quad (13)$$

Ин формуларо бо τ дифференсатсия карда, муодилаи суръати хунуккунии намунаро ҳосил менамоем:

$$dT/d\tau = 0,84e^{-\tau/500} + 1,12e^{-\tau/189} \quad (14)$$

Барои ҳисоб намудани гармиғунҷоиши хоси хӯлаи АК1М2, қоидаи Нейман-Коппро истифода менамоем. Муодилаи вобастагии ҳароратӣ гармиғунҷоиши хоси хӯлаи АК1М2, намуди зеринро дорад:

$$C_p(T) = 718,6017 + 0,7574T - 8,018 \cdot 10^{-4} T^2 + 5,9092 \cdot 10^{-7} T^3 \quad (15)$$

Маълумотҳои ҳисобкардашударо оиди гармиғунҷоиш ва бузургиҳои бо роҳи таҷриба ҳосилшудаи суръати хунукуниро истифода намуда, муодилаи зеринро барои вобастагии ҳароратии коэффисиенти гармидиҳии хӯлаи АК1М2 навиштан мумкин аст:

$$|\alpha(T)|_{(AK1M2)} = 8,4799 + 0,0127 T + 1,9817 \cdot 10^{-5} T^2 - 1,0021 \cdot 10^{-8} T^3 \quad (16)$$

Вобастагии муваққатии бо роҳи таҷрибавӣ ҳосилшудаи ҳарорати намунаҳо (бо дақиқӣ) бо формулаи намуди (2) навишта мешавад. Бо формулаи (3) суръати хунукшавии намунаҳо ҳисоб карда шудааст. Дар қадвали 5 қиматҳои коэффитсентҳо дар муодилаҳои (2) ва (3) барои ҳамаи маҷмӯи таҳқиқшуда нишон дода шудааст.

Барои хӯлаҳои чавҳардори АК1М2, коэффисиент гармидиҳӣ барои хӯлаи ибтидоии АК1М2 истифода шудааст, ки он аз ғуншави ташкилдиҳандаҳои чавҳар дар вобастагӣ надорад.

Пас бузургии гармиғунҷоиши хоси хӯлаҳои чавҳардор бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

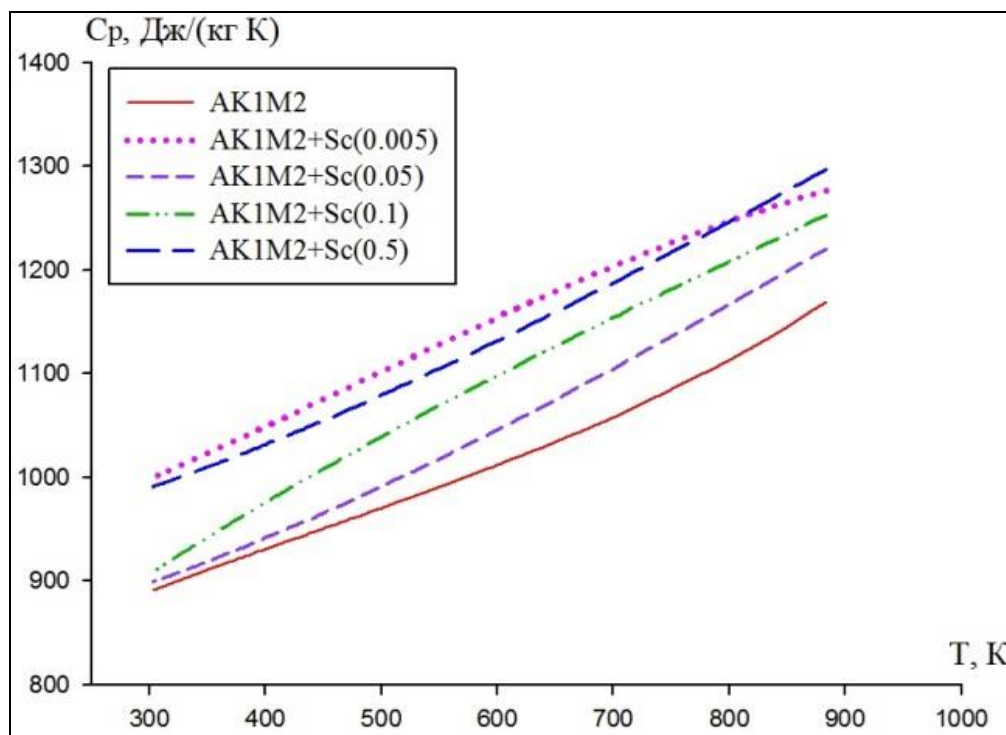
$$C(T) = \frac{|\alpha(T)| S (T-T_0)}{m (dT/d\tau)} \quad (17)$$

Дар расми 9 барои мисол вобастагии гармиғунҷоиши хос хӯлаи АК1М2-и то скандий ҷавҳаркардашуда аз ҳарораи, нишии дода шудааст.

Ҷадвали 5

Қимати коэффисиентҳои $(T_1 - T_0, \tau_1, T_2 - T_0, \tau_2), (T_1 - T_0)/\tau_1, (T_2 - T_0)/\tau_2$
барои металлҳо ва хӯлаҳои таҳқиқшаванда

Хӯлаҳо	$T_1 - T_0, K$	τ_1, c	$T_2 - T_0, K$	τ_2, c	$(T_1 - T_0)/\tau_1, K/c$	$(T_2 - T_0)/\tau_2, K/c$	T_0, K
Al (A7)	523,3	417	90,7	110	1,25	0,82	292,6
Al(A5N)	411,8	526	208,4	154	0,78	1,35	295,2
Cu	398,1	302	199,6	88	1,32	2,27	302,7
AK1	360,7	625	250,0	222	0,58	1,13	294,7
AK1M2 (1)	420,4	500	211,8	189	0,84	1,12	286,4
(1)+Nd 0,005	470,1	476	182,6	178	0,99	1,02	291,0
(1)+Nd 0,05	448,1	500	221,6	196	0,90	1,13	286,4
(1)+Nd 0,1	416,5	500	265,5	238	0,83	1,11	289,3
(1)+Nd 0,5	352,4	555	338,0	238	0,63	1,42	286,7
(1)+Pr 0,005	274,2	588	370,6	294	0,47	1,26	290,2
(1)+Pr 0,05	428,8	500	205,0	217	0,86	0,94	293,1
(1)+Pr 0,1	302,7	588	358,2	278	0,51	1,29	285,5
(1)+Pr 0,5	457,5	500	232,0	204	0,91	1,14	288,1
(1)+Sc 0,005	246,1	769	400,6	312	0,32	1,28	284,2
(1)+Sc 0,05	279,0	666	361,0	303	0,25	1,19	286,4
(1)+Sc 0,1	307,6	666	331,1	294	0,46	1,13	288,0
(1)+Sc 0,5	443,2	555	180,2	208	0,80	0,87	292,0
(1)+Y 0,005	307,1	588	322,0	263	0,52	1,22	281,5
(1)+Y 0,05	406,6	526	244,7	222	0,77	1,10	286,2
(1)+Y 0,1	412,2	526	269,6	217	0,78	0,70	285,7
(1)+Y 0,5	512,6	454	112,6	161	1,13	0,70	292,3



Расми 9. Вобастагии C_p аз ҳарорат барои хӯлаи АК1М2-и бо скандий ҷавҳаркардашуда.

Вобастагии ғуншавии гармиғунҷоиши хӯлаи АК1М2-и бо скандий, иттрий, празеодим ва неодим чавҳардоршуда ҳархела тавсир карда мешавад. Масъалаи, барои хӯлаи бо иттрий ва неодим чавҳардоршуда, баландшавии қимати гармиғунҷоиш ҳангоми ғуншавии беш аз 0,05 % мас. ва ҳарорати 400 К хос мебошад. Барои хӯлаи бо скандий ва празеодим чавҳардоршуда баландшавии қимати гармиғунҷоиш дар ҳама фосолаҳои ғуншавӣ дида мешавад. Ин таъсирро то ҳалшавии ташкилдихандаи чавҳардор дар хӯлаи ибтидоӣ ва дигар омилҳо фаҳмонидан мумкин аст.

Қимати коэффисиентҳо дар муодилаи вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш барои маҷмӯи таҳқиқотшуда, дар ҷадвали 6 нишон дода шудааст. Қайд намудаи лозим аст, ки ҳама муодилаҳои ҳосилшуда, фақат дар ҳосолаи таҳқиқшудаи ҳарорат 293÷873 К истифодашаванда мебошанд ва намунаи зеринро дорад: $C_p(T) = a_0 + b_0T + c_0T^2 + d_0T^3$ (ҷадвали 6).

Ҷадвали 6

Қимати коэффисиентҳо дар муодилаи $C_p(T) = a_0 + b_0T + c_0T^2 + d_0T^3$

Металлҳо, хӯлаҳо	a_0	b_0	$c_0, 10^{-4}$	$-d_0, 10^{-6}$
Al(A5N)	730,2302	0,7571	-8	-0,60
Cu	310,5300	0,3600	-4	0,22
Si	390,1809	1,5987	-18	0,72
Sc	463,5476	0,5450	-8	-0,52
Y	278,2143	0,0604	0,18	-
Pr	174,5357	-0,0071	2	0,06
Nd	95,2619	0,4487	-6	-0,38
AK1	726,9297	0,7655	-8,1	-0,60
AK1M2 (1)	718,6017	0,7574	-8,02	-0,59
(1)+Nd 0,005	728,3789	0,19748	8,2	0,48
(1)+Nd 0,05	719,2733	0,268	6,3	0,49
(1)+Nd 0,1	656,145	0,9447	-7,2	-0,38
(1)+Nd 0,5	682,0345	0,5389	4,3	0,51
(1)+Pr 0,005	725,2818	0,6857	-3,5	-0,12
(1)+Pr 0,05	728,583	0,5852	1,3	0,21
(1)+Pr 0,1	714,2943	0,5834	2,0	0,23
(1)+Pr 0,5	747,3512	0,1858	8,0	0,42
(1)+Sc 0,005	890,9848	0,1953	6,9	0,47
(1)+Sc 0,05	816,7284	0,1290	5,3	0,18
(1)+Sc 0,1	656,7735	0,9674	5,0	0,19
(1)+Sc 0,5	910,3302	0,1317	5,0	0,17
(1)+Y 0,005	706,6932	0,2509	2,8	0,01
(1)+Y 0,05	696,5381	0,395	1,2	0,05
(1)+Y 0,1	660,3804	0,5405	1,4	0,06
(1)+Y 0,5	607,3512	0,9261	3,0	0,03

Вобастагии ҳароратии функцияҳои термодинамикии хӯлаи АК1М2-и бо скандий, иттрий, празеодим ва неодим чавҳаркардашуда, муайян карда шудааст. Муодилаҳои зерин барои вобастагии ҳароратии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс барои хӯлаи чавҳардоршудаи АК1М2 пешниҳод шудаанд:

$$H(T) = H(0) + a_1T + b_1T^2 + c_1T^3 + d_1T^4; S(T) = a_2\ln T + b_2T + c_2T^2 + d_2T^3;$$

$$G(T) = a_3T(\ln T - 1) + b_3T^2 + c_3T^3 + d_3T^4$$

Инчунин муодилаҳо барои вобастагии ҳароратии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс барои хӯлаи АК1М2 пешниҳод шудаанд (ҷадвали 7).

Ҷадвали 7

Қимати коэффисиентҳо дар муодилаҳои вобастагии ҳароратии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс

Хӯлаҳо	a_1	$b_{1,3}$ 10^{-3}	$c_{1,6}$ 10^{-6}	$-d_{1,9}$ 10^{-9}	a_2	$b_{2,3}$ 10^{-3}	$c_{2,6}$ 10^{-6}	$-d_{2,9}$ 10^{-9}	$-a_3$	$-b_{3,3}$ 10^{-3}	$-c_{3,3}$ 10^{-3}	$d_{3,9}$ 10^{-9}
Al(A5N)	19,72	10,22	-7,2	-4,03	19,72	20,44	-10,8	-5,37	19,72	10,22	-0,36	-1,34
Cu	19,73	11,45	-4,7	-3,50	19,73	22,90	-12,7	-4,67	19,73	11,45	-0,80	-1,17
Si	10,95	22,50	-16,8	-5,08	10,95	45,00	-25,3	-6,78	10,95	22,50	-0,80	-1,70
AK1	19,63	10,33	-7,3	-4,04	19,63	20,67	-10,9	-5,39	19,63	10,34	-0,36	-1,35
AK1M2 (1)	19,92	10,5	-7,41	-4,10	19,92	21,00	-11,12	-5,461	19,92	10,5	-3,70	-1,36
(1)+Nd 0,005	20,19	2,74	7,58	3,33	20,19	5,47	11,38	4,45	20,19	2,74	3,79	1,11
(1)+Nd 0,05	19,94	3,71	5,82	3,41	19,94	7,43	8,73	4,55	19,94	3,71	2,91	1,14
(1)+Nd 0,1	18,19	13,09	-6,65	-2,65	18,19	26,2	-9,98	-3,53	18,19	13,1	-3,32	-0,88
(1)+Nd 0,5	18,91	7,47	3,97	3,55	18,91	14,94	5,96	4,73	18,91	7,47	-1,98	1,18
(1)+Pr 0,005	20,11	9,50	-3,23	-0,81	20,11	19,01	-4,852	-1,09	20,11	9,50	-1,62	-0,27
(1)+Pr 0,05	20,20	8,11	1,20	1,46	20,20	16,22	1,80	1,95	20,20	8,11	0,60	0,49
(1)+Pr 0,1	19,80	8,10	1,85	1,63	19,80	16,20	2,77	2,17	19,80	8,10	0,92	0,54
(1)+Pr 0,5	20,72	2,58	7,39	2,95	20,72	5,15	11,09	3,93	20,72	2,58	3,70	0,98
(1)+Sc 0,005	24,70	2,71	6,38	3,27	24,70	5,41	9,56	4,36	24,70	2,71	3,19	1,09
(1)+Sc 0,05	22,64	1,79	4,90	1,24	22,64	3,58	7,35	1,66	22,64	1,79	2,45	0,41
(1)+Sc 0,1	18,21	13,41	-4,62	-1,32	18,21	26,82	-6,93	-1,77	18,21	13,41	-2,31	-0,44
(1)+Sc 0,5	25,24	1,826	4,62	1,20	25,24	3,65	6,93	1,60	25,24	1,83	2,31	0,40
(1)+Y 0,005	19,59	3,48	2,59	0,09	19,59	6,96	3,88	0,11	19,59	3,48	1,29	0,03
(1)+Y 0,05	19,31	5,47	1,11	0,35	19,31	11,00	1,66	0,47	19,31	5,47	0,55	0,12
(1)+Y 0,1	18,31	7,49	1,29	0,43	18,31	15,00	1,94	0,57	18,31	7,49	0,65	0,14
(1)+Y 0,5	16,84	12,84	-2,77	0,20	16,84	26,00	-4,16	-0,27	16,84	12,84	-1,39	-0,07

Натиҷаҳои гирифташудаи таҷрибавӣ нишон медиҳад, ки барои хӯлаҳои то иттрий ва неодим ҷавҳардоршуда, энталпия ва энтропия нисбат ба хӯлаи ибтидоӣ камтар буда, энергияи Гиббс бештар мебошад, яъне хӯлаи ҷавҳардоршудаи АК1М2 гармигузаронии онро бештар мегардонад. Барои хӯлаҳои бо празеодим ва скандий ҷавҳардоршуда, энталпия ва энтропия бештар шуда, энергияи Гиббс нисбат ба хӯлаи иттрий камтар мешавад.

Боби 5. КОРКАРД ВА ДАР ИСТЕҲСОЛОТ ҚОРӢ НАМУДАНИ ЛИГАТУРИ АЛЮМИНИЙ ВА ХӢЛАҲОЕ, КИ ДАР ТАРКИБИ ХУД СТРОНСИЙ, БАРИЙ ВА МЕТАЛЛҲОИ НОДИРЗАМИНӢ ДОРАНД

Дар ин боб: таъсири иловаҳои элементҳои гуногун ба кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои алюминийю стронсий дорои таркиби Al_4Sr таҳқиқ шудаанд; устуворӣ ва намдории хӯлаи алюминийю баридори таркиби Al_4Ba , бо силитсий, магний ва титан чавҳардоргардонида; хӯлаҳои алюминийю силитсийи коркардшуда бо силитсий ва хӯлаҳои нави рехташудаи алюминий бо соҳти кафолатдодашуда; хосиятҳои дохил намудани лигатураҳои алюминийю стронсийдор дар хӯлаҳои алюминийи рехтагарӣ; таҳқиқоти таъсири лигатураи дигаргуншудаи алюминийю стронсийдор ба фаъолшавии оксиген дар силумини гудохташуда; ҳолати зангзанию электрохимиявии силуминҳои то стронсий дигаргуншуда; дигаргунсозии силуминҳо бо стронсий, бо иловакунии магний ва марганес; дигаргунсозии силуминҳою стронсий бо иловакунии мис, руҳ ва дигар элементҳои чавҳардоркунанда; таҳқиқоти хосиятҳои дигаркунандаи стронсий дар хӯлаҳои системаи алюминийю германий; дигаргунсозии хӯлаҳои алюминийи рехтагарӣшуда бо барий.

Ба лигатураи алюминий бо МИЗ талаботҳо оиди устуворӣ дар муҳити ҳавогин талаб карда мешаванд. Устувории хӯлаҳои алюминийю стронсийдор бо изофакунии силитсий, магний, манган бо усули маъмул муайян карда шудааст.

Таҳқиқоти устувории хӯлаҳои секаратаи системаи алюминий-стронсий-МНЗ аз он гувоҳӣ медиҳад, ки иловакунии МНЗ дар ҳудуди 0,04-0,8% ат. ва 0,013-0,33% ат. Nd ба хӯлаҳои алюминийю стронсийдор на танҳо устувориро ба оксидшавӣ баланд менамояд, балки устувори ба намӣ низ меафзоёнад. Таҳқиқоти устувории хӯлаҳои сечандаи системаи Al_4Sr-Si (Ti, Mg) нишон дод, ки бо шадидият ҷудошавии газ, дар муддати 3-10 дақиқаи аввал ба амал меояд. Бо гузаштани 15 дақиқа аз аввали таъсири байниҳамдигарӣ ҳаҷми ҳидрогени ҷудошуда, аз муҳлати таъсири байниҳамдигарӣ бо об хӯлаҳои системаи Al_4Sr-Ti нишон доранд, ки ғуншавии бехтарини титан 0,4 % ат. мебошад. Афзоиши баъдинаи миқдори титан то 1,44 % ат., устувории хӯлаҳои номбаршударо паст менамояд. Афзоиши ғуншавии силитсий ва магний то 22-24 % ат. устувории хӯлаҳои алюминийю стронсийдорро баланд менамояд.

Набудани маълумот оиди таъсири стронсий ба хӯлаҳои алюминийи газдор ба мо имконият дод, ки ин масъалаҳоро ҳаматарафа дар якҷоягӣ бо корхонаҳои саноатӣю автомобилсозӣ дида бароем. Натиҷаҳои ба даст омада дар ҷадвали 8 нишон дода шудааст.

Натиҷаи кори гудохташуда аз он шаҳодат медиҳад, ки стронсийи дигаргуншуда дар шароити корхона гудохташудаи газдорро талаф медиҳад, ки дар баъзе ҳолатҳо миқдори лозимиро бо ГОСТи 1583-73 дар хӯлаи фулӯзи ($0,3 \text{ см}^3/100 \text{ г}$) бештар менамояд. Истифодаи гексахлорэтан ба сифати воситаҳои дегазатсиякунонӣ, ба камшавии миқдори стронсий оварда мерасонад, миқдори ҳидроген бошад, каме меафзояд ва ё тағйир намеёбад.

Таъсири миқдори стронсий ва технологияи
гудохтаи ба газдории хӯла

Хӯла, технологияи дигаргунсозӣ ва коркарди минбаъда	Ниғахдории гудохтаи дигаргунсозӣ, соат	Миқдори стронсий, мас.%	Газдорӣ, см ³ /100г
Дигаргункунии хӯлаи АЛ4 бо лигатураи Al+30%Sr, миқдори элементи Sr-0,006%			
Дар кӯраи гудозанда	2	0,022	0,15
Пас аз коркард то дигайзер ба миқдори 0,1% аз массаи гудозиш	2,2	0,013	0,42
Дар САТ-0,25x1 (пас аз рехтан аз кӯраи гудозиш)	3	0,0065	0,27
	4	0,0060	0,13
	5	0,0050	0,11
Дигаргункунии хӯлаи АК6М2 бо лигатураи Al+30%Sr, миқдори ҳисобии Sr-0,02%			
Аз кӯраи гудозиш	1	0,018	0,35
Аз дӯли холикунӣ	1,1	0,02	0,34
Аз дӯлҳои гуногуни пас аз коркард бо дегазер	1,3	0,02	0,34
Аз воситаи электромагнитӣ (ЭМД)	1,5	0,016	0,26
Аз воситаи электромагнитӣ (ЭМД)	2,0	0,016	0,17

Газдории хӯлаҳо аз усулҳои воридкунии стронсий ба гудозиш (ба намуди тоза ё дар таркиби лигатураи Al+30%Sr) ва бештаршавии он дар баъзе ҳолатҳо пас аз дигаргунсозӣ наметавонад бо вучуд доштани ҳидроген дар лигатура ба роҳ монда шавад, чунин газдории лигатураи Al+30%Sr 5,3см³/100г-ро ташкил медиҳад, массаи лигатура бошад, камтар аз 0,2%-и массаи металлро ташкил медиҳад. Газдории баланд наметавонад ба таъсири байниҳамдигарии стронсий бо атмосфера дар раванди воридшави ба гудозиш фаҳмонда шавад, чунки стронсий ба рехтагарии дарунҳолӣ бо баъстаи ё бо варанда дар зери сатҳи гудозиш дохил карда мешавад.

Мумкин будани стронсий дар гудозиш, фаъолшавии таъсири байниҳамдигарии гудозишро бо атмосфера аз баландшавии дохилшавии пардаи оксидӣ бештар менамояд.

Истифодаи стронсий ба сифати дигаргунсозӣ тоэвтектикӣ ва эвтектикӣ силуминҳо, метавонанд якҷоя бо истифодаи чорабиниҳои техникӣ ва ташкилӣ тавсия дода шавад, ки ба онҳо дохил мешаванд: истифодаи намудҳои махсуси рехтагарӣ (рехтагарӣ дар зери фишори паст, равандҳои акурат, рехтагарӣ бо фишори мутақобил); истифодаи системаи рехтагарӣ бо таъмини бештари рехтагарӣ.

Коркарди пешакии усулҳои дохилкунии стронсийро ба назар гирифта, алюминийро аввал бо 7 ва 12% мас. силитсий дар бӯтаи корундӣ, дар оташдони муқовимат гудоختанд. Пас аз пурра ҳалшавии силитсий, дар он

ҳангоми ҳарорат 750-800 °C будан, лигатураи стронсий-алюминийро богу-
дозиши вакуумӣ, ба миқдори 5 ё 10% вобаста аз таркиби додашудаи
хӯлаҳои ҳосилшуда, дохил намуданд (ҷадвали 9).

Ҷадвали 9

Таъсири стронсий ба тавсифҳои электрохимиявии хӯлаҳои Al-7%Si,
Al-12%Si. Суръати даврзании потенсиалӣ 5 мВ/с

Миқдори компонентҳо, мас.%		Тавсифи электрохимиявӣ (Х.С.Э.)			
Si	Sr	-E _{пп} , В	-E _{пп} , В	-E _{реп.} , В	i _{пп} , А/м ²
7	-	0,710	1,100	0,620	3,60
	0,005	0,705	1,100	0,640	3,40
	0,01	0,710	1,180	0,635	2,60
	0,05	0,710	1,050	0,635	2,80
	0,1	0,720	1,070	0,620	3,00
	0,5	0,700	1,100	0,630	3,00
	0,7	0,710	1,080	0,630	2,80
	1,0	0,710	1,100	0,630	2,90
12	-	0,705	1,080	0,635	3,80
	0,005	0,705	1,060	0,650	2,00
	0,01	0,725	1,080	0,620	2,20
	0,005	0,745	1,120	0,640	1,50
	0,1	0,720	1,150	0,650	2,00
	0,5	0,720	1,180	0,645	2,20
	0,7	0,700	1,190	0,650	2,20
	1,0	0,730	1,120	0,700	3,40

Пас аз ниғаҳдорӣ ба муҳлати 10-15 дақиқа ва омехташавӣ, ба сатҳи тафсонидашудаи қолиби рехтагарии графитӣ, намунаҳои диаметрҳои d=8мм-ро мерезанд. Пеш аз таҷриба хӯлаҳоро дар найча пресс намуда, бо қоғази суфтакунанда тоза менамоем ва фавран ба ячейкаи электрохимиявӣ мегузaronанд.

Тавсифҳои гирифташудаи электрохимиявии ин силуминҳо аз ҳамдигар каме фарқ мекунанд. Вале, то дохилкунии стронсий, ҳангоми тағйирёбии начандон калони потенсиалҳои доимӣ ва потенсиалҳои питтингташкилкунанда, хело пастшавии зичии ҷараёни пассиватсия (i_n) ба амал меояд. Вобастагии i_n аз миқдори стронсий дар хӯлаҳо хусусияти ғайриоддӣ доранд (ҷадвали 9). Қимати камтарини зичии ҷараён ҳангоми 0,01% стронсийро ба силумини тоэвтектикӣ ва 0,05% стронсийро ба силумини эвтектикӣ дохил намудан аст. Ҳамроҳкунии зиёди стронсий >0,1% ба зиёдшавии бузургии зичии ҷараёни пассиватсия таъсир мерасонад.

Омузиши таъсири таркиб (яъне ташкилдиҳандаҳои асосии чавҳардорӣ силуминҳо – мис, силитсий ва руҳ), инчунин микроҷавҳаркунӣ бо магний, марганетс, титан ва стронсий ба саҳт ва хосияти хӯлаҳо дар асоси системаи алюминий-мис-силитсий ва алюминий-мис-силитсий-руҳ муайян наму-

дани мавзеъҳои ғуншавии силуминҳои чавҳардор бо тавсифҳои беҳтарини техникую физико-механикӣ гузаронида шудаанд. Бо ин мақсад усули банақшагирии симплексиро истифода менамоянд, ки бо ёрии он барои нишон додани сатҳи мустаҳкамӣ, ёзандагӣ ва сатҳии хӯлаҳои системаи таҳқиқшаванда ҳангоми вучуд доштани миқдори муайяни стронсий – 0,05% (бо масса) ва инчунин бе он наздикшавии шаклро тасвир намуда, истифода мекунанд. Ҳангоми таҳқиқоти хӯлаҳо дар асоси системаи алюминий-мис-силитсий секунҷаи ғуншавӣ шартан ба ду ҷудо карда мешавад: якумаш соҳаи хӯлаҳои сохториро маҳдуд менамояд, ин онро дар саноат васеъ истифода мешавад, дуумаш бошад соҳаи хӯлаҳоест, ки дар ҳолати рехтагарӣ истифода мешаванд ва ҳангоми дар онҳо вучуд доштани мис дар ҳолати ниҳой ба сифати лаҳим. Таъсири речаи коркарди ҳароратӣ, дар секунҷаи ғуншавии якум таҳлил шудааст.

Ҳамбастагии таркибҳои ба қуллай секунҷаҳо мувофиқбударо ба ташкилдихандаҳои вучуднадоштаи мустақил ба он мақсад ҷорӣ намудем, ки $X_1+X_2+X_3=1$ бошад. Гузаштан аз системаҳои координати псевдокомпонентҳо ба компонентҳои ташкилдихандаи ибтидоӣ бо формулаҳои дар ҷадвали 10 нишондодашуда амалӣ мегардад.

Ҷадвали 10

Формулаҳои ҳисобкунӣ барои аз системаи координати вучуднадошта ба ташкилдихандаи ибтидоӣ гузаштан

Системаҳои таҳқиқшаванда	Миқдори компонентҳо, % (бо масса)			
	Al	Si	Cu	Zn
Al-Si-Cu-Sr	-	-	-	-
I	$87X_1+95X_2+88X_3$	$5X_1+5X_2+12X_3$	$8X_1$	
II	$63X_1+87X_2+88X_3$	$5X_1+5X_2+12X_3$	$32X_1+8X_2$	
Al- Cu-Si-Zn-Sr-Ti	$83X_1+95X_2+88X_3$	$5X_1+5X_2+12X_3$	-	$12X_1$

Хӯлаҳои массашон то 2 кг бударо дар оташдони муковиматӣ дошта ҳосил намудем. Барои маводҳои гудозанда лигатураҳои Al+12% Si, Al+50% Cu, Al+4% Ti, Al+10% Mn, инчунин руҳи металлӣ ва магний истифода шуданд. Хосиятҳои механикӣ дар «намунаҳои гагаринӣ», ки аз намунаҳои фонашакли дар ҳолати рехта ва коркарди ҳароратӣ тайёршуда буда, муайян карда шудаанд (речаи Т6). Қиматҳои миёнаи тавсирҳои механикӣ бо натиҷаҳои санҷиши ба ҳамдигар мушобеҳи се намуна ҳосил шудаанд. Ҳангоми натиҷаҳо аз ± 5 фарқ намудан таҷриба такрор карда мешуд.

Бо натиҷаҳои таҷриба, қиматҳои коэффитсиентҳо дар муодилаҳои амсилаҳои мувофиқшуда ҳисоб карда шуда, муодилаҳои регрессивии во-бастагии хосиятҳо (y) аз таркиби хӯлаҳо навишта шуда, бо ёрии технологияи компютерӣ қиматҳои ниҳоии мустаҳкамӣ ба ёзиш, дарозшавии нисбӣ ва сахтӣ дар бурришҳои ҳароратии сеунҷаҳо ғуншаванда ҳисоб карда шудаанд.

Натиҷаҳои таҳқиқот оиди коркарди бартарии мис, магний, манган, титан ва руҳи хӯлаҳо дар асоси Al-Cu-Si ва Al-Cu-Si-Zn бо стронсий дигаргуншуда дар чадвали 10 нишон дода шудааст. Хӯлаҳои дар доираи ғуншавии силитсий 5-12%, мис 0-32%, стронсий 0,05% (бо масса) таҳқиқ шудаанд. Маълумотҳои таҷрибавӣ ва коэффитсиенти муодилаҳои вобастагии ҳосиятҳои аз таркиб навишташаванда (y) дар чадвали 11 оварда мешавад.

Чадвали 11

Ҳосиятҳои механикӣ ва коэффитсиентҳои муодилаи регрессия (пастравӣ) барои хӯлаҳои системаи Al-Si-Cu-Sr

Системҳо	y	Ҳосиятҳои механикӣ ва коэффитсиентҳои муодилаи регрессия (пастравӣ) дар ҳолати рехта					
		σ_B , МПа	K_{σ_B}	δ , %	K_{δ}	НВ, МПа	$K_{НВ}$
Al-Si(5-12%)-Cu(0-8%)	y ₁	200	200,0	2,9	2,90	981	981,0
	y ₂	156	156,0	16,5	16,50	400	400,0
	y ₃	166	166,0	7,7	7,70	516	516,0
	y ₁₁₂	203	114,8	2,8	-2430	860	502,0
	y ₁₂₂	204	162,0	5,8	-6,30	744	389,0
	y ₁₁₃	212	72,0	3,6	18,70	907	328,5
	y ₁₃₃	226	-105,8	4,2	10,35	763	-524,0
	y ₂₂₃	177	-171,0	16,3	6,75	519	-74,3
	y ₂₃₃	177	22,5	16,2	-19,10	543	99,0
	y ₁₂₃	221	223,0	4,5	-86,65	725	-1156,5
Al-Si(5-12%)-Cu(8-32%)	y ₁	141	141,0	0,6	0,60	1450	1450,0
	y ₂	200	200,0	2,9	2,90	981	981,0
	y ₃	166	166,0	7,7	7,70	516	516,0
	y ₁₁₂	162	74,2	1,2	-1,01	1340	177,2
	y ₁₂₂	212	335,2	1,9	-12,12	1170	1426,5
	y ₁₁₃	223	162,0	0,9	-6,30	1430	389,2
	y ₁₃₃	233	-204,7	2,0	0,60	1170	92,2
	y ₂₂₃	212	-11,2	3,6	8,70	907	-346,5
	y ₂₃₃	226	-150,7	4,2	6,75	763	-74,2
	y ₁₂₃	219	-364,5	1,9	8,64	1210	166,5

Ба таври графикӣ маълумотҳои ҳосилшуда муайян менамоянд, ки хӯлаҳои секаратаи алюминий-силитсий-мис дар ҳолати рехта тасвирҳои мустаҳкамӣ на он қадар бояд дароз $\sigma_B = 160-210$ МПа, НВ=500-900 МПа, ва ле ёзандагии (мулоимии) ниҳояд зиёдро $\delta = 3-12\%$ доро мебошанд. Тарзи ҷойгиршавии хатҳои тасвирҳои механикӣ аз он шаҳодат медиҳад, ки тағйирёбии инҳо бештар аз ҳиссаи тағйирёбии ғуншавии мис ба амал ояд. Бо зиёдшавии ғуншавии мис, тасвирҳои мустаҳкамӣ меафзояд, ёзандагӣ (мулоимӣ) паст мешавад. Ҳангоми ғуншавии мис 8,0-17,5%, ва силитсий 8,0-10,0% (бо масса) сатҳи мустаҳкамӣ қимати баланд - 220 МПа дорад, аммо ёзандагӣ (мулоимӣ) ва сахтӣ бошад мутаносибан ба 1,0-2,0% ва 1000-1300 МПа баробаранд.

Дахл намудани стронсий $\sigma_{\text{в-ро}}$ то 10-30 МПа, δ -ро ба 1-3% баланд намуда, сахтиро қариб тағйир намедихад. Соҳаи қиматҳои бештари мустаҳкамии силуминҳои мисини стронсийдор дар ҳолати рехта, бо мавҷуд будани мис 10-17%, силитсий 8-10% маҳдуд мешавад. Вале ҳангоми мавҷуд будани мис дар ҳудуди болоӣ қимати дарозшавии нисбии хӯлаҳо камтарин мешавад.

Бинобар ин барои бехтарин шудани тавсири мустаҳкамӣ ва ёзандагӣ (мулоимӣ) дар ҳолати рехта, интихоби хӯлаҳоро бояд дар мавзеи ғуншавӣ бо мис на бештар аз 10%, бо силитсий 6-10% нигоҳ доштан мумкин аст. Сатҳи ҳосиятҳои механикии хӯлаҳо дар ин мавзӯ ин тавр аст: $\sigma_{\text{в}}=230$ МПа, $\delta=3\%$, $\text{НВ}=1000-1150$ МПа.

Пас аз коркарди ҳароратӣ, доираи қиматҳои калонтарини мустаҳкамӣ (320 МПа) ба тарафи кам будани мис майл намуда 4,0-6,5-ро ташкил медиҳад. Бо силитсий бошад дар ҳудуди 8-10% монда, ёзандагӣ (мулоимӣ) ва сахтӣ дар ин ҳолат мутаносибан ба $\delta=2-5\%$ ва $\text{НВ}=1000-1100$ МПа баробар мешавад.

Дар ин вақт мустаҳкамӣ ва ёзандагии (мулоимии) хӯлаҳо ҳангоми коркарди онҳо бо стронсий меафзояд ва ин аз таъсири дигаргуншавӣ маънидод мешавад, ки дендритҳо майда мешавад α_{Al} -маҳлули сахт ва эвтектика [$\alpha = \text{Al} + \text{Si}$] бошад сохти тунукро мегирад.

Таҳлили сатҳҳои ҳосилшуда нишон медиҳад, ки мустаҳкамии хӯлаҳо бо стронсий бо зиёдшавии миқдори руҳ ва силитсий меафзояд. Қиматҳои камтарин дар кунҷи ғуншавии секунҷаи алюминий (210 МПа дар ҳолати рехта ва 310 МПа дар ҳолати коркарди гармӣ) ва калонтарин дар хӯлаҳои миқдори руҳ бештарбуда дида мешавад. Ҳам дар ҳолати рехта ва ҳам дар ҳолати бо гармӣ коркардшуда, қимати мустаҳкамии ниҳой 10-15% бештар барои хӯлаҳои стронсийдошта нисбат ба хӯлаҳои стронсий надошта мебошад. Сахтии хӯлаҳои стронсий дошта 8% бештар нисбат ба хӯлаҳои онро надошта мебошад.

Пас аз коркарди гармӣ, сахтӣ афзуда қиматаш ба 1100 МПа мерасад ва дар ин ҳолат дар он руҳ 4-8% ва силитсий 7-10%-ро (бо масса) ташкил медиҳад. Доираи қиматҳои зиёдтарини ёзандагӣ (мулоимӣ) барои хӯлаҳои таҳқиқшаванда, қариб ба силумини бинарӣ мувофиқат менамояд. Бо зиёдшавии миқдори руҳ ёзандагӣ (мулоимӣ) паст мешавад: қиматҳои камтарини дарозшавии нисбӣ (1,2-1,5%) ба хӯлаҳои мувофиқат менамояд, ки онҳо бо миқдори зиёди руҳ (бештар аз 5%) ва силитсий (бештар аз 8%) ҷавҳардор карда шудаанд. Ёзандагии (мулоимии) хӯлаҳои стронсийдори таҳқиқшаванда 10% нисбат ба хӯлаҳои стронсий надошта бештар меистанд.

Дар асоси гуфтаҳои боло, барои силуминҳои дар маҷмӯъ бо мис, руҳ, магний ва титан дар доираи дохили секунҷа ба миқдори 1-4% мис, 25% руҳ ва 8-10% силитсий (бо масса) тавсия додан мумкин аст, ки он тавсири бехтарини яқҷояи мустаҳкамӣ ва ёзандагиро нишон медиҳад.

Ҳамин тавр, аз таҳлили дар боло овардашуда маълум мешавад, ки дохилшавии стронсий ба таркиби хӯлаҳо дар асоси системаи алюминий-силитсий-мис ва алюминий-силитсий-мис-руҳ мутобиқати онҳоро ба ҳисоби миёна ба 10-20%, ёзандагиро (мулоими) ба 15-20% ва бештар баланд

менамояд. Афзоиши қиматҳои тавсирҳои механикӣ аз дахлкунии стронсий барои хӯлаҳои таҳқиқшаванда қариб як хел мебошад.

Дар хӯлаҳои дар асоси системаи алюминий-силитсий-мис, афзоиши мустаҳкамӣ ва пастшавии дарозшавии нисбӣ, асосан дар натиҷаи тағйирёбии ғуншавии мис ба амал меояд. Бо баландшавии микдори мис мустаҳкамӣ меафзояд ва ёзандагӣ (мулоимӣ) паст мешавад. Дар маҷмӯъ чавҳардоркунии ин хӯлаҳо бо магний, манган ва титан баландшавии мустаҳкамии онҳоро дар коркарди гармӣ аз 320 МПа то 400 МПа таъмин менамояд, вале ба камшавии дарозшавии нисбӣ ба 30-50% оварда мерасонад. Бо зиёдшавии дараҷаи чавҳардоршавӣ, доираи тавсирҳои механикӣ беҳтарин ба доираи кам ғуншавии мис нисбат ба хӯлаҳои секаратаи алюминий-силитсий-мис мегузаранд.

Бо ёрии усулҳои симплексии банақшагирӣ гузаронидашуда имконият дод, ки доираи ғуншавии беҳтарин тавсирҳои механикӣ силуминҳои мисдор (худуди мустаҳкамӣ, дарозшавии нисбӣ ва сахтӣ)-ро ҳангоми ҳарорати ҳучра муайян карда шуд.

Ба таркиби дар дохили доираҳои интихобшуда (ҷадвали 12), якчанд хосиятҳои махсус таҳқиқ карда шуданд: хосиятҳои механикӣ асосан баланд будани ҳарорат, хосиятҳои рехтагарӣ ва инчунин часпакии зарбавии хӯлаҳо. Пеш аз санҷиш намунаҳо бо речаи Т6 коркарди гармиро гузаштанд.

Ҷадвали 12

Таркиби химиявӣ хӯлаҳои коркардшуда

№ хӯлаҳо	Таркиби химиявӣ, бо % масса							
	Si	Zn	Cu	Mg	Mn	Ti	Sr	Al
1.	7,0	-	5,0	-	-	-	-	асос
2.	7,0	-	5,0	-	-	-	0,5	асос
3.	8,0	-	4,5	0,25	-	-	-	асос
4.	8,0	-	4,5	0,25	-	-	0,5	асос
5.	8,0	-	4,0	0,25	0,30	-	-	асос
6.	8,0	-	4,0	0,25	0,30	-	0,5	асос
7.	8,5	-	3,0	0,25	0,30	0,12	-	асос
8.	8,5	-	3,0	0,25	0,30	0,12	0,5	асос
9.	8,0	2,0	-	-	-	-	0,5	асос
10.	8,0	2,0	-	-	-	-	0,5	асос
11.	8,0	2,0	-	0,35	-	-	-	асос
12.	8,0	2,0	-	0,35	-	-	0,5	асос
13.	9,0	4,0	-	0,35	-	0,15	-	асос
14.	9,0	4,0	-	0,35	-	0,15	0,5	асос
15.	9,0	2,5	2,5	0,35	-	-	-	асос
16.	9,0	2,5	2,5	0,35	-	-	0,5	асос
17.	9,0	2,5	2,5	0,35	-	0,15	-	асос
18.	9,0	2,5	2,5	0,35	-	0,15	0,5	асос

Ба таври графикӣ маълумотҳои ҳосилшуда муайян менамоянд, ки хӯлаҳои секаратаи алюминий-силитсий-мис дар ҳолати рехта тасвирҳои мустаҳкамӣ на он қадар бояд дароз $\sigma_B = 160-210$ МПа, $HV = 500-900$ МПа, вале ёзандагии (мулоимии) ниҳояд зиёдро $\delta = 3-12\%$ доро мебошанд. Тарзи ҷойгиршавии хатҳои тасвирҳои механикӣ аз он шаҳодат медиҳад, ки тағйирёбии инҳо бештар аз ҳиссаи тағйирёбии ғуншавии мис ба амал ояд. Бо зиёдшавии ғуншавии мис, тасвирҳои мустаҳкамӣ меафзояд, ёзандагӣ (мулоимӣ) паст мешавад. Ҳангоми ғуншавии мис $8,0-17,5\%$, ва силитсий $8,0-10,0\%$ (бо масса) сатҳи мустаҳкамӣ қимати баланд - 220 МПа дорад, аммо ёзандагӣ (мулоимӣ) ва сахтӣ бошад мутаносибан ба $1,0-2,0\%$ ва $1000-1300$ МПа баробаранд.

Дахл намудани стронсий σ_B -ро то $10-30$ МПа, δ -ро ба $1-3\%$ баланд намуда, сахтӣ қариб тағйир намедиҳад. Соҳаи қиматҳои бештари мустаҳкамии силуминҳои мисини стронсийдор дар ҳолати рехта, бо мавҷуд будани мис $10-17\%$, силитсий $8-10\%$ маҳдуд мешавад. Вале ҳангоми мавҷуд будани мис дар ҳудуди болоӣ қимати дарозшавии нисбии хӯлаҳо камтарин мешавад.

Бинобар ин барои бештарин шудани тавсири мустаҳкамӣ ва ёзандагӣ (мулоимӣ) дар ҳолати рехта, интихоби хӯлаҳоро бояд дар мавзеи ғуншавӣ бо мис на бештар аз 10% , бо силитсий $6-10\%$ нигоҳ доштан мумкин аст. Сатҳи ҳосиятҳои механикӣ хӯлаҳо дар ин мавзӯ ин тавр аст: $\sigma_B = 230$ МПа, $\delta = 3\%$, $HV = 1000-1150$ МПа.

Пас аз коркарди ҳароратӣ, доираи қиматҳои калонтарини мустаҳкамӣ (320 МПа) ба тарафи кам будани мис майл намуда $4,0-6,5$ -ро ташкил медиҳад. Бо силитсий бошад дар ҳудуди $8-10\%$ монда, ёзандагӣ (мулоимӣ) ва сахтӣ дар ин ҳолат мутаносибан ба $\delta = 2-5\%$ ва $HV = 1000-1100$ МПа баробар мешавад.

Дар ин вақт мустаҳкамӣ ва ёзандагии (мулоимии) хӯлаҳо ҳангоми коркарди онҳо бо стронсий меафзояд ва ин аз таъсири дигаргуншавӣ маънидод мешавад, ки дендритҳо майда мешавад α_{Al} -маҳлули сахт ва эвтектика $[\alpha = Al + Si]$ бошад сохти тунукро мегирад.

Таҳлили сатҳҳои ҳосилшуда нишон медиҳад, ки мустаҳкамии хӯлаҳо бо стронсий бо зиёдшавии миқдори руҳ ва силитсий меафзояд. Қиматҳои камтарин дар кунҷи ғуншавии секунҷаи алюминий (210 МПа дар ҳолати рехта ва 310 МПа дар ҳолати коркарди гармӣ) ва калонтарин дар хӯлаҳои миқдори руҳ бештар буда дида мешавад. Ҳам дар ҳолати рехта ва ҳам дар ҳолати бо гармӣ коркардшуда, қимати мустаҳкамии ниҳой $10-15\%$ бештар барои хӯлаҳои стронсийдошта нисбат ба хӯлаҳои стронсий надошта мебошад. Сахтии хӯлаҳои стронсий дошта 8% бештар нисбат ба хӯлаҳои онро надошта мебошад.

Санчиши кӯтоҳмуддати хӯлаҳо бо кашиш ҳангоми ҳарорати баланд дар мошини санҷидашавандаи универсалии УММ-5 бо усули умумии қабулшуда гузаронида шуд, ки он ба тафсонидани намуна бе сарбори дар муддати 30 дақиқа ва оҳиста-оҳиста бо сарборӣ фишор овардани он то вайроншавиро дар бар мегирад. Шакл ва андозаҳои намуна бо талаботҳои ГОСТ 1497-73 мутобиқ буданд. Натиҷаҳои санчиш дар ҷадвали 13 нишон дода шудаанд.

Вобастагии ҳароратии ҳосиятҳои механикии хӯлаҳои пешниҳодшаванда
(таркиби химиявии хӯлаҳо дар чадвали 12 нишон дода шудааст)

№ хӯлаҳо	20°C		150°C		250°C		350°C	
	σ_B , МПа	δ , %	σ_B , МПа	δ , %	σ_B , МПа	δ , %	σ_B , МПа	δ , %
1.	280-300	2,0-4,0	221	1,6	142	4,4	25	23,2
2.	320	1,0-5,0	277	4,0	152	8,0	30	36,8
3.	350	2,0-3,0	250	1,2	177	3,5	30	22,8
4.	380	2,5-3,5	265	3,0	178	7,2	50	32,8
5.	350	2,0-2,5	280	1,5	173	4,4	45	24,4
6.	380-400	2,2-2,5	288	2,2	183	6,8	50	32,8
7.	400	1,0-2,0	285	1,0	168	4,4	45	28,0
8.	400	3,0-3,5	291	2,0	188	6,0	50	35,2
9.	160	6,07-7,5	83,5	23,4	56,0	24,4	25,0	28,0
10.	170-190	14,0-15,0	88,5	26,2	50,	27,4	25,0	34,2
11.	270-285	2,0-3,0	190,0	14,4	91,0	15,2	25,0	23,2
12.	320-330	3,0-4,0	198,0	16,4	91,0	20,0	36,4	36,4
13.	270-300	2,0-2,5	204,0	4,5	121,0	6,0	31,2	31,2
14.	310-320	3,5-3,7	214,0	4,6	125,0	8,8	31,7	31,7
15.	290-300	1,3-1,5	260,0	4,0	132,0	6,2	29,6	29,6
16.	300-310	1,5-2,0	287,0	4,0	133,0	19,2	48,9	48,9
17.	300	1,3-1,5	258,0	2,8	126,0	6,0	27,2	27,2
18.	315-320	1,5-2,5	280,0	3,3	143,0	11,2	36,0	36,0

Санҷиши намунаҳо ба қатшавии зарбавӣ дар мошини рақосакдори МК-15 гузаронида шуд. Дар натиҷаи санҷиш кори умуми ҳангоми зарба (кори зарба) ё часпоиши зарбавӣ K_C муайян карда шуданд. Намунаҳо барои санҷиш бо назардошти ГОСТ 9454-71 тайёр карда шудаанд. Зичии намунаҳо бо роҳи барқашии гидростатикӣ дар тарозуи таҳлилии ВЛР-200 муайян карда шуданд. Ҳосиятҳои ҳагтӣ дар намунаи беҳтаршудаи Нехендэи-Самарина муайян карда шуданд. Равонии моеъии хӯлаҳо ба ҳама дарозии пуршавии чӯяки U-шакл чен карда шуданд; нишониши озоди ҳагтӣ (ϵ_T) бо нишониши милаи 14 мм дарозшавии марказии дар чӯяки амудӣ ҳосилшуда буда.

Майли хӯлаҳо ба ташкилҳои тарқишҳо дар рехтагарӣ, бо мавҷуд доштан ё надоштани тарқишҳо, дар мавзҳои манъгарии дарозии гуногун дар намуна баҳо дода шуда, баҳодиҳии миқдорӣ бо андозаҳои мутлақи баъри тарқиш муайян карда шуданд.

Аз таҳлили таҳқиқотҳои иҷрошуда чунин хулоса намудан мумкин аст, ки воридкунии стронсий ба таркиби хӯлаҳо дар асоси системаи алюминий-силитсий-мис ва алюминий-силитсий-руҳ, ҳосиятҳои мустаҳкамии онҳо дар ҳарорати ҳуҷра ба ҳисоби миёна 10-15%, ёзандагиро ба 15-20% ва бештар меафзоянд. Ҳангоми баланд будани ҳарорат сатҳи мустаҳкамии хӯлаҳо дорои мебошанд, ки бо магний ва титан ҷавҳардор карда шудаанд. Ин бо бештар ҷавҳардоршавӣ α -маҳлули саҳт ва баландшавии ҳарорати

чудошавии он ва инчунин сохти гетерогенӣ ва мавҷудияти сарҳади донаҳо бо ин марҳила (давр) ба $W(Al_4CuMg_5Si_4)$, $T(Al_2CuMg_4)$, $S(Al_2CuMg_4)$ ва дигарҳо дорад, ки онҳо ба сайлонияти хӯлаҳо ҳангоми баланд шудани ҳарорат монеа мешаванд. Бо вучуди он, ҳангоми ҳарорат $350\text{ }^\circ\text{C}$ будан, сатҳи гармимустаҳкамии ҳамаи хӯлаҳои таҳқиқшуда он қадар зиёд нестанд, бинобар он истифодаи хӯлаҳои намуди силуминҳо барои кори тӯлонии онҳо ҳангоми ҳарорат аз $350\text{ }^\circ\text{C}$ бештар будан, ба мақсад мувофиқ намебошад.

НАТИҶА ВА ХУЛОСАҲОИ АСОСӢ

1. Нахустин бор диаграммаҳои мувозинаҳои фазаӣ (дар ҳолати таъхирнопазир)-и системаи Al-Be-Pr (Nd, Sm) дар ҳудуди то 33,3 % ат. МНЗ сохта шуд. Мавҷудияти пайвастагиҳои секаратаи таркиби $Al_{57}Be_{23}R_{20}$ муқаррар гардид. Нишон дода шуд, ки бо маҳлули саҳти алюминий дар мувозинат қарор доранд: интерметаллид - D, пайванди дукарата - RBe_{13} , R_3Al_{11} ва маҳлули саҳт дар асоси бериллий. Ҳарорати обшавии интерметаллидҳои секарата муайян гардид. Бурришҳои политермакии зерини системаҳои секарата сохта шуд: Al-D₃(D₄, D₅), Al- RBe_{13} , D₃(D₄, D₅)- RBe_{13} , RAl_2 - RBe_{13} , D₃(D₄, D₅)- RAl_2 , R_3Al_{11} -D₃(D₄, D₅). Нишон дода шуд, ки дар системаҳои омӯзишгардида бурришҳои зерин квазибариянд: Al-D₃(D₄, D₅), Al- RBe_{13} , D₃(D₄, D₅)- RBe_{13} , RAl_2 - RBe_{13} , D₃(D₄, D₅)- RAl_2 . Бурришҳои R_3Al_{11} - D₃(D₄, D₅) қисман квазибариянд.

2. Бо ёрии бурришҳои квазибинарӣ триангулятсияи сингулярии системаҳои сечандаи Al-Be- RBe_{13} - RAl_2 ба чунин системаҳои дучанда гузаронида шуданд: D₃(D₄, D₅)- RBe_{13} - RAl_2 , Be-Al- RBe_{13} , Al-D₃(D₄, D₅)- RBe_{13} , D₃- Sm_3Al_{11} - $SmAl_2$. Эвтектикаи сечанда системаҳои дучандаи зерин мебошанд: D₃(D₄, D₅)- RBe_{13} - RAl_2 ва D₅- Sm_3Al_{11} - $SmAl_2$. Проексияҳои сатҳи ликвидуси системаи сечандаи Al-Be- RBe_{13} - RAl_2 сохта шуд ва координатаҳои 17 мубодилоти нонвариантии чорфазагии ин системаҳо муайян карда шуд. Муқаррар гардид, ки аз рӯи хосияти баҳамтаъсирии компонентҳо (адади пайвандҳои сечанда, миқдори нонвариантҳои мубодилотӣ) системаи Al-Be-Pr (Nd, Sm) ба системаи Al-Be- Y (La, Ce) монандӣ дорад. Ҳамзамон пайванди сечанда дар системаҳои Al-Be-Pr (Nd, Sm) бо таркиби доимиашон фарқ менамояд, ҳангоме, ки интерметаллидҳо, ки дар системаҳои Al-Be-Y(La, Ce) ташаккулёфта бартолидхоянд, яъне дорои фазаҳои таркибии тағйирёбандаанд.

3. Варианти нави усули таҳқиқоти хосиятҳои металлҳо ва хӯлаҳо дар шароити хунукшавӣ пешниҳод гашт – усули сабти автоматикии ҳарорати намунаҳо вобаста ба вақти хунукшавӣ. Бартариин усули пешниҳодгашта дар муқоиса ба гармидиҳии бетафсил нишон дода шудааст. Муайян карда шудааст, ки раванди хунукшавии металлҳои тоза ва хӯлаҳои таҳқиқшуда характери релаксатсионии дорои ду вақти релаксатсионии якчанд маротиба тафовутдошта мебошанд. Усули таҳқиқоти вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хӯлаҳо дар ҳудудҳои васеи ҳарорат коркард шуд. Дар асоси

маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба суръати хунукшавӣ ва маълумотҳои адабиётӣ оид ба гармиғунҷоиш дар ҳудуди васеи ҳарорат, коэффисиентҳои гармидиҳии рӯх, сурб, алюминийи тамғаи А7 ва А5N, хӯлаҳои АК1 ва АК1М2 ва тафовут байни бузургиҳои онҳо муайян карда шуданд. Факти баландшавии коэффисиенти гармидиҳии металлҳо ва хӯлаҳо бо баландшавии ҳарорат муқаррар гардид.

4. Таҳқиқоти таҷрибавии вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси алюминийи тамғаи А7 ва А5N, хӯлаи АК1 ва хӯлаи бо МНЗ ҷавҳаронидашудаи АК1М2 дар асоси алюминийи тамғаи А5N дар ҳудуди васеи ҳарорат, гузаронида шуд. Ҳам барои металлҳои тоза ва ҳам барои хӯлаҳо баландшавии ҳарорат ба зиёдшавии бузургии гармиғунҷоиши хос оварда мерасонад. Муқаррар карда шудааст, ки гармиғунҷоиши хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда аз хӯлаҳои аввала бо зиёдшавии ҳарорат зиёд мешавад. Бо зиёд шудани консентратсияи металлӣ ҷавҳаронидашуда, гармиғунҷоиши он ба намуди гуногун тағйир меёбад. Хосияти мураккаби вобастагии гармиғунҷоиш оид ба таъсири маҷмаавии омилҳои гуногун ба ташкилдиҳандаҳои гармиғунҷоиш дарак медиҳад.

5. Бо истифодаи интегралҳо аз гармиғунҷоиши молярӣ, дарёфти муодилаҳои вобастагии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс аз ҳарорат ба даст омад. Муқаррар гардид, ки энталпияи хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда аз энталпияи хӯлаҳои аввала кам буда, бо баланшавии ҳарорат зиёд мешавад; энтропияи хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда бо баланшавии ҳарорат зиёд мешавад, энергияи Гиббс бошад, ба тарафи манфӣ ва бо баланшавии ҳарорат кам мешавад. Ба мисли гармиғунҷоиш, вобастагии консентратсионии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс мураккаб аст, агар барои баъзе аз металлҳои ҷавҳаронидашуда онҳо афзоянд, барои дигаронашон, паст мешаванд, дорои экстремуманд ва ё аз консентратсия вобастагӣ надорад.

6. Бо усули зарбавӣ дар намунаҳо пайдо намудани садолаппайиҳои озод, барои хӯлаҳои алюминий-беррилий, ки бо празеодим, неодим ва самарий ҷавҳаронида шудаанд, хосиятҳои демпфирӣ таҳқиқ гаштанд. Муайян гашт, ки иловоти РЗМ хосиятҳои демпфирии хӯлаҳоро беҳ мегардонад. Дар ин ҷода компоненти самараноки ҷавронӣ иловоти самарий мебошад. Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда хӯлаҳои нави алюминий, ки дорои 0,01-0,5 мас.% бериллий ва 0,01-0,5 мас.% МНЗ мебошанд, коркард шуданд. Санҷиши таҷрибавӣ-саноатӣ онҳо дар Заводи мошинсозии Душанбе ба сифати сарпӯши муҳаррики бисёрсоҳавии дарунсӯз (ҳаҷми кори силиндраш 50 см³) гузаронида шуд. Муқаррар гардид, ки истифодаи хӯлаҳо ба ивази сарпӯшҳои мавҷуда аз алюминий, хосиятҳои демпфириро ба 57% беҳ мегардонанд. Самараи иқтисодӣ аз истифодаи ин пешниҳод 1150 долл. ИМА-ро дар сол, аз ҳисоби зиёд кардани дарозумрӣ ва кам кардани ғулғула дар кори муҳаррик, ташкил медиҳад.

7. Бо усули термогравиметрия таъсири иловоти МНЗ, силитсий, титан ва магний ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи Al₄Sr таҳқиқ гашт. Нишон дода шуд, ки ҷавҳаронидани хӯлаи Al₄Sr бо металлҳои ишорашуда оксидшавии онро кам мекунад. Бо усули СИХ маҳсули оксидшавии хӯлаҳо муайян кар-

да шуд ва роли бартариатинокси оксиди алюминий, MnZ , ва инчунин SrO дар раванди оксидшавӣ нишон дода шуд. Босаботи хӯлаи Al_4Sr , ки тавасути MnZ (Sc , Nd) ҷавҳаронида шудаанд, бо титан, силитсий бо роҳи баҳамтаъсиркунии хоқаҳои хӯлаҳо бо об, таҳқиқ гашт. Зиёдшавии назарраси босаботи хӯлаи фаъоли Al_4Sr бо ҷавҳариронии иловоти ишорашуда, нишон дода шуд. Бо гузаронидани таҳқиқоти таъсири иловоти силитсий, магний ва титан ба босаботӣ ва намкашии хӯлаи Al_4Ba болоравии зиёди мустаҳкамии хӯлаи авваларо ҳангоми ҷавҳаронии он нишон медиҳад.

8. Усули воридсозии лигатураи алюминий-стронсий дасолоти саноатӣ ҳангоми обкунӣ дар печҳои намуди ИАТ-2,5/1, бо назардошти гузариш ба лигатураи зудгудози 5-10 % мас. Sr , коркард шуд. Таъсири модифитсиронии лигатураи алюминий-стронсий ба фаъолнокии оксиген дар маҳлули силуминӣ бо усули қ.э.ҳ. таҳқиқ гашт. Нишон дода шуд, ки модифитсиронӣ бо стронсий ба як-ду дараҷа фаъолнокии оксигенро дар маҳлул кам мекунад.

9. Таъсири модифитсиронии стронсий ба хусусияти коррозионӣ-электрохимиявӣ силуминҳои тамғаи АК7 ва АК12 дар муҳити электролити $NaCl$ мавриди омӯзиш қарор гирифт. Беҳдошти назарраси ба коррозия тобоварии хӯлаҳо, ки дар таркибаш 0,01-0,1 мас. % стронсий доранд, нишон дода шуд. Бо усули тарҳрезии комплекси таҷриба, модулҳои риёзии вобастагии концентратсионии ҳосиятҳои механикии силуминҳои рӯхӣ ва сурбӣ ба даст оварда шуд. Дар сатҳи симплекс таркибҳои оптималии хӯлаҳо то ва баъди модифитсиронии онҳо бо стронсий, инчунин то ва баъди коркарди гармитобоварӣ дар низоми Т6 муайян карда шуданд.

Мазмуни асосии диссертатсия дар қорҳои зерин дарҷ гардидааст:

Мақолаҳо, ки дар маҷаллаҳои тақризии бонуфузи тавсиянамудаи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд:

1. Одинаев, Х.О. Изотермическое сечение систем $Al-Be-Pr$ (Nd , Sm) при 773 К [Текст] / Х.О. Одинаев, **Р.Х. Саидов**, И.Н. Ганиев, В.В. Кинжибало // Доклады АН Республики Таджикистан. – 1996. - т. 39. - № 11-12. - С. 37-39.

2. **Саидов, Р.Х.** Некоторые квазибинарные разрезы системы $Al-Be-Pr$ [Текст] / **Р.Х. Саидов**, И.Н. Ганиев, Х.О. Одинаев, А.М. Сафаров // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2002. - Т. 45. - № 5. - С. 28-33.

3. Одинаев, Х.О. Исследование диаграммы состояния $Al-Be-Sm$ в области $Al-Be-SmBe_{13}-SmAl_2$ [Текст] / Х.О. Одинаев, И.Н. Ганиев, **Р.Х. Саидов**, А.М. Сафаров, М. Назаров // Известия РАН. Металлы. - 2004. - № 5. - С. 114-118.

4. Odinaev, K.O. $Al-Be-Sm$ phase diagram near $Al-Be-SmBe_{13}-SmAl_2$ [Text] / Odinaev K.O., Ganiev I.N., **Saidov R.H.**, Safarov A.M., Nazarov M. // Russian metallurgy (Metally). - 2004. - Т.2004. - №5. - С. 503-506.

5. **Саидов, Р.Х.** Металлохимия алюминиево-бериллиевых сплавов с редкоземельными металлами [Текст] / **Р.Х. Саидов**, И.Н. Ганиев, Х.О. Одинаев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2007. - Т. 50. - № 9-10. - С. 753-756.

6. Низомов, З. Измерение удельной теплоемкости твердых тел методом охлаждения [Текст] / З. Низомов, Б.Н. Гулов, **Р.Х. Саидов**, З. Авезов // Вестник национального университета. Серия естественных наук. - 2010.- Вып. 3(59). - С. 136-141.
7. Низомов, З. Исследование температурной зависимости теплоемкости сплавов Zn5Al и Zn55Al легированными щелочноземельными металлами [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Б.Н. Гулов, З. Авезов, Д.Н. Алиев // Вестник Таджикского технического университета. - 2010. - Вып. 3(11). - С.10-14.
8. Низомов, З. Исследование температурной зависимости удельной теплоемкости алюминия марки ОСЧ и А7 [Текст] / З. Низомов, Б.Н. Гулов, И.Н. Ганиев, **Р.Х. Саидов**, Ф.У. Обидов, Б.Б. Эшов // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2011. - Т.54. - №1. - С. 53-59.
9. Гулов, Б.Н. Исследование температурной зависимости термодинамических свойств алюминиево-магниевого сплава методом охлаждения [Текст] / Б.Н. Гулов, **Р.Х. Саидов**, З. Низомов // Вестник национального университета. Серия естественных наук. - 2011. - Вып. 1(65). - С.55-58.
10. Иброхимов, С.Ж. Исследование температурной зависимости теплоёмкости сплава АМг4 методом охлаждения [Текст] / С.Ж. Иброхимов, З.В. Кобулиев, **Р.Х. Саидов**, З. Низомов // Известия АН Республики Таджикистан. - 2011. - № 4 (145). - С.100-104.
11. Гулов, Б.Н. Сравнение температурной зависимости теплоемкости и коэффициента теплоотдачи алюминия марки А7 [Текст] / Б.Н. Гулов, Ф.М. Мирзоев, Н.Ф. Иброхимов, **Р.Х. Саидов**, З. Низомов // Вестник Таджикского технического университета. - 2011. - Вып. 1(13). - С.8-11.
12. **Саидов, Р. Х.** Сравнение температурной зависимости теплоемкости кремния с теорией Дебая [Текст] / **Р.Х. Саидов**, Б.Н. Гулов, З. Низомов // Вестник национального университета. Серия естественных наук. - 2011. - Вып. 10(74). - С.20-22.
13. Низомов, З. Температурная зависимость теплоемкости сплава АК1М2 легированного редкоземельными металлами [Текст] / З. Низомов, Б.Н. Гулов, И.Н. Ганиев, **Р.Х. Саидов**, А.Э. Бердиев // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2011. - Т. 54. - №11. - С.917-921.
14. Гулов, Б.Н. Исследование температурной зависимости удельной теплоемкости магния методом охлаждения и сравнение с теорией Дебая [Текст] / Б.Н. Гулов, З. Низомов, **Р.Х. Саидов** // Вестник национального университета. Серия естественных наук. - 2011. - Вып. 2(66). - С.21-24.
15. Гулов, Б.Н. Исследование температурной зависимости термодинамических свойств сплава АК1+2%Cu [Текст] / Б.Н. Гулов, **Р.Х. Саидов**, З. Низомов // Вестник Таджикского технического университета. Серия естественных наук. - 2012. - №1(17). - С.14-18.
16. Низомов, З. Температурная зависимость теплофизических свойств алюминия марки А5 [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Ф.М. Мирзоев, М.Б. Акрамов // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2014. - Т. 57. - № 2. - С.140-144.
17. Низомов, З. Теплоемкость алюминия марки А5N, его сплавов с кремнием, медью и редкоземельными металлами [Текст] / З. Низомов, Б.Н. Гулов, **Р.Х. Саидов** // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2014. - Т.57. - №11-12. - С.843-849.
18. **Саидов, Р.Х.** Влияния скандия и неодима на кинетику окисления сплава Al₄Sr в жидком состоянии [Текст] / **Р.Х. Саидов**, И.Н. Ганиев, А.Э. Бердиев, Д.Б. Эшова // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2015. - Т. 58. - №3. - С.248-251.

19. Низомов, З. Механизм аномального охлаждения цинк-алюминиевых сплавов, легированных редкоземельными металлами [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2015. - Т.58. - №6. - С.492-499.
20. Низомов, З. Теплофизические свойства сплавов Zn5Al, Zn55Al, легированных редкоземельными металлами [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов, Б.Н. Гулов // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2015. - Т.58. - №10. - С.916-921.
21. Шарипов, Д.Г. Температурная зависимость теплофизических свойств сплава Zn5Al [Текст] / Д.Г. Шарипов, З. Низомов, **Р.Х. Саидов** // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2015. - №1/5(188). - С.117-120.
22. Низомов, З. Теплофизические свойства цинк-алюминиевых сплавов, легированных ШЗМ и РЗМ [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов, З. Авезов // Вестник Таджикского технического университета, 2015. - №4 (32). - С. 30-34.
23. **Саидов, Р.Х.** Термодинамические свойства сплавов Гальфан I и Гальфан II легированных редкоземельными металлами [Текст] / **Р.Х. Саидов** // Известия АН Республики Таджикистан. - 2016. - №2(163). - С.40-46.
24. **Саидов, Р.Х.** Исследование процесса охлаждения легированных РЗМ сплавов Zn5Al и Zn55Al [Текст] / **Р.Х. Саидов**, З. Низомов, Д.Г. Шарипов, М.М. Хакдодов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2016. - №1-1(192). - С.176-178.
25. **Саидов, Р.Х.** Теплофизические свойства сплавов Гальфан I и Гальфан II легированных редкоземельными металлами [Текст] / **Р.Х. Саидов** // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2016. - №1/3 (200). - С.80-83.
26. **Саидов, Р.Х.** Термодинамические свойства цинк-алюминиевых сплавов, легированных ШЗМ и РЗМ [Текст] / **Р.Х. Саидов** // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2016. - №1/3 (200). - С.129-132.
27. Низомов, З. Температурная зависимость теплофизических свойств сплава АК1М2, легированного скандием и иттрием [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Б.Н. Гулов, Х.Х. Ниязов // Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. - 2016. - №3(164). - С.79-83.
28. **Саидов, Р.Х.** Температурная зависимость теплоемкости алюминия, меди, кремния, магния и цинка [Текст] / **Р.Х. Саидов** // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2016. - Т. 59. - № 7-8. - С. 337-343.
29. **Саидов, Р.Х.** Механизм релаксационного охлаждения цинк-алюминиевых сплавов, легированных РЗМ [Текст] / **Р.Х. Саидов** // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2017. - №1/1 (200). - С.91-97.
30. Низомов, З. Механизм охлаждения алюминия, меди и цинка при естественном воздушном теплоотводе [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов // Вестник национального университета. Серия естественных наук. - 2017. №1-1 (202). - С.100-104.

Монографияҳо:

31. Саидов, Р.Х. Акустодемпфирующие сплавы алюминия с бериллием и РЗМ / Р.Х. Саидов, И.Н. Ганиев, Х.О. Одинаев [Текст] // Монография. Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. -112 с.

32. Низомов, З. Теплоемкость особочистого алюминия и его сплавов [Текст] / З. Низомов, Р.Х. Саидов, Б.Н. Гулов // Монография. Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 104 с.

33. Саидзода, Р.Х. Структурообразования и свойства легких алюминиевых сплавов с редкоземельными и щелочноземельными металлами: Монография [Текст] / Р.Х. Саидзода // Под ред. д.х.н., проф. Ганиева И.Н. -Душанбе: Изд. «Дониш», 2017. -272 с.

Ихтироот вобаста ба мавзӯи диссертатсия:

34. Низомов, З. Малый патент №ТJ 510 Республика Таджикистан, МПК G 01 K 17/08. Установка для измерения теплоёмкости твёрдых тел / Низомов З., Гулов Б., Саидов Р., Обидов З.Р., Мирзоев Ф., Авезов З., Иброхимов Н. // Приоритет изобретения от 03.11.2011г.

35. Ганиев, И.Н. Малый патент Республики Таджикистан № TJ 753. Способ повышения коррозионной стойкость сплавов на основе особочистого алюминия / И.Н. Ганиев, А.Э. Бердиев, Х.Х. Ниёзов, Н.И. Ганиева, Б.Б. Эшов, Ф.У. Обидов, Р.Х. Саидов // Приоритет изобретения от 22.10.2015г.

36. Низомов, З. Малый патент Республики Таджикистан № TJ 667. Установка для исследования температурной зависимости электропроводности металлов и сплавов / З. Низомов, Р.Х. Саидов, М.Б. Иноятов, И.Т. Турахасанов, Д.К. Насимов, Ф.М. Мирзоев // Приоритет изобретения от 27.11.2013г.

Мақолаҳои маводҳои конференсҳо:

37. Saidov, R.H. Heat capacity alloy on the basis aluminum Al-Be-RLM in dependence of temperature [Техт] / R.H. Saidov, M.M. Safarov, Z.V. Kobuliev, J.N. Ganiev, H.O. Odinaev // Mater. of 7-International conference on composites engineering (ICCE/7). – Colorado, 2000. - P. 759-760.

38. Низомов, З. Исследование температурной зависимости коэффициента теплоотдачи меди, алюминия А7 и цинка [Текст] / З. Низомов, Р.Х. Саидов, Б.Н. Гулов, З. Авезов // Мат. Межд. конф. «Современные проблемы физики конденсированных сред и астрофизики». - Душанбе: Бахт LTD, 2010. - С.38-41.

39. Низомов, З. Исследование удельной теплоемкости алюминия, меди и цинка методом охлаждения и сравнение с теорией Дебая [Текст] // З. Низомов, Б.Н. Гулов, Р.Х. Саидов, З. Авезов // Мат. IV Межд. науч.-прак. конф. «Перспективы развития науки и образования» - Душанбе, 2010. - С.188-191.

40. Низомов, З. Температурные зависимости термодинамических свойств алюминия марок А5N и А7 [Текст] / З. Низомов, Б.Н. Гулов, И.Н. Ганиев, Р.Х. Саидов, Ф.У. Обидов, Б.Б. Эшов // Сб. мат. IV Межд. науч.-прак. конф. «Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники». - Днепропетровск, 2011. - С.165-170.

41. Низомов, З. Температурная зависимость термодинамических свойств сплава АК1М2, легированного РЗМ [Текст] / З. Низомов, Б.Н. Гулов, Р.Х. Саидов// Мат. за VII Межд. науч.-прак. конф. «Achievement of high school -2011», Т. 27. - София: «БялГРАД-БГ» ООД, 2011. - С.78-88.

42. Низомов, З. Температурная зависимость термодинамических свойства сплава Zn55Al [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, З. Аезов, З. Обидов, Р. Амини // Мат. межд. конф. «Современные вопросы молекулярной спектроскопии конденсированных сред». - Душанбе, 2011. - С.105-108.

43. Низомов, З. Температурная зависимость теплоемкости сплава АК1+2%Cu легированными РЗМ [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Б.Н. Гулов, А.Э. Бердиев, Х.Х. Ниезов // Мат. межд. конф. «Современные вопросы молекулярной спектроскопии конденсированных сред». - Душанбе, 2011. - С.184-187.

44. Низомов, З. Температурная зависимость теплоемкости сплава АК1 [Текст] / З. Низомов, Б.Н. Гулов, **Р.Х. Саидов**, И.Т. Турахасанов // Мат. V Межд. науч.-прак. конф. «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ». Часть 2. - Душанбе, 2011. - С.66-70.

45. Гулов, Б.Н. Исследование температурной зависимости теплоемкости и коэффициента теплоотдачи алюминия марки технической чистоты А7 [Текст] / Б.Н. Гулов, Ф.М. Мирзоев, Н.Ф. Иброхимов, **Р.Х. Саидов**, З. Низомов, М.Б. Акрамов // Мат. Межд. науч.-прак. конф. «Металлургия прииртишья в реализации программы форсированного индустриально-инновационного развития «Казахстан-2020»». –Павлодар, 2011. - С.71-75.

46. Низомов, З. Теплофизических свойств сплавов Zn5Al, Zn55Al, легированных РЗМ [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов. // Mater. of XII International scientific and practical conf., “Science and civilization-2016”, Vol. 17. Mathematics. Physics. - Sheffield. Science and education LTD. -С.56-65.

47. Низомов, З. Теплофизических свойств сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных редкоземельными металлами [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов // Современные научные достижения. Серия Физика. - Днепропетровск: наука и образование, 2016. - С.1-13.

48. **Саидов, Р.Х.** Термодинамические свойства сплавов ГАЛЬФАН I и ГАЛЬФАН II, легированных редкоземельными металлами [Текст] / **Р.Х. Саидов**, З. Низомов, Д.Г. Шарипов // Сб. публ. науч. журнала «Chronos» по материалам VI Межд. науч.-прак. конф.: «Естественные и технические науки в современном мире». - М: Научный журнал «Chronos», 2016. - С.34-39.

49. Низомов, З. Термодинамические свойства алюминия марки А5 [Текст] / З. Низомов, Ф. Мирзоев, Б.Н. Гулов, М. Акрамов, **Р.Х. Саидов**, Н.Д. Имнатшоева // Мат. IV Межд. науч.-прак. конф. «Наука и образование в XXI веке: динамика развития в евразийском пространстве». - Павлодар, 2016. - С.45-52.

50. Низомов, З. Теплофизические свойства цинк-алюминиевых сплавов, легированных магнием / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, З.И. Аезов, Д.Г. Шарипов // Матер. Межд. науч. конф. «Химия алифатических и циклических производных глицерина и аспекты их применения». - Душанбе, 2016. - С.105-109.

51. Низомов, З. Влияния примеси на теплофизические свойства различных марок алюминия [Текст] / З. Низомов, Ф.М. Мирзоев, **Р.Х. Саидов**, М.Б. Акрамов // Матер. Межд. науч. конф. «Химия алифатических и циклических производных глицерина и аспекты их применения». - Душанбе, 2016. - С.109-115.

52. Семёнова, О.Н. Физико-механические и технологические модифицированных стронцием медноцинковистых силуминов [Текст] / О.Н. Семёнова, И.Н. Ганиев, **Р.Х. Саидов**, А.Э. Бердиев // Мат. респ. науч.-практ. конф. «Проблемы металлургии Таджикистана и пути их решения». – Душанбе, 2016. –С.53-58.

53. Низомов, З. Теплофизические свойства легированных цинк-алюминиевых сплавов [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов, А. Курбонов // Матер. Межд. науч.-практ. конф. «Химия производных глицерина: синтез, свойства и аспекты использования». - Дангара: Изд-во ДГУ, 2016. - С.121-124.

54. Низомов, З. Температурная зависимость теплофизических свойств сплава АК1М2 легированного РЗМ [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Б.Н. Гулов, Д.Г. Шарипов / Материалы республиканской науч.-теорет. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посв. «25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан». - Душанбе, 2016. - С.84-50.

55. Низомов, З. Охлаждение алюминия марок А7 и А5N при естественном воздушном теплоотводе [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов // Мат. Межд. конф. «Перспективы развития физической науки». - Душанбе, 2017. - С.53-55.

Наирияхои дигар:

56. **Саидов, Р.Х.** Псевдодвойные разрезы системы Al-Be-NdBe13-NdAl2 [Депонирование] / **Р.Х. Саидов**, Х.О. Одинаев, И.Н. Ганиев // Рукопись депонировано в Национальном Патентно-Информационном Центре Республики Таджикистан (НПИЦентр РТ). - Душанбе: НПИЦентр РТ, 1998. - Выпуск 1. - № 42(1186). - 6 с.

57. **Саидов, Р.Х.** Поверхность ликвидуса системы Al-Be-PrBe13-PrAl2 [Депонирование] / **Р.Х. Саидов**, Х.О. Одинаев, И.Н. Ганиев // Рукопись депонировано в НПИЦентр РТ. - Душанбе: НПИЦентр РТ, 1998. - Выпуск 1. - № 43(1187). - 7 с.

58. **Саидов, Р.Х.** Звукопоглощающие свойства алюминиево-бериллиевых сплавов, легированных РЗМ [Депонирование] / **Р.Х. Саидов**, Х.О. Одинаев, М.М. Хакдодов // Рукопись депонирована в НПИЦентр РТ. - Душанбе: НПИЦентр РТ, 1998. - Выпуск 1. - №015(1256). - 8 с.

59. **Саидов, Р.Х.** Политермические разрезы системы Al-Be-SmBe13-SmAl2 [Депонирование] / **Р.Х. Саидов**, Х.О. Одинаев, И.Н. Ганиев // Рукопись депонирована в НПИЦентр РТ. - Душанбе: НПИЦентр РТ, 1998. - Выпуск 1. - № 016(1257). - 9 с.

60. Низомов, З. Теплоемкость и термодинамические функции особочистого алюминия, его сплавов с кремнием, медью и редкоземельными металлами [Текст] / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Б.Н. Гулов // Современный научный вестник. - Белгород, 2015. - Т. 8. - № 1. - С. 128-141.

61. **Саидов, Р.Х.** Влияния добавок некоторых металлов на кинетику окисления сплава Al₄Sr в жидком состоянии [Текст] / **Р.Х. Саидов**, И.Н. Ганиев, А.Э. Бердиев, Д.Б. Эшова // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. - 2016. - № 4. - С.8-13.

62. Низомов, З. Механизм фазового перехода в цинк-алюминиевых сплавах, легированных редкоземельными металлами / З. Низомов, **Р.Х. Саидов**, Д.Г. Шарипов // Успехи современной науки. - 2016. - №7. -Т.2. -С.63-68.

ШАРҲИ МУХТАСАРА

ба диссертатсияи Саидзода Раҳимҷон Ҳамро дар мавзӯи «Сохторбандӣ ва хосиятҳои физикӣ-химиявӣи хӯлаҳои сабуки алюминий бо металлҳои нодирзаминӣ ва ишқорзаминӣ», барои дарёфти дараҷаи илмии доктори илмҳои техникӣ бо таҳассуси 05.02.01 – Маводшиносӣ (дар мошинсозӣ)

Калидвожаҳо: алюминий, хӯлаҳо, чавҳаронӣ, металлҳои нодирзаминӣ (МНЗ), металлҳои ишқорзаминӣ (МИЗ), садопахшкунӣ, гармиғунҷоиш, энталпия, энтропия, вобастагии ҳароратӣ, чавҳарониҳои алюминий-стронсий.

Объектҳои тадқиқотӣ хӯлаҳои алюминий ва бериллий бо МНЗ (Pr, Nd, Sm), ки дорои хусусиятҳои баланди демпферӣ (садопахшкунандагӣ) мебошанд. Инчунин, объектҳои таҳқиқотӣ алюминийи тамғаи А5N (99,999%) ва А7 (99,7%), кремнийи тамғаи Кг00 (99,0%), миси тамғаи М00 (99,99%) ва хӯлаҳои АК1 ва АК1М2 дар асоси тамғаи алюминийи А5N ва хӯлаи АК1М2, бо чавҳаронидани қисмати МНЗ (Sc, I, Pr ва Nd), лигатураҳо ва хӯлаҳо бо чалби барий ва стронсий мебошанд. Интиҳоби объектҳои таҳқиқшаванда дар асоси дурнамои истифодаи онҳо лар соҳаҳои ғуноғуни саноат, илм ва техника сурат гирифтааст.

Мақсаи кор мвайян намудани механизмҳои тапаққули сохторбандӣ, хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва гармофизикии хӯлаҳои сабуки алюминий бо МНЗ ва МИЗ, инчунин муқарраб намудани қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои гармофизикии алюминийи тамғаи А5N, хӯлаҳои АК1 ва АК1М2 дар асоси алюминийи холиси тамғаи А5N бо скандий, иттрий, празеდიум ва неодим чавҳаронидашуда, дар ҳудуди ҳарорати 293÷873 К, мебошад.

Усулҳои таҳқиқот: Дар кор ҷиҳати бадаст овардани натиҷаҳои эътимоднок ва асоснок усулҳои замонавӣ ва дар амал амиқ таҷрибашудаи илмҳои масолеҳшиносӣ, усулҳои физикӣ-химиявӣ, металлшиносӣ ва физикии тадқиқотҳо бо дақиқияти баланд ва таҷдиди таҷрибаҳо, шумораи зиёди системаҳои таҳқиқшавандаро омӯхта, ососнокии натиҷаҳои кор, муқоисаи онҳо бо сарчашмаҳои маълуми маъхазҳои мустақили маълумотҳои таҷрибавӣ, инчунин экспертизаҳо дар конференсияҳо ва ҷангоми нашри маводҳои ҷопии илмӣ, таъмин мегардад, истифода шудаанд.

Натиҷаҳои бадастомада ва навоариҳои онҳо: бори нахуст диаграммаи системаи мвззинавии фазагии системаи Al-Be-Pr (Nd, Sm) сохта шуда, нишондоли ҷарорати обшавии секаратаи интерметаллҳои $Al_{57}Be_{23}Pr_{20}$ (D_3), $Al_{57}Be_{23}Nd_{20}$ (D_4) ва $Al_{57}Be_{23}Sm_{20}$ (D_5), мвайян гардидаанд: бӯришҳои квазибинарии Al-D_n, Al-P3MBe₁₃, P3MBe₁₃-D_n, P3MBe₁₃-P3MA₁, P3MA₁-D_n, сохта шуда, триангулясияи сингулярии системаҳои таҳқиқотӣ ғузавонида шуда, инчунин проексияҳои сатҳии ликвидуси хӯлаҳои системаи Al-Be-Pr (Nd, Sm), дар ҳудуди 0-33,3 % ат МНЗ низ сохта шудаанд: таркиби нави хӯлаҳои алюминию бериллий бо микроиловати МНЗ (0,01-0,5% мас.), ки хосиятҳои баланди аквстодемпфери доранд, мвайян карда шуд: вобастагии ҳароратии хосиятҳои термодинакии (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) металлҳои таҳқиқшаванда ва хӯлаҳои дар асоси ғузавонидаи таҳқиқоти систематикӣ хосиятҳои гармофизикии алюминийи тамғаи А5N ва хӯлаҳои он бадастомада, дар ҳудуди васеи ҳароратӣ, муқарраб гашт: таҷхизоти таҷрибавии ҷорӣ бо усули “хувҷшавӣ”, барои ҷенқунии ҳарорати намӯнаҳо аз вақти хувҷкунӣ дар ҳудуди васеи ҳарорат, бо истифода аз компютер, тақмил дода шуд: бори аввал, дар асоси таҷриба, коэффисиентҳои гармидихии металлҳо - алюминий тамғаи А5N, мис, рӯх ва хӯлаҳои АК1 ва АК1М2, инчунин гармиғунҷоиши хӯлаҳои АК1 ва АК1М2, ки бо МНЗ чавҳаронида шудаанд дар ҳудуди ҳароратии 293÷873 К ва таъсиррасонии концентратсионии Sc, Y, Pr ва Nd ба хосиятҳои гармифизикии хӯлаи АК1М2 мвайян карда шуданд: таъсири омехтаҳои иловоти P3M, кремний, титан ва магний ба кинетикаи тӯршшавии хӯлаҳои Al₁Be Al₁Sc дар асоси усули темогравиметрӣ мвайян шуд. Нишон дола шудааст, ки иловашавии хӯлаҳо бо металлҳои нишонлолашуда, тӯршшавии онҳо хоро кам мекунанд. Бо усули СИС тӯршшавии маҳсули хӯлаҳои таҳқиқшаванда мвайян гардида, нақши таъсиркунандаи оксидҳои P3M муайян шудааст, инчунин таъсири SiO₂ дар ҷараёни тӯршшавӣ нишон дола шудааст.

Дараҷаи истифодабарӣ: дастгоҳи таҷрибавиеро, ки барои ҷенқунии кардани гармиғунҷоишии ҷисмҳои сахт (Патенти хӯрди Ҷумҳурии Тоҷикистон, № ТЈ510) коркард шудааст, дар корҳои илмӣ ва раванди таълим дар факултети физикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва Донишгоҳи техникӣи Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ мавриди истифода қарор дорад. Натиҷаҳои бадастомада барои муҳандисони механика оиди мошинсозӣ, техника ва технология муфиданд. Натиҷаҳои таҳқиқот дар раванди таълим оиди ҷанҳои «Маводшиносӣ», «Технологияҳои масолеҳҳои конструксионӣ», «Дастгоҳҳо ва асбобҳои металлбурӣ» ва «Беҳтариҳои фаёолияти инсон» таҳқиқ гардиданд.

Соҳаи таҷриба: маводшиносӣ (дар мошинсозӣ), металлшиносӣ, геология, гидрология, гидрохимия, агрохимия, беҳдошт, ҳифзи муҳити зист ва ғ.

РЕЗЮМЕ

на диссертацию Саидзода Рахимджон Хамро на тему: «Структурообразование и физико-химические свойства лёгких алюминиевых сплавов с редкоземельными и щёлочноземельными металлами», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (в машиностроении)

Ключевые слова: алюминий, сплавы, легирование, РЗМ, ЩЗМ, звукопоглощение, теплоемкость, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, температурная зависимость, алюминиево-стронциевые лигатуры.

Объектом исследования являются сплавы алюминия и бериллия с РЗМ (Pr, Nd, Sm) и разработанные новые сплавы, обладающие повышенными демпфирующими свойствами. Объектами исследований также являются алюминий марок А5N (99,999%) и А7 (99,7%), кремний марки Кр00 (99,0%), медь марки М00 (99,99%), сплавы АК1 и АК1М2 на основе алюминия марки А5N и сплав АК1М2, легированный некоторыми РЗМ (Sc, I, Pr и Nd), лигатуры и сплавы с участием бария и стронция. Выбор исследуемых объектов основан перспективой их применения преимущественно в различных областях промышленности, науки и техники.

Цель работы заключается в выявлении механизмов формирования структуры и определении физико-химических и теплофизических свойств легких алюминиевых сплавов с редкоземельными и щелочноземельными металлами, а также в установлении закономерностей изменения теплофизических свойств алюминия марки А5N, сплавов АК1 и АК1М2 на основе осочистого алюминия марки А5N, легированного скандием, иттрием, празеодимом и неодимом, в интервале температур 293÷873 К.

Методы исследования: В работе для получения достоверных и обоснованных результатов применены современные и достаточно широко апробированные в материаловедческой науке физико-химические, металловедческие и физические методы исследования с высокой точностью и воспроизводимостью эксперимента, значительным количеством исследованных систем, теоретической обоснованностью результатов работы, их сравнением с известными из независимых источников экспериментальными данными, а также научной экспертизой на конференциях и при публикации материалов в научной печати.

Полученные результаты и их новизна: впервые построены диаграммы фазовых равновесий систем Al-Be-Pr (Nd, Sm); определены значения температур плавления тройных интерметаллидов $Al_{57}Be_{23}Pr_{20}$ (D_3), $Al_{57}Be_{23}Nd_{20}$ (D_4) и $Al_{57}Be_{23}Sm_{20}$ (D_5); произведена сингулярная триангуляция исследуемых систем, а также построены проекции поверхностей ликвидуса сплавов систем Al-Be-Pr (Nd, Sm), в области 0-33,3 ат.% РЗМ; определены составы новых алюминиево-бериллиевых сплавов, легированных микродобавками РЗМ (0,01-0,5 вес.%), обладающих высокими акустодемпфирующими свойствами; установлена температурная зависимость термодинамических свойств исследованных металлов и сплавов на основе проведенных систематических исследований теплофизических характеристик алюминия марки А5N и его сплавов в широком интервале температур; впервые определены на экспериментальной основе коэффициенты теплоотдачи металлов - алюминия марки А5N, меди, цинка и сплавов АК1 и АК1М2, а также теплоемкости сплавов АК1 и АК1М2, легированных РЗМ, в интервале температур 293÷873 К; выявлено влияние концентрации Sc, Y, Pr и Nd на теплофизические характеристики сплава АК1М2; определено влияние добавок РЗМ, кремня, титана и магния на кинетику окисления сплавов Al_4Va и Al_4Sr на основе метода термогравиметрии.

Степень использования: разработанная экспериментальная установка для измерения теплоемкости твердых тел (Малый патент Республики Таджикистан № TJ 510) используется в научных и учебных процессах на физическом факультете ТНУ и в ТТУ имени академика М.С. Осими. Полученные результаты полезны инженерам-механикам по машиностроению, техники и технологии. Результаты исследований внедрены в учебный процесс по дисциплинам «Материаловедение», «Технологи конструкционных материалов», «Металлорежущие станки и инструменты» и «Безопасность жизнедеятельности».

Область применения: материаловедение (в машиностроении), металловедение, геология, гидрогеология, гидрохимия, геохимия, агрохимия, санитария, охрана окружающей среды и др.

SUMMARY

on the thesis of Saidzoda Rahimjon Hamro on the topic "Structure formation and physic-chemical properties of light aluminum alloys with rare earth and alkaline earth metals", submitted for a scientific degree of Doctor of Technical Sciences, specialty 05.02.01 - Materials Science (in mechanical engineering)

Key words: aluminum, alloys, alloying, rare earth metals (REM), alkaline earth metals (AEM), sound absorption, heat capacity, enthalpy, entropy, Gibbs energy, temperature dependence, aluminum-strontium ligatures.

The object of investigation are aluminum and beryllium alloys with REM (Pr, Nd, Sm) and new alloys with enhanced damping properties have been developed. The objects of research are also aluminum grades A5N (99.999%) and A7 (99.7%), silicon grade Si00 (99.0%), cuprum grade Cu00 (99.99%), alloys AK1 and AK1M2 (AlSi1 and AlSi1Cu2) based on aluminum grade A5N (Al5N) and Alloy AK1M2 (AlSi1Cu2), alloyed with some REM (Sc, I, Pr and Nd), ligatures and alloys with the participation of barium and strontium. The choice of the investigated objects is based on the prospect of their application mainly in various fields of industry, science and technology.

The purpose of the work is to identify the mechanisms of structure formation and to determine the physicochemical and thermo physical properties of light aluminum alloys with rare earth and alkaline earth metals, as well as to establish the patterns of changes in the thermo physical properties of A5N aluminum, AK1 and AK1M2 alloys on the basis of high-purity aluminum of A5N grade doped with scandium, Yttrium, praseodymium and neodymium, in the temperature range 293÷ 873 K.

Research methods: In order to obtain reliable and valid results, modern and widely used physico-chemical, metal science and physical research methods with high accuracy and reproducibility of the experiment, a significant number of the investigated systems, the theoretical validity of the results of the work, their comparison with the known from independent sources by experimental data, as well as by scientific expertise at conferences and at the publication of materials in the scientific press.

The results obtained and their novelty: the diagrams of phase equilibrium of Al-Be-Pr (Nd, Sm) systems were constructed for the first time; melting points of ternary Intermetallic compounds $Al_{57}Be_{23}Pr_{20}$ (D_3), $Al_{57}Be_{23}Nd_{20}$ (D_4) and $Al_{57}Be_{23}Sm_{20}$ (D_5) were determined; the singular triangulation of the systems under investigation is performed and the projections of the liquidus surfaces of the alloys of the Al-Be-Pr (Nd, Sm) systems in the region 0-33.3 at% REM are constructed; the compositions of new aluminum-beryllium alloys doped with micro-additives of REM (0.01-0.5 wt.%) having high acoustic-damping properties were determined; the temperature dependence of the thermodynamic properties of the metals and alloys on the basis of systematic studies of the thermo physical characteristics of aluminum Al5N and its alloys over a wide temperature range was established; the heat transfer coefficients of metals - aluminum A5N, cuprum, zinc and alloys AK1 and AK1M2, as well as the heat capacity of alloys AK1 and AK1M2 doped with REM, were first determined experimentally in the temperature range 293÷873 K; the influence of the concentration of Sc, Y, Pr and Nd on the thermo physical characteristics of the alloy AK1M2 was revealed; the effect of additions of REM, flint, titanium and magnesium on the kinetics of oxidation of Al_4Ba and Al_4Sr alloys on the basis of thermogravimetry was determined.

The degree of use: the developed experimental device for measuring of the heat capacity of solids (Small Patent of the Republic of Tajikistan No TJ 510) is used in scientific and educational processes at the Physics Department of TNU and at the TTU named after acad. M. Osimi. The obtained results are useful for mechanical engineers in machine building, engineering and technology. The results of the research are introduced into the educational process on the disciplines "Materials Science", "Technology of constructional materials", "Metal-cutting machine tools and instruments" and "Life safety".

Field of application: materials science (engineering), metallurgy, geology, hydrogeology, hydro-chemistry, geochemistry, agro chemistry, sanitation, environmental protection, etc.

*Ба ҷоп супорида шуд: 12.06.2017. Ба ҷоп иҷозат дода шуд: 14.06.2017 с.
Формат 60×84/16. Варақи офсетӣ. Гарнитураи адабӣ. Ҷони офсетӣ.
Ҷуз.ш.ҷоп 2,0 ҷ.ч. Адади нашр 100 нусха. Дархости № 475*

*Дар нашрияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ҷоп расидааст
ш. Душанбе, кӯч. Лохутӣ, 2*