

Бо ҳуқуқи дастнавис



Осими Оқил

**ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ СИЛУМИНҲОИ
БО СУРМА МОДИФИКАТСИЯШУДА**

05.02.01– Маводшиносӣ дар мошинасозӣ

АВТОРЕФЕРАТИ

рисола барои дарёфти дараҷаи илмӣ
номзади илмҳои техникӣ

Душанбе – 2017

Рисола дар озмоишгоҳи «Маводҳои ба коррозия устувор» -и Пажӯҳишгоҳи кимиёи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ва кафедраи металлургияи Донишқадаи кӯҳӣ-металлургии Тоҷикистон иҷро гардидааст.

Роҳбарони илмӣ: **Назаров Холмурод Марипович** – доктори илмҳои техникаӣ, профессор, сарҳодими илмии Агентии амнияти ядрои ва радиатсионии АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон;

Бердиев Асадкул Эгамович – номзади илмҳои техникаӣ, дотсент, мудири кафедраи «Фанҳои табиатшиносии»-и Донишгоҳи Славянии русиву тоҷикӣ;

Муқарризони расмӣ: **Усмонов Раҳматҷон** – доктори илмҳои химия, сарҳодими илмии озмоишгоҳи химияи пайваस्ताгии гетросикли Пажӯҳишгоҳи кимиёи ба номи В.И.Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон;

Олимов Насруддин Солеҳович – номзади илмҳои химия, дотсент, мудири кафедраи «Технология ва мошинсозӣ»-и ДДОТ ба номи С.Айнӣ.

Муассисаи пешбар: Муассисаи давлатии илмӣ-таҷрибавӣ ва истеҳсолии АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Ҳимоя санаи «04» октябри 2017с. соати 12⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-007-и Пажӯҳишгоҳи кимиёи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон баргузор мегардад.

Суроға: 734063, ш.Душанбе, кӯч.Айнӣ, 299/2

E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи рисола метавонед дар китобхонаи илмӣ ва дар сомонаи Пажӯҳишгоҳи кимиёи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон www.chemistry.tj шинос шавед.

Автореферат «__» _____ 2017 с. аз рӯи феҳристи пешниҳодшуда Ҷуристонда шуд.

Котиби илмӣ
шӯрои диссертатсионӣ,

номзади илмҳои техникаӣ, дотсент



Обидов З.Р.

ТАВСИФИ УМУМИИ РИСОЛА

Ақтуалии мавзӯ. Хӯлаҳои системаи алюминиву-силитсий чун асоси аксарияти таркибҳои рехтагарихои алюминий истифода бурда мешаванд. Истифодабарии хӯлаҳои алюминиву-силитсий пастшавии аққалии металлфунҷоиши қисмҳо ва конструсиахоро дар нисбият бо хӯлаҳои сиёҳ ва дигар хӯлаҳо таъмин намуда, меҳнатталабиҳо хангоми истехсол паст менамоянд. Бояд қайд намуд, ки аз сабаби аксаран ба хайси масолеҳи сохтмонӣ истифодашавии силуминҳо, маҳз хусусияти механикии силуминҳо нишондиҳандаи асосии сифати онҳост.

Мутаассифона силуминҳо бо коркарди ҳароратӣ мустаҳкамии худро баланд бардошта наметавонанд. Аз ин лиҳоз хосиятҳои механикии он бо иловакунии маҳсус дигаргун карда мешавад. Барои ҳамин хӯлаҳои алюминий –силитсийро гудохта намуда бо металлҳои ишқоризаминӣ (натрий, литий, калий) ё ин ки бо намакҳои онҳо коркард карда мешавад. Дигаргункунанда бо фоизи кам талаб карда мешавад, то ки он бо зарраҳои слитсий дар маҳлул ҷойгиршуда пайваст намуда, афзоиши онро нигоҳ медорад. Дар натиҷа мустаҳкамӣ ва ёзандагии хӯлаҳо баланд бардошта мешавад.

Вақтҳои охир дар саноат хӯлаи АК12 бо пайвастагиҳои стронсий дигаргун карда шуда, ғаёб истифода бурда мешавад, ки ҳамчун намакҳои металлҳои ишқорӣ таъсири амалии худро ба хӯлаҳо мерасонад. Онҳоро ба намуди лигатура ба хӯлаҳои дар асоси алюминий илова менамоянд ва аз натрий фарқ намуда, стронций ба сӯхтан тобовар буда, шиштани маводҳо вусъат намедихад. Рехтагарӣ бо ёрии он ба амал оварда, хосияти дигаргунсозии худро пас аз бозгудозӣ ҳам нигоҳ медорад.

Мавҷуд набудани маълумот дар адабиёт оид ба таъсири сурма ба таркиб ва хусусияти силуминҳо боис гардид, хӯлаҳои алюминиву-силитсий ба зангзанӣ тобовари бо сурма легиронидашударо мавриди омӯзиш ва коркард қарор диҳем.

Мақсади кор: Такмилдиҳӣ ва коркарди таркибҳои нави хӯлаҳои алюминиву-силитсий дар асоси силуминҳои истехсолии бо сурма дигаргуншуда.

Барои ноил шудан ба мақсадҳои гузошташуда, **масъалаҳои зерин** ҳалли худро ёфтанд:

-таъсири сурма ба хусусиятҳои гармифизикии хӯлаи АК12 тадқиқ карда шуд;

-рафтори анодии силуминҳои истехсолии бо сурма дигаргуншуда дар муҳити электролити NaCl омӯхта шуд;

-нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаҳои бо сурма тағйир додашудаи АК12 ва АК12М2 дар ҳолати сахтӣ муайян гардиданд;

-таъсири дигаргунсозии сурма ба хусусиятҳои механикӣ ва садофурубарии силуминҳои истехсолии АК7 ва АК12 муқаррар гардид.

Навовари илми кор: Дар асоси тадқиқоти таҷрибавӣ таъсири сурма ба хусусиятҳои гармифизикӣ ва вазифаҳои термодинамикии ҳӯлаи АК12 муайян гардид. Нишон дода шуд, ки бо баробари баланд гардидани ҳарорат гармиғунҷоиши ҳос, энталпия ва энтропияи ҳӯлаи АК12 афзуда, энергияи Гиббс хоҳиш меёбад.

Рафтори анодии силуминҳои истеҳсолии бо сурма дигаргункардашудаи АК7, АК12, АК12М2 дар муҳити электролити NaCl омӯхта шуд.

Муқаррар гардид, ки барои ба зангзанӣ бештар тобовар будани силуминҳои гализии оптималии сурма набояд аз 1,0% (вазн) зиёд бошад.

Механизми раванди оксидшавии силуминҳои истеҳсолии бо сурма дигаргункардашуда омӯхта шуд. Таркибҳои ҳолатии маҳсулоти оксидшаванда ва мавқеи онҳо дар раванди оксидшавӣ муайян гардиданд.

Қонуниятҳои таъсири иловагиҳои ҷавҳаркунанда ба хусусиятҳои механикӣ ва сохти ҳӯлаҳо нишон дода шуд.

Моҳияти амалии кор: Коркарди ҳӯлаҳои нави алюминӣ бо хусусиятҳои баландтари зидди зангзанӣ, механикӣ ва садофурӯбарӣ. Ҳӯлаҳои дар асоси силуминҳои истеҳсолии бо сурма дигаргуншуда инчунин хусусияти хуби рехтагариро дороянд, ки ин хосияти онҳо имконияти истифодабарии усулҳои гуногунро хангоми резиш фароҳам меоварад.

Усулҳои тадқиқот ва таҷҳизоти истифодашуда:

- усули ченкунии гармиғунҷоиши ҳӯлаҳо дар речаи «сардкунӣ»;
- усули термогравиметрии омӯзиши кинетикаи оксидшавии ҳӯлаҳо (катетометр КМ-8);
- усули потенциостатии тадқиқоти ҳӯлаҳо (потенсиостат ПИ-50.1.1);
- тадқиқот бо усули металлографӣ (микроскоп Neophot-21), ИКС (UR-20), РФА (Дрон-1,5) низ гузаронида шуд.

Мазмунҳои асосии рисола ба дифо баровардашаванда:

- қонуниятҳои тағйироти хусусиятҳои гармифизикӣ ва вазифаҳои термодинамикии ҳӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда;
- хусусиятҳои зангзанандагиву-элетрокимии силуминҳои бо сурма дигаргуншуда (АК7, АК12, АК12М2) дар муҳити нейтралӣ;
- механизм ва қонуниятҳои оксидшавии силумини тамғаи АК12 ва АК12М2-и бо сурма дигаргункардашуда дар ҳолати саҳт;
- хусусиятҳои механикӣ ва садофурӯбарандагии силуминҳои истеҳсолии бо сурма дигаргункардашудаи АК7 ва АК12.

Саҳми шахсии муаллиф дар таҳлили маълумоти аз адабиёт ҷамъоварӣ гардида, гузориш ва ҳалли масъалаҳои тадқиқотӣ, ташкил ва гузаронидани таҷрибаҳои тадқиқотӣ дар шароитҳои озмоишӣ, таҳлили натиҷаҳои бадастоварда, ба танзимдарории ҳолатҳои асосӣ ва ҳулосаҳои рисола таҷассум меёбад.

Тасвиб (апробатсия)-и кор: Нуктаҳои асосии рисола дар конфронси илмӣ-амалии сатҳи байналмилалӣ дар ҷумҳуриявӣ муҳокима гардидаанд. Аз ҷумла: конфронси илмӣ ҷумҳуриявӣ «Муаммоҳои кимёи координатсионии муосир» (Душанбе, 2011); конфронси илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Аз қаъри замин то куллаҳои кӯх» (Чкалов, 2011); конфронси илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Муаммоҳои муосири кимиё, технологияҳои кимиёӣ ва металлургия» (Душанбе, 2011); конфронси байналмилалӣ «Муаммоҳои муосири спектроскопияи муҳити конденсатсия шуда» (Душанбе, 2011); конфронси илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ, бахшида ба 20-умин солгарди таъсисёбии кафедраи пайвастиҳои калонмолекулаӣ ва технологияҳои кимиёӣ «Имкониятҳои синтез дар кимиё ва технологияҳои гетеропайвастшавӣ» (Душанбе, 2013); V конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалӣ (Киев, 2013); V конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалӣ «Муаммоҳои кӯҳӣ-металлургӣ ва энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон» (Чкалов, 2014); конфронси илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Дастовардҳои технологияҳои инноватсионӣ маводҳои композитсионӣ ва ҳулаҳои онҳо дар мошинасозӣ» (Душанбе, 2014); конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалӣ «Об барои ҳаёт» (Чкалов, 2015); конфронси илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Технологияи комплекси коркарди канданиҳои фойданоки Тоҷикистон» (Бӯстон, 2016); конфронси илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Муаммоҳои маводшиносӣ дар мошинасозӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон» (Душанбе, 2016).

Интишор: Аз рӯи мавзӯи рисола 27 мақола аз ҷоп бароварда шуд, ки 6-тояш дар маҷаллаҳои аз тарафи КОА-и назди Президенти ҶТ тавсияшуда ба таъъ расидаанд. Аз ҷумла «Ахбороти МТОК (Қирғизистон), «Кимиё ва технологияҳои кимиёӣ» (ФР), «Гузоришҳои АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон», «Ахбороти ДТТ ба номи М.С.Осимӣ»; 18 мақолаи дигар ба намуди маводҳои конфронси сатҳи ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ ҷоп гардидаанд; 3 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои ихтироот ба даст оварда шудаанд.

Соҳт ва ҳаҷми рисола: Рисола аз муқаддима, ҷор боб, хулоса, замима ва номгӯи адабиёти истифодашуда, ки 108 ададро ташкил медиҳад, иборат аст. Рисола дар 111 саҳифаи ҷопи компютерӣ дарч ёфта, 40 расм ва 28 ҷадвалро дар бар мегирад.

МАЗМУНИ АСОСИИ КОР

Дар муқаддима далелҳои ақтуалӣ будани мавзӯ оварда шуда, мақсад ва вазифаҳои рисола, моҳияти илмӣ ва амалии кор нишон дода шудаанд.

Дар боби якуми рисола таҳлили маълумоти аз адабиёт ҷамъоварӣ гашта, алаҳхусус дар бобати таъсири мутақобили алюминий ва силитсий оварда шудааст. Таҳлили ҳамаҷонибаи адабиёт нишон дод, ки то ин дам тадқиқоти таъсири сурма ба хусусиятҳои гармифизикӣ ва зангзанандагиву-электрокимийвӣ силиминҳои истехсолӣ гузаронида

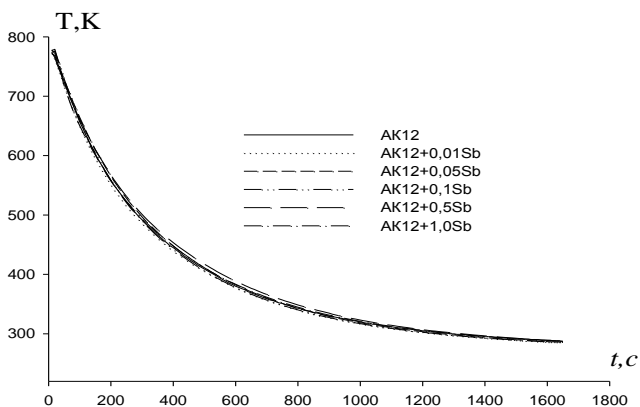
нашудааст. Аз ин сабаб мақсади зерин гузошта шуд: тадқиқ намудани таъсири сурма ба хусусиятҳои гармифизикӣ, кинетикӣ, механикӣ ва садофурубарандагии силуминҳо ва рафтори электрокیمیёвӣ хӯлаҳо дар муҳити электролити NaCl.

Боби дуввум ба тавсифи мухтасари усулҳои таҷрибавӣ истифодашуда барои омӯзиши вобастагии ҳарорати гармиғунҷоишии хос, коэффитсиенти гармидихӣ, инчунин нишондиҳандаҳои ҳисобии вазифаҳои термодинамикии хӯлаҳо ва маънидодкунии амалии онҳо, баҳшида шудааст.

Хосиятҳои гармифизикӣ ва вазифаҳои термодинамикии хӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда

Хӯлаҳо барои тадқиқот дар бӯта (тигель)-ҳои оксиди алюминий дар қӯраҳои муқовиматии шахтавии намуди СШОЛ дар фосилаи ҳарорати 750-850°C бо истифодабарии силуминҳои истехсолӣ (АК7, АК12, АК12М2) ва сурмаи металлӣ (тамғаи СуМ1) ба даст оварда шудаанд. Гудозиши хӯлаҳо бо назардошти ғубори металлҳо амалӣ гардида, назорати таркиби хӯлаҳои ба даст омада, ба таври интихобӣ, бо таҳлили химиявӣ ва вазнқашии намунаҳо то ва баъди гудозиш, гузаронида шудааст. Минбаъд хӯлаҳое, ки тафовути вазниниашон то ва баъд аз гудозиш на зиёда аз 2% (нисбӣ)-ро ташкил меод, зеро тадқиққарор гирифта шуданд.

Намунаҳои тадқиқотӣ меҳварҳои қутрашон 16 мм ва дарозиашон 30 мм-ро ташкил меод. Тадқиқот дар фосилаи ҳарорати 293-873°C гузаронида шуд. Вобастагии ҳароратии ба таври таҷрибавӣ ба даст оварда шудаи намунаҳои хӯлаҳои АК12 ва хӯлаҳо бо сурма дар расми 1 оварда шудаанд.



Расми 1. Графики вобастагии ҳарорати намудҳо аз вақти сардшавӣ барои хӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда

Тафовути бадастовардаи вобастагии ҳарорати сардшавии намудҳои хӯларо омӯхта, баробарии намуди зеринро барои муайян намудани суръати сардшавии хӯлаи сурмадори АК12-ро ҳосил менамоем:

$$\frac{dT}{d\tau} = -ab\exp(-b\tau) - pk\exp(-k\tau). \quad (1)$$

Аз рӯи ин баробарӣ суръати сардшавии намунаи хӯлаҳо ҳисоб карда шуданд. Маънои коэффисиентҳои a , b , p , ab , pk – и дар баробари (1)-и барои тадқиқоти хӯлаҳо истифода шуда, дар ҷадвали 1 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 1

Коэффисиентҳои a , b , p , ab , pk дар баробарӣ барои хӯлаи сурмадори АК12

Таркиби Sb дар хӯлаи АК12, % (вазн)	a, K	b, 10 ⁻³ c ⁻¹	p, K	k c ⁻¹	ab, Kc ⁻¹	pk, Kc ⁻¹
-	457,11	3,31	333,45	9,3·10 ⁻⁵	1,51	0,03
0,01	432,20	3,59	353,29	1,4·10 ⁻⁴	1,55	0,049
0,05	475,86	3,09	318,08	6,9·10 ⁻⁵	1,47	0,021
0,1	462,72	3,41	335,97	1,0·10 ⁻⁴	1,57	0,033
0,5	464,44	2,97	420,19	6,8·10 ⁻⁵	1,37	0,028
1,0	462,17	3,13	321,79	6,9·10 ⁻⁵	1,44	0,022

Коркарди тамоми натиҷаҳо бо воситаи MSExcel амалӣ гардида, ҷадвалҳо бо барномаи SigmaPlot сохта шуданд. Коэффисиенти таназзул на кам аз 0,998-ро ташкил меод. Барои ҳисоби гармиғунҷоиши хӯлаи АК12-и бо сурма легиронидашуда $\alpha(T)$ барои хӯлаи тамғаи АК12 баробарии зерин истифода бурда шуд.

$$|\alpha(T)| = -5.6268 + 0.0030428T + 9.16 \cdot 10^{-5}T^2 - 7.7012 \cdot 10^{-8}T^3 \quad (2)$$

Бо назардошти маълумоти адабиёт ва натиҷаҳои таҷрибаҳои оид ба гармиғунҷоиши хӯлаи АК12 ва силитсий, ба воситаи барномаи SigmaPlot баробарии зерини вобастагии ҳароратии гармиғунҷоишӣ барои хӯлаи АК12 ва силитсий ба даст оварда шуд:

$$C_p^{AK12} = 641.7026 + 0.6704T - 7.2262 \cdot 10^{-4}T^2 + 6.5482 \cdot 10^{-7}T^3, \quad (R=1,0000) \quad (3)$$

$$C_p^{Si} = 2.0597 + 0.0201T - 1.53 \cdot 10^{-4}T^2 + 1.07 \cdot 10^{-6}T^3 \quad (R=1,0000) \quad (4)$$

Коэффисиенти гармидиҳиро (a) истифода бурда, гармиғунҷоиши хоси таҷрибавӣ барои хӯлаи АК12 ва хӯлаҳои сурмадор ҳисоб карда шуд, Sb % (вазн):

$$0,01\% \text{ Sb} \quad C_p = 641.6577 + 0.6703T - 7.2255 \cdot 10^{-4}T^2 + 6.5475 \cdot 10^{-7}T^3$$

$$0,05\% \text{ Sb} \quad C_p = 641.568 + 0.6702T - 7.2241 \cdot 10^{-4}T^2 + 6.5462 \cdot 10^{-7}T^3$$

$$0,1\% \text{ Sb} \quad C_p = 641.2539 + 0.6698T - 7.2192 \cdot 10^{-4}T^2 + 6.5415 \cdot 10^{-7}T^3 \quad (5)$$

$$0,5\% \text{ Sb} \quad C_p = 639.4591 + 0.6673T - 7.1912 \cdot 10^{-4}T^2 + 6.5148 \cdot 10^{-7}T^3$$

$$1,0\% \text{ Sb} \quad C_p = 637.2156 + 0.6641T - 7.1562 \cdot 10^{-4}T^2 + 6.4813 \cdot 10^{-7}T^3$$

Ҳисоби Ср барои хӯлаи АК12-и сурмадор пас аз 50К дар чадвали 2 нишон дода шуда аст.

Чадвали 2

Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси (Ср Ҷ/кг·К) хӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда

X, K	Таркиби сурма дар хӯлаи АК12, % (вазн)					
	0,0	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0
300	795,47	795,40	795,29	794,88	792,52	789,54
350	815,90	815,82	815,71	815,30	812,85	809,78
400	836,15	836,07	835,96	835,53	833,01	829,84
450	856,72	856,64	856,52	856,08	853,49	850,21
500	878,10	878,01	877,89	877,44	874,76	871,38
550	900,78	900,69	900,56	900,10	897,33	893,83
600	925,24	925,15	925,02	924,54	921,68	918,05
650	951,99	951,89	951,75	951,26	948,29	944,52
700	981,50	981,40	981,26	980,75	977,66	973,74
750	1014,28	1014,17	1014,03	1013,49	1010,27	1006,18
800	1050,81	1050,70	1050,55	1049,99	1046,62	1042,34

Барои ҳисоби вобастагии ҳароратии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс интегралҳо аз гармиғунҷоиши молярӣ истифода бурда шуд:

$$H(T) = H(0) + \int_0^T C_p(T) dT \cdot S = \int_0^T C_p(T) d \ln T \cdot G(T) = H(T) - TS(T) \quad (6)$$

Баробарии дигари вобастагии ҳароратии энталпия (Ҷ/моль) дар хӯлаи АК12 ба даст оварда шуд:

$$H(T) = H(0) + 17.4029T + 0.00905T^2 - 6.5323 \cdot 10^{-6}T^3 + 4.4395 \cdot 10^{-9}T^4,$$

ва хӯлаҳо бо сурма, Sb % (вазн):

$$0,01\% \text{ Sb } H(T) = H(0) + 17.14017T + 0.00905T^2 - 6.5316 \cdot 10^{-6}T^3 + 4.439 \cdot 10^{-9}T^4;$$

$$0,05\% \text{ Sb } H(T) = H(0) + 17.3993T + 0.00905T^2 - 6.5303 \cdot 10^{-6}T^3 + 4.4382 \cdot 10^{-9}T^4;$$

$$0,1\% \text{ Sb } H(T) = H(0) + 17.4485T + 0.0091T^2 - 6.5476 \cdot 10^{-6}T^3 + 4.4497 \cdot 10^{-9}T^4; \quad (7)$$

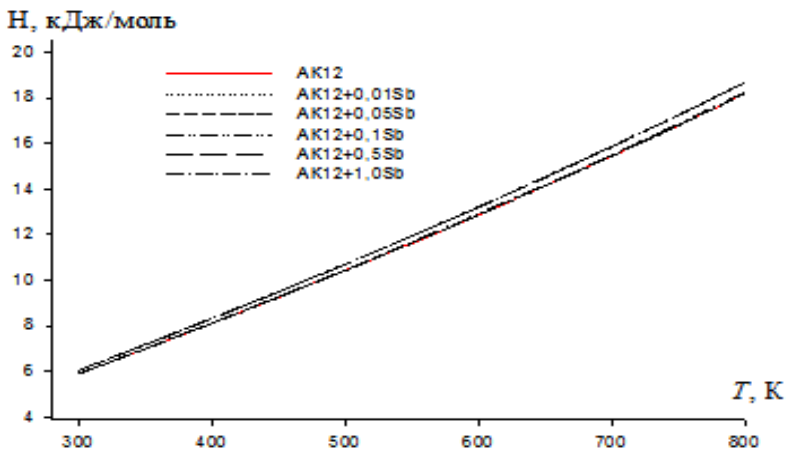
$$0,5\% \text{ Sb } H(T) = H(0) + 17.828T + 0.0093T^2 - 6.683 \cdot 10^{-6}T^3 + 4.0543 \cdot 10^{-9}T^4;$$

$$1,0\% \text{ Sb } H(T) = H(0) + 17.8738T + 0.0093T^2 - 6.691 \cdot 10^{-6}T^3 + 4.545 \cdot 10^{-9}T^4$$

Натиҷаи ҳисоби энталпияи хӯлаи АК12-и сурмадор пас аз 50К дар расми 2 оварда шудаанд.

Барои энтропияи хӯлаи АК12 баробарихоии зерин ба даст оварда шуданд: $S(T) = 17.4029 \ln T + 0,0181T - 9.7985 \cdot 10^{-6}T^2 + 5.9193 \cdot 10^{-9}T^3$ (8)

ва хӯлаи АК12-и сурмадор, Sb % (вазн):



Расми 2. Вобастагии ҳароратии энталпия барои хӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда

$$0,01\% \text{ Sb } S(T) = 17,1017 \ln T + 0,0181T - 9,7975 \cdot 10^{-6} T^2 + 5,9186 \cdot 10^{-9} T^3$$

$$0,05\% \text{ Sb } S(T) = 17,3993 \ln T + 0,0181T - 9,7955 \cdot 10^{-6} T^2 + 5,9176 \cdot 10^{-9} T^3$$

$$0,1\% \text{ Sb } S(T) = 17,4485 \ln T + 0,0181T - 9,8215 \cdot 10^{-6} T^2 + 5,933 \cdot 10^{-9} T^3 \quad (9)$$

$$0,5\% \text{ Sb } S(T) = 17,828 \ln T + 0,0186T - 1,024 \cdot 10^{-5} T^2 + 6,0543 \cdot 10^{-9} T^3$$

$$1,0\% \text{ Sb } S(T) = 17,8738 \ln T + 0,0186T - 1,0036 \cdot 10^{-6} T^2 + 6,06 \cdot 10^{-9} T^3$$

Натиҷаҳои ҳисоби энтропия аз рӯи баробарҳои (8) ва (9) пас аз 50К дар ҷадвали 3 оварда шудаанд.

Ҷадвали 3

Нишондиҳандаҳои ҳисобшудаи энтропия (Ҷ/мол К) барои хӯлаи АК12-и сурмадор

X, K	Таркиби сурма дар хӯлаи АК12, % (вазн)					
	0,0	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0
300	103,97	103,96	103,95	104,26	108,01	106,79
350	107,33	107,33	107,31	107,63	106,53	110,24
400	110,32	110,31	110,30	110,63	109,98	113,31
450	113,02	113,01	113,00	113,34	113,04	116,09
500	115,49	115,49	115,47	115,82	115,81	118,63
550	117,79	117,78	117,76	118,12	118,34	120,98
600	119,94	119,93	119,91	120,28	120,70	123,19
650	121,97	121,96	121,95	122,32	122,90	125,28
700	123,91	123,90	123,88	124,27	124,99	127,27
750	125,77	125,76	125,75	126,14	126,98	129,19
800	127,57	127,56	127,55	127,95	128,89	131,04
850	129,33	129,32	129,30	129,71	130,74	132,84

Баробариҳои бадастоварда барои вобастагии ҳароратии энергияи Гиббс барои ҳӯлаи АК12:

$$G(T) = -17.4029T(\ln T - 1) - 0,00905T^2 + 3.2662 \cdot 10^{-6}T^3 - 1.4798 \cdot 10^{-9}T^4 \quad (10)$$

ва барои ҳӯлаҳои сурмадор, Sb % (вазн):

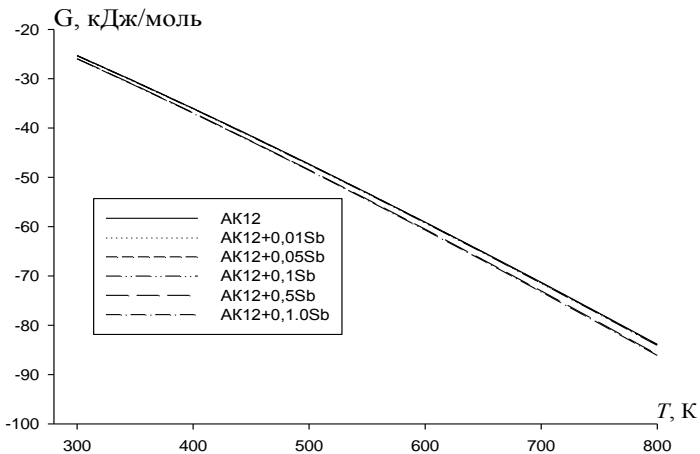
$$0,01\% \text{ Sb } G(T) = -17.4017T(\ln T - 1) - 0,00905T^2 + 3.2662 \cdot 10^{-6}T^3 - 1.4796 \cdot 10^{-9}T^4$$

$$0,05\% \text{ Sb } G(T) = -17.3993T(\ln T - 1) - 0,00905T^2 - 3 \cdot 10^{-6}T^3 - 1.4796 \cdot 10^{-9}T^4$$

$$0,1\% \text{ Sb } G(T) = -17.4485T(\ln T - 1) - 0,0091T^2 - 3.2739 \cdot 10^{-6}T^3 - 1.4833 \cdot 10^{-9}T^4 \quad (11)$$

$$1,0\% \text{ Sb } G(T) = -17.8738T(\ln T - 1) - 0,00993T^2 - 3.345 \cdot 10^{-6}T^3 - 1.5115 \cdot 10^{-9}T^4$$

Натиҷаҳои ҳисоби вобастагии ҳарорат $G(T)$ дар ҳӯлаи АК12-и сурмадор пас аз 25K дар расми 3 оварда шудаанд.



Расми 3. Вобастагии ҳароратии энергияи Гиббс барои ҳӯлаи АК12-и сурмадор (нуктаҳо – таҷриба, хати яклухт – ҳисоб аз рӯи формула)

Ҳамин тавр, бо таҷриба нишон дода шуд, ки бо баробари афзудани миқдори сурма дар таркиби ҳӯлаҳо гармиғунҷоишии хос паст гардида, бо баробари баландшавии ҳарорат меафзояд. Коэффитсиенти гармидихии ҳӯлаҳо хангоми вусъатёбии таркиби сурма дар ҳӯлаи АК12 кохиш ёфта, бо баландшавии ҳарорат афзоиш меёбад.

Боби сеюм ба тадқиқи таъсири сурма ба рафтори анодии силуминҳо бахшида шудааст. Тадқиқи ҳалшавии анодии силуминҳои истеҳсолии бо сурма легиронидашуда дар муҳити нейтралӣ электролити хлориди натрий дар ғализии 0,03; 0,3 ва 3,0% нишон дод, ки оксидҳои анодӣ дар ин ҳӯлаҳо ковокчаҳо надоранд, хусусияти гузарониши ионӣ дошта бо муқовимати баланди электрикӣ фарқ доранд. Афзоиши қабатҳои зичи оксидӣ дар ҳолате ба вучуд меояд, ки агар диффузияи ионҳои ҳӯлаи ҳалшуда ва анионҳо, атомҳои оксиген, иони гурӯҳҳои гидроксидӣ имконпазир бошад.

Бояд қайд намуд, ки дар ҳама ҳолатҳои бамаҳлул ғӯтонидани намунаҳо, потенциали зангзани пас аз муддате ба самти мусбӣ тағйир ёфта, баъдан тасбит мешавад. Бо баробари ин агар потенциали зангзани хӯлаи легиронидашуда дар давоми 50 дақиқа тасбит шавад, дар хӯлаҳои легиронидашуда ин раванд ду маротиба тезтар, дар давоми 25-30 дақиқа ба назар мерасад, ки ин аз пассиватсияи нисбатан баланди онҳо дар зери таъсири иловашавии сурма шаҳодат медиҳад. Ҳамин тавр пас як соати дар маҳлули электролити 0,03% NaCl нигоҳ доштан потенциали зангзани хӯлаи легиронидашуда -0,58В буда, хӯлаи 1% (вазн) сурмадошта -0,44В потенциали зангзани дорад.

Хусусиятҳои зангзанандагиву-электрохимии силиминҳои истехсолӣ ҳам ҷиҳати ғализии сурма ва ҳам ҷиҳати ғализии NaCl зери тадқиқ қарор гирифта шуданд. Муайян гардид, ки ҳамроҳкунии сурма дар мутаносибияти гуногун потенциали зангзани силиминҳоро ба самти мусбӣ тағйир медиҳад, ки ин аз пассивиронидани қабати сатҳии намуна ҳангоми алоқа бо электролит шаҳодат медиҳад. Муайян намудани потенциали зангзани силиминҳои истехсолии бо сурма дигаргуншуда тезтар амалӣ мегардад. Дар ҳолати зиёд намудани ғализии NaCl потенциали зангзани озод паст мешавад, ки ин эҳтимолан аз таъсири хлорид-ионҳо вобастагӣ дорад, зеро хлорид-ионҳо боиси халшавии қабати ғайрифайзоли дар рӯи намунаҳо буда мегарданд. Натиҷаи тадқиқот дар ҷадвали 4 ва 5 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4

Вобастагии суръати зангзани силиминҳои истехсолӣ АК12 ва АК12М2-и бо сурма дигаргункардашуда, аз ғализии электролит

Таркиби сурма, % (вазн)	Суръати зангзани					
	0,03% NaCl		0,3% NaCl		3% NaCl	
	$i_{корр.},$ А/м ²	$K \cdot 10^{-3},$ г/м ² ·соат	$i_{корр.},$ А/м ²	$K \cdot 10^{-3},$ г/м ² ·соат	$i_{корр.},$ А/м ²	$K \cdot 10^{-3},$ г/м ² ·соат
АК12						
-	0,025	8,37	0,032	10,7	0,038	12,7
0,01	0,018	6,03	0,019	6,36	0,020	6,7
0,05	0,014	4,69	0,015	5,02	0,016	5,36
0,10	0,011	3,68	0,013	4,35	0,014	4,69
0,50	0,010	3,35	0,011	3,68	0,013	4,35
1,0	0,009	3,01	0,010	3,35	0,012	4,02
АК12М2						
-	0,017	5,69	0,021	7,04	0,024	8,04
0,05	0,014	4,69	0,015	5,03	0,019	6,36
0,50	0,010	3,35	0,013	4,36	0,014	4,69
1,00	0,009	3,02	0,011	3,69	0,012	4,02
3,00	0,008	2,68	0,009	3,02	0,011	3,69

Тағйирёбии потенциали зангзании озоди силуминҳои истехсолии бо сурма дигаргуншуда, аз ғализии электролити NaCl

Таркиби сурма, % (вазн)	-E _{занг.озод.} В		
	0,03% NaCl	0,3% NaCl	3% NaCl
AK12			
-	0,580	0,640	0,715
0,01	0,564	0,620	0,707
0,05	0,515	0,610	0,670
0,10	0,500	0,590	0,665
0,50	0,480	0,570	0,644
1,0	0,440	0,550	0,620
AK12M2			
-	0,445	0,534	0,593
0,05	0,400	0,520	0,530
0,50	0,340	0,500	0,515
1,00	0,320	0,480	0,500
3,00	0,320	0,472	0,484

Аз чадвалҳои 4 ва 5 маълум мешавад, ки бо баробари афзудани ғализии хлорид-ионҳо потенциали зангзанӣ кам гардида, суръати зангзании силуминҳои истехсолии бо сурма дигаргуншуда меафзояд, ки ин аз паст гардидани ба зангзанӣ тобоварии ҳулаҳо дар зерӣ таъсири хлорид-ионҳо шаҳодат медиҳад. Дигаргунсозии силуминҳои истехсолӣ бо сурма боиси ба самти мусбӣ тадричан иваз гардидани потенциали зангзании озод мегардад.

Бо баробари баландшавии ғализии сурма дар муҳити электролити 0,3% NaCl потенциали репассиватсия қадре ба самти манфӣ тағйир меёбад. Васеъгии мавзеи ғайрифайол аз -0,495 то -0,655В – ро ташкил намуда, нишондиҳандаи аққалии он ба ҳулаи AK12-и ибтидоӣ ва ҳулаи дар таркибаш 0,05% (вазн) сурмадошта мувофиқ аст.

Ҳамин тавр, силуминҳои истехсолии бо сурма дигаргуншуда, нисбат ба силуминҳои бо сурма дигаргуннашуда, хусусияти пасттари зангзанандагиро доранд. Ғализии оптималии сурма барои беҳтар намудани хосиятҳои ба зангзанӣ тобовари силуминҳо на бояд зиёда аз 1,0% (вазн)-ро ташкил диҳад. Афзун намудани ғализии электролити NaCl аз 0,03% ба репассиватсияи сатҳи намунаҳои тадқиқотӣ оварда мерасонад, ки ин бо таъсири хлорид-ионҳо алоқамандӣ дорад. Таъсири сурмароҳамчун иловагии самарбахши таъсирноки анодӣ метавон бо ҳалшавии он дар маҳлули саҳти алюминиву-силитсий маънидод кард.

Боби чорум ба тадқиқоти хусусиятҳои механикӣ, садофурӯбарандагӣ ва оксидшавии силуминҳои истехсолии бо сурма дигаргуншуда бахшида шудааст.

Таъсири сурма ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи АК12, дар ҳолати саҳт

Аз сабаби он ки ҳангоми тағйир додани хӯлаи АК12 бо сурма миқдори сурма аз 1% (вазн) зиёд нест, хӯлаҳои дар таркибашон аз 0,01 то 1,0% (вазн) сурмадошта ба даст оварда шуданд. Кинетикаи оксидшавии хӯлаи саҳти АК12-и бо сурма дигаргуншуда дар ҳарорати 723К, 773К ва 823К омӯхта шуд. Хатҳои каҷи натиҷавии оксидшавӣ, ки ифодакунандаи ивазшавии вазн дар вақт мебошанд, нишон доданд, ки дар фосилаи якхелаи вақти оксидшавӣ, ивазшавии вазни намуна, ки ба воҳиди сатҳ мутаносиб аст, 1,15-2,80 кг/м² – ро ташкил медиҳад. Бо баробари ин фарқи муайяне дар кинетикаи оксидшавии хӯлаҳо дар вобастагӣ бо таркиби намунаҳо мавҷуд аст. Бо афзудани ҳарорат суръати оксидшавии намунаҳо баланд мешавад.

Ҷадвали 6

Нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣи раванди оксидшавии хӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда

Таркиби сурма дар хӯлаи АК12, % (вазн)	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Ҳарорати ҳақиқии оксидшавӣ ($K \cdot 10^{-4}$), $кг \cdot м^{-2} \cdot сек^{-1}$	Энергияи зоҳирии активатсияи оксидшавӣ, кҶ/мол
0,00	723	2,60	139,8
	773	3,02	
	823	3,35	
0,01	723	2,51	141,1
	773	2,72	
	823	3,23	
0,05	723	2,28	152,3
	773	2,67	
	823	3,11	
0,10	723	2,21	163,2
	773	2,53	
	823	2,93	
0,50	723	2,14	173,7
	773	2,41	
	823	2,76	
1,00	723	2,00	186,8
	773	2,28	
	823	2,59	

Барои хӯлаи 1,0% (вазн) Sb дошта, пастшавии суръати оксидшавӣ ба назар расида, пас аз 15 дақиқа оксидшавӣ ба сифр наздик мешавад. Дар ин аснохусусиятҳои муҳофизатии қабати сатҳӣ (плёнкаи) аён мегарданд. Ин ҳолат дар оксидшавии хӯлаи АК12, ки дарачаи баланди душвории энергетикӣи марҳилаи боздоранда боиси қатъшавии раванди оксидшавӣ мегардад, ба назар мерасад.

Дар мувофика бо натиҷаҳои ИК-спектроскопиямасолеҳи оксидшудаи хӯлаҳои тадқиқ кардашуда: $-Al_2O_3$ бо хатҳои фурӯбарии 455, 491, 598, 630, 1090 cm^{-1} мебошанд. Бархе аз хатҳо аз сабаби паст будани интенсивият маълум нагардиданд. Хатҳои қачи оксидшавӣ ба баробарии $y = Kt^n$ тобеият доранд, ки дар он n аз 2 то 5 дар вобастагӣ аз таркиби хӯлаи оксидшаванда тағйир меёбад (ҷадв.7).

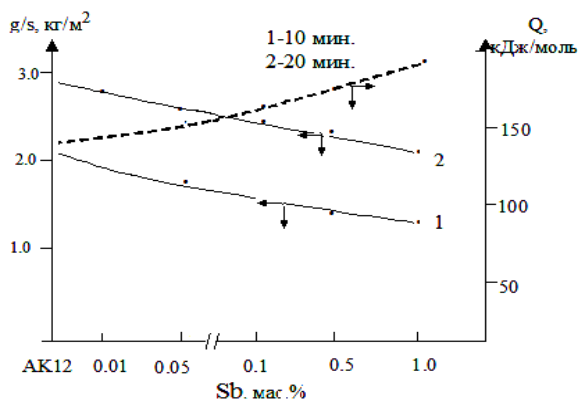
Изохронҳои оксидшавӣ, ки ба ҳарорати 823К мувофиқат менамоянд, дар расми 4 оварда шудаанд. Дар хатҳои қач пастшавии суръати умумӣ бо баробари афзудани миқдори сурма дар хӯлаҳо нишон дода шудааст.

Дар хатҳои қачи оварда шуда, минимум барои хӯлаҳои дар таркибашон 1,0% (вазн) Sb дошта возеҳ намурад. Баландшавии зохирии активатсияи энергия бо баробари баландшавии миқдори сурма дар хӯлаҳо ба назар мерасад. Бо усули термогравиметрӣ нишон дода шуд, ки оксидшавии хӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда ба қонуниятҳои гиперболий тобеъ аст. Суръати аслии оксидшавии хӯлаҳо тартиби зеринро дорост: $10^{-4} kg \cdot m^{-2} \cdot c^{-1}$.

Ҷадвали 7

Натиҷаи коркарди хатҳои қачи оксидшавии хӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда

Таркиби сурма дар хӯлаи АК12, % (вазн)	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Баробарии хатҳои қачи оксидшавӣ	Кoeffициенти таъназул, R
0,00	723	$y = 1E-05x^4 - 0,0007x^3 + 0,009x^2 + 0,0973x$	0,998
	773	$y = 4E-07x^5 - 2E-05x^4 + 0,0003x^3 - 0,0035x^2 + 0,1767x$	0,997
	823	$y = 2E-05x^4 - 0,001x^3 + 0,0114x^2 + 0,1764x$	0,995
0,01	723	$y = 1E-05x^4 - 0,0007x^3 + 0,0086x^2 + 0,0891x$	0,997
	773	$y = 5E-06x^4 - 0,0003x^3 + 0,0024x^2 + 0,1466x$	0,996
	823	$y = 2E-05x^4 - 0,001x^3 + 0,0125x^2 + 0,144x$	0,993
0,05	723	$y = -6E-07x^5 + 6E-05x^4 - 0,0018x^3 + 0,0196x^2 + 0,0524x$	0,998
	773	$y = 5E-06x^4 - 0,0003x^3 + 0,0029x^2 + 0,1342x$	0,997
	823	$y = 1E-05x^4 - 0,0009x^3 + 0,011x^2 + 0,1386x$	0,994
0,10	723	$y = 1E-05x^4 - 0,0006x^3 + 0,0083x^2 + 0,0777x$	0,996
	773	$y = 8E-06x^4 - 0,0005x^3 + 0,0057x^2 + 0,1134x$	0,997
	823	$y = 1E-05x^4 - 0,0007x^3 + 0,0082x^2 + 0,1404x$	0,996
0,50	723	$y = 8E-06x^4 - 0,0005x^3 + 0,0058x^2 + 0,0764x$	0,994
	773	$y = 8E-06x^4 - 0,0005x^3 + 0,0065x^2 + 0,0979x$	0,997
	823	$y = 9E-06x^4 - 0,0006x^3 + 0,0064x^2 + 0,131x$	0,995
1,00	723	$y = 7E-06x^4 - 0,0004x^3 + 0,0045x^2 + 0,071x$	0,988
	773	$y = 1E-05x^4 - 0,0007x^3 + 0,0095x^2 + 0,0687x$	0,998
	823	$y = 1E-05x^4 - 0,0008x^3 + 0,0104x^2 + 0,0957x$	0,992



Расми 4. Изохронҳои оксидшавии хӯлаи АК12-и бо сурма дигаргуншуда дар 873К.

Энергияи зохирии активатсия дар вобастагӣ аз таркиби хӯлаҳои сурмадор аз 139,8 то 186,6 кҶ/мол иваз мешавад.

Тадқиқоти хусусиятҳои механикӣ ва садофурӯбарандагии силуминҳои истехсолии бо сурма дигаргуншуда

Хӯлаҳо барои тадқиқот аз силуминҳои тамғаи АК7, АК12 ва сурма СуМ1 ба даст оварда шуданд. Ҳар як намуди хӯла дар алоҳидагӣ дар қӯраҳои муковиматашон кушод, дар бӯта (тигел)-ҳои графитӣ ё корундӣ гудохта шуданд. Пас аз обшавии гудохта ва берун намудани дачғол фонаҳои намунавӣ ва намунаҳои цилиндрӣ дар қолаби андозааш 200x15 барои таҷрибаҳои механикӣ дар мувофиқа бо ГОСТ-1497-84 ва варақаҳои андозаашон 50x50x10 барои ченкунии хусусиятҳои садофурӯбарандагии хӯлаҳо рехта шуданд. Хусусиятҳои механикӣ дар ҳарорати ҳуҷрагӣ ва ҳарорати баланд муайян карда мешуданд.

Назорати таҳлилии таркибҳои асосии хӯлаҳои алюминӣ бо усули спектралӣ аз рӯи намунаҳои стандартӣ (намунавӣ) гузаронида мешуд.

Аз рӯи нишондодҳои таҷрибавии хусусиятҳои садофурӯбарандагӣ ва механикӣ, муайян гардид, ки бо баробари афзудани миқдори элементҳои тағйирдиҳанда: сурма то 0,1 ва 0,5 % (вазн), дараҷаи суръати ҳомушшавии садо ва хусусиятҳои механикӣ, нисбат ба нишондиҳандаҳои ибтидоии хӯлаҳои дигаргуннашуда, борҳо меафзоянд (ҷадв.8).

Эҳтимолан ин бо беҳтар гардидани сохтор, мавҷудияти донаҳои хурд ва таъсири тағйирдиҳандагии сурма вобастагӣ дорад.

Хусусияти ивазшавии садопахнкунии хӯлаҳои таркибашон гуногун яқраи аст. Хӯлаҳои, ки дар таркибашон миқдори ками элементҳои тағйирдиҳанда доранд, хусусияти садопахнкунии баланд доранд: АК12+0,01Sb, АК7+0,01Sb.

Хусусиятҳои механикӣ ва садофурубарандагии силуминҳои бо сурма дигаргуншуда

Таркиби хӯла, % (вазн)	Хосиятҳои механикӣ			Хосиятҳои садофурубарандагӣ	
	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %	НВ, МПа	суръати хомӯшшавии садо (дз), дБ/мс	коэффитсиенти соиши дохилӣ, К
АК7	176	2,4	56	2,42	0,19
АК12	192	5,2	48	2,18	0,16
АК7 + 0,01 Sb	207	3,6	72	2,63	0,22
+ 0,05 Sb	207	4,0	76	2,92	0,28
+ 0,1 Sb	216	5,6	77	3,46	0,36
+ 0,5 Sb	218	7,0	79	3,85	0,45
+ 1,0 Sb	206	4,2	75	3,08	0,26
АК12 + 0,01 Sb	215	7,2	59	2,36	0,17
+ 0,1 Sb	234	14,0	62	3,05	0,31
+ 0,5 Sb	236	13,0	63	3,64	0,40
+ 1,0 Sb	224	5,0	61	2,95	0,30

Барои муайян намудани алоқамандӣ байни хусусиятҳои садопахнкунӣ ва фурубарӣ суръати хомӯшшавии садо ва коэффитсиенти соиши дохилӣ дар вобастагӣ аз ғализии элементи тағйирдиҳанда тадқиқ карда шуд. Хӯлаҳои хосияти пасти садопахнкунӣ дошта, дорои хусусияти баланди садохомушшавӣ ва коэффитсиенти соиши дохилӣ мебошанд.

Дигаргунсоии силуминҳои истехсолӣ бо сурма инчунин хусусияти механикии онҳоро меафзояд. Бо баробари зиёд намудани миқдори элементҳои тағйирдиҳанда дар хӯлаҳо хусусияти механикии онҳо афзуда, сониян коҳиш меёбанд. Хӯлаҳои дорои хусусияти бештари садофурубарандагӣ дошта, хусусияти бештари механикиро зохир менамоянд.

Хамин тавр, дар асоси маълумоти ба таври таҷрибавӣ ба даст оварда шуда, ки хусусиятҳои садофурубарандагӣ ва механикиро меафзоянд, мутаносибияти оптималии элементи тағйирдиҳандаро дар силуминҳои истехсолӣ ба таври зайл муайян намудан мумкин аст: $0,05 < Sb < 0,5 \%$ (вазн).

ХУЛОСА

1. Вобастагии ҳароратии гармигунҷоиш ва вазифаҳои термодинамикии хӯлаи АК12-и сурмадор омӯхта шуда, нишон дода шуд, ки бо баробари баланд шудани гармигунҷоиши хос энгалпия ва энтропияи хӯла афзуда, энергияи Гиббс паст мегардад. Баробариҳои вобастагии

- хароратии вазифаҳои термодинамикии хӯлаи АК12 ба даст оварда шуданд, ки бо дақиқии $R_{\text{корр}}=0,999$ ин хусусиятхоро тавсиф медиҳанд.
2. Бо усули потенциодинамикӣ таъсири хлорид-ионҳо ба рафтори анодии хӯлаҳои АК7, АК12 ва АК12М2- и бо сурма дигаргуншуда дар маҳлули NaCl-и ғализиаш 3,0; 0,3 ва 0,03% тадқиқ карда шуд. Бо баробари суяккунии электролит, яъне паст намудани ғализии хлорид-ионҳо, потенциали зангзании озод ба самти нишондиҳандаҳои мусбӣ то ба ғализии 0,5% (вазн) тағйир меёбад. Бо баробари баландшавии ғализии сурма то ба 1% Sb, пастшавии нишондиҳандаи потенциали зангзании озоди хӯлаи АК7 ба назар мерасад. Тағйирёбии тези потенциал ба самти мусбӣ дар панҷ дақиқаи аввали ҷойгиркунии намунаҳо ба электролит мушоҳида карда шуд.
 3. Силуминҳои бо сурма дигаргуншуда (АК7, АК12 ва АК12М2) хусусияти пасти суръати зангзанӣ нисбат ба хӯлаҳои ибтидоиро доранд. Ғализии оптималии сурма барои беҳтар намудани хусусияти зидди зангзании силуминҳо на бояд аз 1% (вазн) зиёд бошад. Афзун намудани ғализии электролити NaCl зиёда аз 0,03% боиси репассиватсияи сатҳи намунаҳои тадқиқотӣ мегардад, ки сабабаш фаъолияти хлорид-ионҳо мебошад. Таъсириҳои сурмарочун иловагии таъсирбахши анодӣ, бо тағйир додани эвтетикаи алюминиву – силитсий маънидод кардан мумкин аст.
 4. Бо усули термогравиметрӣ кинетикаи оксидшавии баландхарорати хӯлаҳои сахт АК12 ва АК12М2 – и бо сурма дигаргуншуда бо оксигени ҳавои ҳарораташ 723, 773 ва 823К тадқиқ карда шуд. Муайян карда шуд, ки бо баробари баланд гардидани ҳарорат суръати оксидшавӣ меафзояд. Оксидшавии хӯлаҳо ба тобеяти гипербола вобастагӣ дорад. Суръати аслии оксидшавии хӯлаҳо тартиби зеринро дорост: $10^{-4}\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Энергияи зоҳирии активатсия дар вобастагӣ аз таркиби хӯлаҳои сурмадор аз 139,8 то 186,6 кҶ/мол иваз мешавад.
 5. Нишон дода шуд, ки тағйирдиҳии силуминҳои истеҳсолии АК7 ва АК12 бо сурма хусусиятҳои механикии хӯлаҳоро беҳтар менамояд. Бо баробари зиёд намудани миқдори элементҳои тағйирдиҳанда дар хӯлаҳо хусусияти механикии хӯлаҳо дар оғоз афзуда, сониян коҳиш меёбад. Таркиби оптималии сурма дар силуминҳои истеҳсолӣ $0,05 < \text{Sb} < 0,5$ %-ро ташкил медиҳад. Втулкаҳои аз ин гурӯҳи хӯлаҳо рехташуда метавонанд чун асбобҳои садофурӯбаранда дар мошинҳои қолибгарӣҳангоми қолибрезии моделҳо ва меҳварҳо бомуваффақият истифода шаванд. Дар ҳолати истифодабарии иловагӣҳои сурма ба ҳайси модификатори силуминҳо, хусусияти садофурӯбарандагӣ 1,7 маротиба меафзояд.

Наши нуктаҳои асосии рисола:

-мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ аз тарафи КОА-и назди Президенти ҶТ таҳриршаванда

1. **Осими Оқил.** Влияние сурьмы на кинетику окисления сплава АК12 в твёрдом состоянии / Осими Оқил, И.Н.Ғаниев, Х.М.Назаров, А.Э.Бердиев // Доклады АН Республики Таджикистан, 2013, т.56, №10, с.805-810
2. Ғаниев И.Н. Влияние сурьмы на коррозионно-электрохимическое поведение сплава АК12 в среде электролита 3% NaCl / И.Н.Ғаниев, **Осими Оқил**, М.М.Сангов, Х.М.Назаров // Вестник Таджикского технического университета им.М.С.Осими, Душанбе, 2013, №4(24), с.47-50
3. **Осими Оқил.** Анодное поведение сплава АК12, легированного сурьмой в среде электролита NaCl / Осими Оқил, И.Н.Ғаниев, Х.М.Назаров, А.Э.Бердиев // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология, 2014, т.57, №7, с.84-87
4. **Осими Оқил.** Влияние сурьмы на анодное поведение сплава АК12М2, в среде 0,3%-ного раствора NaCl / Осими Оқил, Х.М.Назаров, И.Н.Ғаниев // Известия ВУЗов Кыргызстана, 2017, №1, с.10-13
5. **Осими Оқил.** Модифицированные литейные алюминиевые сплавы / Осими Оқил, Х.М.Назаров, И.Н.Ғаниев // Известия ВУЗов Кыргызстана, 2017, №1, с.14-15
6. **Осими Оқил.** Температурная зависимость теплоемкости и коэффициента теплоотдачи сплава АК12, легированного сурьмой / Осими Оқил, Х.М.Назаров, И.Н.Ғаниев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстан, 2017, №1, с.18-20

-маводҳои конференсия, симпозиум ва семинарҳои илмӣ

7. Назаров Х.М. Звукопоглощающие материалы на основы промышленных силиумах, модифицированных сурьмой / Х.М.Назаров, И.Н.Ғаниев, **Осими Оқил** // Материалы республиканской научной конференции «Проблемы современной координационной химии», Душанбе, 2011, с.63-64
8. Назаров Х.М. Электрохимическая коррозия сплава АК7, легированного сурьмой / Х.М.Назаров, **Осими Оқил**, И.Н.Ғаниев, М.М.Сангов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Из недр земли до горных вершин», Чкаловск, 2011, с.79-81
9. Назаров Х.М. Влияние сурьмы на коррозионно-электрохимическое поведение сплава АК12 в среде электролита NaCl / Х.М.Назаров, **Осими Оқил**, И.Н.Ғаниев, М.М.Сангов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», Душанбе, 2011, с.185-187

10. Низомов З. Температурная зависимость термодинамических функций для сплавов АК1 и АК12 / З.Низомов, Б.Гулов, Р.Х.Саидов, Дж.Г.Шарипов, **Осими Оқил** // Материалы Международной конференции «Современные вопросы молекулярной спектроскопии конденсированных сред», Душанбе, 2011, с.188-191
11. **Осими Оқил**. Модифицированные литейные алюминиевые сплавы / Осими Оқил // Материалы конференции «Олимони чавон», Ходжент, 2011, с.257-259
12. Назаров Х.М. Сурьма и стронций – модификатор промышленных алюминиево-кремниевых сплавов / Х.М.Назаров, И.Н.Ғаниев, Х.А.Махмадуллоев, **Осими Оқил** // Материалы Республиканской конференции «Перспективы синтеза в области химии и технологии гетеросоединений», Душанбе, 2013, с.9-13
13. **Осими Оқил**. Кинетика взаимодействия твердого сплава АК12, с сурьмой с кислородом газовой фазы / Осими Оқил, И.Н.Ғаниев, А.Э.Бердиев, Ҳ.О.Одинаев // Материалы V Международной научно-практической конференции «Проблемы горно-металлургической промышленности и энергетики республики Таджикистан», Чкаловск, 2014, с.82-83
14. **Осими Оқил**. Кинетика окисления сплава АК12М2 в твердом состоянии / Осими Оқил, А.Э.Бердиев, Х.М.Назаров // Материалы V Международной научно-практической конференции «Проблемы горно-металлургической промышленности и энергетики республики Таджикистан», Чкаловск, 2014, с.84-86
15. **Осими Оқил**. Теплофизические свойства сплава АК12 / Осими Оқил, И.Н.Ғаниев, Х.М.Назаров, Н.Ф.Иброхимов // Материалы научно-практической конференции «Конституция – источник устойчивого развития», Чкаловск, 2014, с.34-38
16. Назаров Х.М. Электрохимическая коррозия сплава АК12, легированного сурьмой в среде электролита 0,03%-ного NaCl / Х.М.Назаров, **Осими Оқил**, И.Н.Ғаниев, А.Э.Бердиев // Материалы V Международной научно-практической конференции, Киев, 2014, с.103
17. **Осими Оқил**. Температурная зависимость теплоемкости и коэффициента теплоотдачи сплава АК12, легированного сурьмой / Осими Оқил, И.Н.Ғаниев, Н.И.Ғаниева, Н.Ф.Иброхимов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Достижение инновационной технологии композиционных материалов и их сплавов для машиностроения», Душанбе, 2014, с.19-22
18. Назаров Х.М. Механические и акустодемпфирующие свойства промышленных силуминов, модифицированных сурьмой / Х.М.Назаров, И.Н.Ғаниев, **Осими Оқил** // Материалы Международной научно-практической конференции «Вода для жизни», Чкаловск, 2015, с.83-85
19. **Осими Оқил**. Кинетические параметры анодного растворения сплава АК12 легированных сурьмой в водных растворах нейтральных солей /

- Осими Оқил, Х.М.Назаров, И.Н.Ғаниев, А.Э.Бердиев // Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых», Чкаловск, 2015, с.83-84
20. **Осими Оқил.** Влияние характера среды на анодное поведение силуминов, легированного сурьмой / Осими Оқил, Х.М.Назаров, М.Т.Норова // Материалы республиканской научно-практической конференции «Технология комплексной переработки полезных ископаемых Таджикистана», Бустон, 2016, с.56-58.
21. Ғаниев И.Н. Влияние сурьмы на кинетику окисления сплава АК12М2 в твердом состоянии / И.Н.Ғаниев, Х.М.Назаров, **Осими Оқил**, А.Э.Бердиев // Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в машиностроении республики Таджикистан», Душанбе, 2016, с.65-67
22. **Осими Оқил.** Машғали маърифат / Осими Оқил, Х.М.Назаров // Материалы научно-практической семинара «Новые педагогические инновационные технологии в инженерном образовании», Бустон, 2016, с.51-54
23. **Осими Оқил.** Влияние сурьмы на анодное поведение сплава АК12М2, в среде 3% - ного раствора NaCl / Осими Оқил, И.Н. Ғаниев, Х.М. Назаров, А.Э.Бердиев // Материалы международной научно-практической конференции «Интеграция науки и производства как механизм развития горно-металлургической отрасли Республики Таджикистан», Бустон, 2016, с.41-44
24. **Осими Оқил.** Паём – рахнамои рушди саноати кўхкорию мамлакат / Осими Оқил, Х.М.Назаров // Материалы республиканской научно-практической конференции «Послание - путеводитель», Бустон, 2017, с.115-118

-ихтироот аз рӯи мавзӯи рисола

25. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 712, МПК С22С21/04. Способ модифицирования промышленных силуминов для повышения механических и акустодемпфирующих свойств / И.Н.Ғаниев, Х.М.Назаров, **Осими Оқил**, М.М.Сангов, Н.И.Ғаниева, Н.Ф.Иброгимов // №1400838; заявл.06.03.2014; опубл.20.07.2015, Бюл.108, 2015, 6 с.
26. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 726, МПК С22С11/00. Способ получения коррозионноустойчивых силуминов / И.Н.Ғаниев, Х.М.Назаров, Х.О.Одинаев, **Осими Оқил**, И.Т.Амонов, М.М.Сангов // №1400846; заявл.31.03.2014; опубл.27.08.2015, Бюл.109, 2015, 6 с.
27. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 777, МПК С22С21/04. Способ повышения устойчивости алюминиево-кремниевых сплавов к высокотемпературному окислению / А.Э.Бердиев, И.Н.Ғаниев, Х.М.Назаров, М.М.Сангов, **Осими Оқил**, Ф.Ш.Зокиров // №1500993; заявл.11.12.2015; опубл.14.07.2016, Бюл.120, 2016, 6 с.

Annotation

On Osimi Oqil' s dissertation "Physical-chemical features of silumins, modified by antimony", which represented for getting science degree of candidate of technical science on specialize 05.02.01 – Materials science in mechanical engineering

The scientific research is dedicated to the Physical-chemical features of silumins, modified by antimony. In the fulfilled research the temperature dependence of the heat capacity and thermodynamic functions of the AK12 alloy with antimony was studied and it was shown that with increasing temperature the specific heat, enthalpy and entropy of the AK12 alloy increase, and the Gibbs energy decreases. The equations of the temperature dependence of the thermodynamic functions of the alloy AK12, which with an accuracy of $R_{\text{corp}} = 0,999$, describe these properties. It has also been proved that the influence of chloride ions on the anodic behavior of AK7, AK12 and AK12M2 alloys modified with antimony in a solution of NaCl of concentrations 3,0; 0,3 and 0,03% is studied by potentiodynamic method. As the electrolyte is diluted, that is, the concentration of chloride ions decreases, the potential for free corrosion is mixed in the positive range to a concentration of 0,5% by weight of Sb. With an increase in the antimony concentration to 1% Sb, a decrease in the value of the free corrosion potential of the AK7 alloy is observed. The sharpest displacement of the potential in the region of positive values is observed for the first 5 minutes from the beginning of the immersion of the samples.

Another main investigation of the research specifies that silumin (AK7, AK12 and AK12M2) modified with antimony are characterized by a lower corrosion rate than the original alloy. The optimum concentration of antimony to improve the corrosion resistance of silumin should not exceed 1,0% by weight. An increase in the concentration of NaCl electrolyte above 0,03% leads to a repassivation of the surface of the samples studied, which is due to the action of chloride ions. The influence of antimony as an effective anode additive can be explained by its modification with an aluminum-silicon eutectic. The kinetics of high-temperature oxidation of solid alloys AK12 and AK12M2, modified with antimony by air oxygen at temperatures of 723, 773, and 823K was studied by thermogravimetry. It is established that with increasing temperature, the oxidation rate of the samples increases. Oxidation of alloys obeys hyperbolic dependence. The true rate of oxidation of alloys is of the order of $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$. The apparent activation energy, depending on the composition of the alloys with antimony, varies from 139,8 to 186,6 kJ / mol. It is shown that the modification of industrial silumin AK7 and AK12, with antimony, improves their mechanical properties. As the content of the modifying elements increases, the mechanical properties of the alloys first increase and then decrease. The optimum antimony content in industrial silumin is $0,05 < \text{Sb} < 0,5\%$ by weight. Castings of bushings from this group of alloys can be successfully used as noise-absorbing devices in molding machines when molding models and rods. In the case of using an antimony additive, as a modifier of silumin, the intensity of sound absorption increases by 1,7 times.

Key words: *alloy – antimony – a stationary potential corrosion – free electrolyte – the activation energy.*

Резюме

на диссертацию Осими Окила «Физико-химические свойства силуминов, модифицированные сурьмой», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (в машиностроении)

Диссертационная работа посвящена изучению физико-химическим свойствам силуминов модифицированных сурьмой. В проделанной работе изучена температурная зависимость теплоёмкости и термодинамических функций сплава АК12 с сурьмой и показано, что с ростом температуры удельная теплоёмкость, энтальпия и энтропия сплава АК12 увеличиваются, а энергия Гиббса уменьшается. Получены уравнения температурной зависимости термодинамических функций сплава АК12, которые с точностью $R_{\text{корр}} = 0,999$ описывают эти свойства.

Потенциодинамическим методом исследованы влияние хлорид - ионов на анодное поведение сплавов АК7, АК12 и АК12М2, модифицированных сурьмой в растворе NaCl концентраций 3,0; 0,3 и 0,03 %. По мере разбавления электролита, то есть снижения концентрации хлорид-ионов, потенциал свободной коррозии смещается в область положительных значений до концентрации 0,5 мас.% Sb. С ростом концентрации сурьмы до 1% Sb, наблюдается уменьшение значения потенциала свободной коррозии сплава АК7. Наиболее резкое смещение потенциала в область положительных значений наблюдается впервые 5 минут от начала погружения образцов.

Также экспериментальным путём доказано что, силумины (АК7, АК12 и АК12М2), модифицированные сурьмой характеризуются более низким значением скорости коррозии, чем исходный сплав. Оптимальная концентрация сурьмы для улучшения коррозионной стойкости силуминов не должна превышать 1,0 мас.%. Увеличение концентрации электролита NaCl свыше 0,03 % приводит к репассивации поверхности исследованных образцов, что обусловлено действием хлорид-ионов. Влияние сурьмы как эффективной анодной добавки можно объяснить его модифицированием с алюминиево-кремниевую эвтектику.

Следующим важным исследованием является то что, методом термогравиметрии исследована кинетика высокотемпературного окисления твердых сплавов АК12 и АК12М2, модифицированного сурьмой кислородом воздуха при температурах 723, 773 и 823К. Установлено, что с ростом температуры повышается скорость окисления образцов. Окисление сплавов подчиняется гиперболической зависимости. Истинная скорость окисления сплавов имеет порядок $10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$. Кажущаяся энергия активации в зависимости от состава сплавов с сурьмой изменяется от 139,8 до 186,6 кДж/моль.

Также в работе показано, что модифицирование промышленных силуминов АК7 и АК12, с сурьмой, улучшает их механические свойства. С увеличением содержания модифицирующих элементов, механические свойства сплавов сначала повышаются и затем убывают. Оптимальное содержание сурьмы в промышленных силуминах составляет $0,05 < \text{Sb} < 0,5$ мас.%. Отливки втулок из данной группы сплавов успешно могут быть использованы в качестве шумопоглощающих приспособлений в формовочных машинах при формовке моделей и стержней. В случае использования добавки сурьмы, как модификатора силуминов, интенсивность звукопоглощения возрастает в 1,7 раз.

Ключевые слова: сплав – сурьма – стационарный потенциал – свободной коррозии – электролит – энергия активации.

Аннотатсия

ба диссертатсияи Осими Оқил «Хосиятҳои физикӣ-химиявии силуминҳои бо сурма модификатсияшуда» барои дарёфти дараҷаи унвони илми номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.02.01- Маводшиносӣ (дар мошинсозӣ)

Кори диссертатсионӣ омӯзиши хосиятҳои физикӣ-химиявии силуминҳои бо сурма модификатсияшударо мефаҳмонад. Дар кори иҷрогардида вобастагии ҳароратии гармиғунҷоииш ва функсияҳои термодинамикии ҳӯлаҳои АК12 бо сурма нишон дод, ки бо баробари баланд гардидани ҳарорат гармиғунҷоииш хос, энталпия ва энтропияи ҳӯлаи АК12 афзуда, энергияи Гиббс коҳиш меёбад. Баробариҳои вобастагии ҳароратии вазифаҳои термодинамикии ҳӯлаи АК12 ба даст оварда шуданд, ки бо дақиқии $R_{\text{корр}}=0,999$ ин хусусиятҳоро тавсиф мекунад.

Бо усули потенциодинамикӣ таъсири хлорид-ионҳо ба рафтори анодии ҳӯлаҳои АК7, АК12 ва АК12М2- и бо сурма дигаргуншуда дар маҳлули NaCl-и ғализиаш 3,0; 0,3 ва 0,03% тадқиқ карда шуд. Бо баробари суянкунии электролит, яъне паст намудани ғализии хлорид-ионҳо, потенциали зангзании озод ба самти нишондиҳандаҳои мусбӣ то ба ғализии 0,5% (вазн) тағйир меёбад. Бо баробари баландшавии ғализии сурма то ба 1% Sb, пастшавии нишондиҳандаи потенциали зангзании озоди ҳӯлаи АК7 ба назар мерасад. Тағйирёбии тези потенциал ба самти мусбӣ дар панҷ дақиқаи аввали ҷойгиркунии намунаҳо ба электролит мушоҳида карда шуд. Инчунин бо воситаи озмоиш собит карда шуд, ки силуминҳои бо сурма дигаргуншуда (АК7, АК12 ва АК12М2) хусусияти пасти суръати зангзанӣ нисбат ба ҳӯлаҳои ибтидоиро доранд. Ғализии оптималии сурма барои беҳтар намудани хусусияти зидди зангзании силуминҳо на бояд аз 1% (вазн) зиёд бошад. Афзун намудани ғализии электролити NaCl зиёда аз 0,03% боиси репассиватсияи сатҳи намунаҳои тадқиқотӣ мегардад, ки сабабаш фаъолияти хлорид-ионҳо мебошад. Таъсирнокии сурмаро чун иловагии таъсирбахши анодӣ, бо тағйир додани эвтетикаи алюминиву – силитсий маънидод кардан мумкин аст. Муҳимияти дигари тадқиқот бо усули термогравиметрӣ кинетикаи оксидшавии баландҳарорати ҳӯлаҳои саҳт АК12 ва АК12М2 – и бо сурма дигаргуншуда бо оксигени ҳавоӣ ҳарораташ 723, 773 ва 823К. Муайян карда шуд, ки бо баробари баланд гардидани ҳарорат суръати оксидшавӣ меафзояд. Оксидшавии ҳӯлаҳо ба тобеяти гиперболӣ вобастагӣ дорад. Суръати аслии оксидшавии ҳӯлаҳо тартиби зеринро дорост: $10^{-4}\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Энергияи зохирии активатсия дар вобастагӣ аз таркиби ҳӯлаҳои сурмадор аз 139,8 то 186,6 кҶ/мол иваз мешавад.

Ҳамчунин дар кор нишон дода шуд, ки тағйирдиҳии силуминҳои истехсолии АК7 ва АК12 бо сурма хусусиятҳои механикии ҳӯлаҳоро беҳтар менамояд. Бо баробари зиёд намудани миқдори элементҳои тағйирдиҳанда дар ҳӯлаҳо хусусияти механикии ҳӯлаҳо дар оғоз афзуда, сониян коҳиш меёбанд. Таркиби оптималии сурма дар силуминҳои истехсоли $0,05 < \text{Sb} < 0,5$ %-ро ташкил медиҳад. Втулкаҳои аз ин гурӯҳи ҳӯлаҳо рехташуда метавонанд чун асбобҳои садофурубаранда дар мошинҳои қолибгарӣ хангоми қолибрезии моделҳо ва мехварҳо бомуваффақият истифода шаванд. Дар ҳолати истифодабарии иловагӣҳои сурма ба ҳайси модификатори силуминҳо, хусусияти садофурубарандагӣ 1,7 маротиба меафзояд.

Калимаҳои асосӣ: ҳӯла – сурма – потенциали статсионарӣ – ҳӯрдашавии озод – электролит-, энергияи фаъол.

Иҷозат барои нашр 23.06.2017с. Барои нашр ба имзо
расидааст 26.06.2017с. Қоғази офсетӣ. Формат 60x84 1/16.
Гарнитурои адабӣ. Нашри офсетӣ. Шарти варақи чопӣ.1,5.
Тъдод 100 дона. Фармоиши №1.

735730, Тоҷикистон, ш. Бӯстон,
кӯч.Московская, 6, ДКМТ