

ТАДҚИҚИ ОКСИДШАВИИ БАББИТИ СУРБӢ Б(PbSb15Sn10) БО ИНДИЙ, ДАР ҲОЛАТИ САХТ

Х.М. Хочаназаров., И.Н. Ғаниев, Ш.Х. Саидов, Р.Д. Исмонзода

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқи кинетикаи оксидшавии баббити сурбӣ Б(PbSb15Sn10) бо индий дар ҳудуди ҳарорати 373–473K, маҳсулоти оксидшавии ҳулаҳо ва микросохтори онҳо баррасӣ шудааст. Тадқиқотҳо бо усули термогравиметрӣ дар ҳаво бо фишори атмосферӣ дар ҳудуди ҳарорати 373–473 K гузаронида шуданд. Муайян карда шуд, ки раванди оксидшавиро дар тамоми ҳудуди ҳарорати тадқиқшуда бо дақиқии баланд бо полиномии дараҷаи чорум тавсиф кардан мумкин аст. Дар раванди гузаронидани таҷриба, тағйирёбии даврии суръати оксидшавиро вобаста аз вақт қайд карда шуд. Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии ҳулаҳо муайян карда шуданд. Муайян карда шуд, ки иловаҳои индий оксидшавии ҳулаи ибтидоӣ Б(PbSb15Sn10)-ро зиёд мекунанд. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои компоненти ҷавҳаронӣ микросохтори онро ба таври назаррас тағйир медиҳанд. Усули таҳлили рентгенофазавӣ маълум кард, ки маҳсулоти оксидшавии ҳулаҳо аз оксидҳо зерин иборатанд: PbO, Pb_{0.828}O₂, Pb₂(SnSb)O_{6.5}, Sb₂O₄, Pb₂SnO₄, PbSb₂O₆, In₂O₃. (Pb₃Sb₂O_{8.47})_{6.4}.

Калимаҳои калидӣ: кинетикаи оксидшавӣ, баббит Б(PbSb15Sn10), индий, энергияи фаъолишавӣ, константаи суръати оксидшавӣ, микросохтор, ТРФ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕНИЯ СВИНЦОВОГО БАББИТА Б(PbSb15Sn10) С ИНДИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

Х.М. Ходжаназаров, И.Н. Ғаниев, Ш.Х. Саидов, Р.Д. Исмонзода

В работе рассмотрены результаты исследования кинетики окисления свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с индием в диапазоне температур 373–473K, образующиеся продукты окисления сплавов и их микроструктуры. Исследования проводили термогравиметрическим методом в воздухе при атмосферном давлении в интервале температур 373–473K. Обнаружено, что процесс окисления во всем исследованном диапазоне температур с высокой точностью может быть описан полиномом четвёртой степени. В экспериментах отмечено периодическое изменение скорости окисления от времени. Определены кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплавов. Установлено, что добавки индия увеличивает окисляемость исходного сплава Б(PbSb15Sn10). Показано, что добавки легирующего компонента существенно изменяют его микроструктуру. Методом РФА выявлено, что продукты окисления сплавов, состоят из оксидов: PbO, Pb₃O₄, Pb₂(SnSb)O_{6.5}, Sb₂O₅, PbSb₂O₆, Pb₂SnO₄, Ga₂O₃.

Ключевые слова: кинетика окисления, баббит Б(PbSb15Sn10), индий энергия активации, константа скорости окисления, микроструктура, РФА.

STUDY OF OXIDATION OF LEAD BABBITTE B(PbSb15Sn10) WITH GALLIUM IN THE SOLID STATE

Kh.M. Khojanazarov, I.N. Ganiev, Sh.Kh. Saidov, R.D. Ismonzoda

The paper considers the results of studying the oxidation kinetics of lead babbitt B(PbSb15Sn10) with gallium in the temperature range of 373–473 K, the resulting oxidation products of the alloys and their microstructure. The studies were carried out by the thermogravimetric method in air at atmospheric pressure in the temperature range of 373–473 K. It was found that the oxidation process in the entire studied temperature range can be described with high accuracy by a fourth-degree polynomial. The experiments noted a periodic change in the oxidation rate over time. The kinetic and energy parameters of the oxidation process of the alloys were determined. It was found that gallium additives increase the oxidizability of the original alloy B(PbSb15Sn10). It is shown that additives of the alloying component significantly change its microstructure. The X-ray diffraction method revealed that the oxidation products of the alloys consist of oxides: PbO, Pb₃O₄, Pb₂(SnSb)O_{6.5}, Sb₂O₅, PbSb₂O₆, Pb₂SnO₄, Ga₂O₃.

Keywords: oxidation kinetics, babbitt B(PbSb15Sn10), gallium activation energy, oxidation rate constant, microstructure, X-ray diffraction.

Муқаддима

Сурб ва ҳулаҳои асосёфтаи он имрӯзҳо яке аз панҷумин метале мебошанд, ки дар истеҳсолоти ҷаҳон бештар истифода мешаванд. Самтҳои калидии истифодаи сурб — истеҳсоли батареяҳои сурбӣ, таҷҳизоти низомӣ, ғилофҳои муҳофизатии кабелҳо ва намудҳои гуногуни масолеҳи сохтмонӣ ба шумор мераванд. Инчунин, ҳулаҳои сурбӣ дар механизмҳои подшипникӣ, прокладҳо, маҳсулоти рехтагарӣ ва фолга низ васеъ татбиқ ёфтаанд [1].

Дар солҳои охир сурб дар шаклҳои гуногун ҳамчун маводди хомӯшкунандаи садо ва ларзиш аҳамияти бештар касб мекунад. Ғайр аз ин, қобиляти баланди он ба худгирии эндатсионӣ имкон медиҳад, ки ҳамчун сипари муҳофизатӣ аз рентген ва дар соҳаи энергетикаи атомӣ бар зидди нурҳои гамма истифода шавад. Сурбро ҳамчунин ба ҳайси унсури ҷавҳаронӣ ба ҳулаҳои асоси пӯлод ва мис илова мекунанд, то коркарди онҳо беҳтар ва хосиятҳои механикӣ тақмил дода шаванд; инчунин ҳулаҳои пастгудоз барои системаҳои зиддисӯхторӣ ба он таъя доранд [2–4].

Таваҷҷуҳи олимони ба равандҳои оксидшавии металлҳо ва ҳулаҳо дар чанд соли охир ба таври назаррас афзоиш ёфтааст. Ин ҳолат пеш аз ҳама бо аҳамияти амалӣ доштан ва нақши калидии реаксияҳои оксидшавӣ дар технологияи муосир вобаста мебошад. Бе дарки механизмҳои оксидшавии металлӣ ғайриимкон аст, ки маводҳои дорои муқовимати баланд ба ҳароратро, ки барои сохтани гармунакҳо, печҳо, унсурҳои гармидиҳӣ

ва дигар таҷҳизоти техникӣ заруранд, интиҳоб ё тарҳрезӣ намуд. Бо рушди соҳаҳои нав — аз кайҳоннавардӣ то металлургияи хока, нанотехнология ва истеҳсоли маводи нимноқил — масъалаи интиҳоби дурусти маводди коркарда дар ҳарорати баланд боз ҳам муҳимтар гардид [5, 6].

Талаботи технологияи муосир нисбат ба масолеҳи сохторие, ки дар шароити ҳарорати баланд, сарбории зиёд ва муҳити химиявии фаъол фаъолият мекунад, рӯз ба рӯз ҷиддитар мешавад [7]. Бо назардошти он ки металли тоза дар амал ҳамчун масолеҳи конструктивӣ кам истифода мешавад, омӯзиши раванди оксидшавии ҳулаҳо ва роҳҳои баланд бардоштани устувории онҳо аҳамияти хоса дорад [8].

Ҳулаҳои асоси сурб дар истеҳсоли масолеҳи нав дорои потенциали калон мебошанд. Барои таъмини коркарди самараноки онҳо дар ҳарорати баланд, донишмандони параметрҳои кинетикии оксидшавӣ зарур аст, зеро маҳз ин маълумот имкони муайян кардани шароити оптималии ҳар коркардро фароҳам меорад. Бо вучуди ин, маълумоти назариявӣ ва таҷрибӣ оид ба чунин равандҳо дар адабиёти илмӣ хеле маҳдуд аст [9, 10].

Мақсади ин тадқиқот омӯзиши таъсири иловаи индий ба кинетикаи оксидшавӣ ва хусусиятҳои микросохтори баббита сурбии тамғаи Б (PbSb15Sn10) дар ҳолати саҳт мебошад. Барои иҷрои тадқиқот усули термогравиметрӣ бо тарозуи пайвасти сабти массаи намунаҳо ба кор бурда шуд.

Мавод ва усулҳои тадқиқот

Барои омӯзиши таъсири иловаҳои индий ба кинетикаи оксидшавии баббита сурбӣ Б (PbSb15Sn10) дар печи муқовимати вакууми навъи СНВЭ - 1.3.1/16ИЗ дар атмосфераи гази инертӣ дар зери фишори изофаи оксиди алюминий ва фишори изофии оксиди 0,15 МПа ҳулаҳои саҳти дорои 10 г индий гирифта шуданд. Ҳулаҳо барои тадқиқот аз сурб тамғаи С1 (99,985% Pb) (ГОСТ 3778-77), сурмаи металли тамғаи Су00 (99,9% Sb) (ГОСТ 1089-82), навъи ОВЧ-000 (99,999% Sn) ва индий тамғаи Ин00 (99,9995 % In) (ГОСТ 10297-94) гирифта шуданд..

Кинетикаи оксидшавии ҳулаҳо бо усули термогравиметрӣ дар шароити ғайриизотермикӣ дар атмосфераи ҳаво бо истифода аз таҷрибаи кори муаллифони [11-15] омӯхта шуд.

Ҳатоҳии таҷрибавӣ аз рӯи формулаи аслии барои доимии суръати оксидшавӣ ҳисоб карда мешавад

$$k = m/(s \cdot t),$$

дар инҷо: m - массаи намуна; s – сатҳи таҳқиқшаванда; t - вақт.

Ҳатоҳии нисбии ҳисобшудаи таҷриба аз ҷамъи ҳатоҳои иборат аст: $\Delta k/k = (\Delta m/m)^2 + (\Delta s/s)^2 + \Delta t/t = (2,71)^2 + (1,5)^2 + 0,027 = 9,62$ дар мисоли ҳулаи аввалия Б (PbSb15Sn10).

Омӯзиши микросохтор яке аз усулҳои асосии тадқиқи ҳулаҳо ба ҳисоб рафта, имконият медиҳад, ки таъсири шаклдигарнамоӣ, речаҳои гуногуни коркарди гармӣ ва омилҳои технологӣ ба хусусиятҳои маҳсулоти ниҳонии баббит дақиқ арзёбӣ карда шаванд. Ин раванд ҳамчунин барои таҳлил ва муайян намудани сабабҳои ба вучуд омадани нуқсонҳо дар соҳт ва сохтори ҳула аҳамияти калон дорад.

Микросохтори баббита тамғаи Б (PbSb15Sn10), ки бо индий легиронида шудааст, бо истифода аз микроскопи оптикии БИОМЕД-1 (Истеҳсоли Украина) таҳқиқ гардид. Барои омӯختани сохтори дохилии намунаҳо аз ғудохтаи тайёршуда устувночаҳои дорои диаметри 10–16 мм ва дарозии 5–10 мм рехта шуданд.

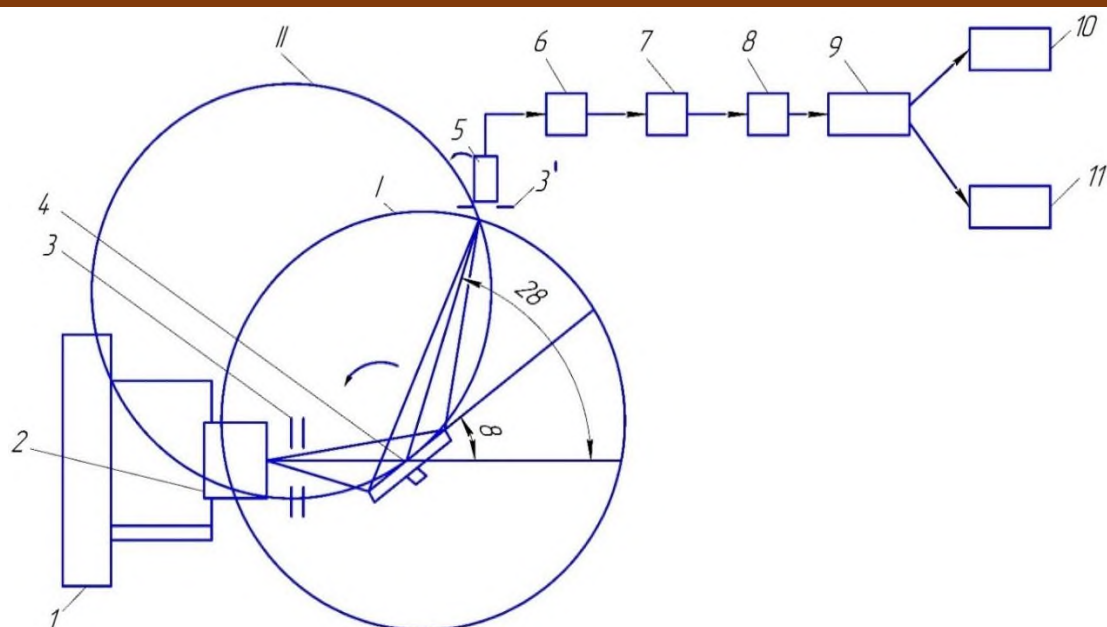
Пеш аз таҳлил ҳар як намуна бодикқат сайқал дода шуда, бо спирти этилӣ тоза карда мешуд. Пас аз ин микрошлифҳо ба маҳлули оби 20%-и кислотаи нитрат барои тезобнамоӣ гузошта шуданд. Давомнокии ин марҳила вобаста ба андоза ва сифати рӯйи намуна аз 10 то 20 сонияро ташкил медод. Баъди анҷоми тезобнамоӣ, микрошлифҳо дар оби равон шуста шуда, сипас бо қоғази филтри пок бо диққат хушк карда шуданд.

Тадқиқоти таркиби фазавии маҳсулоти оксидшавии ҳулаҳо

Таҳлили рентгенофазавӣ бо истифода аз дифрактометри ДРОН-3, ки бо компютер мучаҳҳаз шудааст, гузаронида шуд. Таркиби фазавии сифатии бо роҳи муқоисаи штрих-кодҳо, d_{hkl} масофаи дахлдори байниҳамвории хусусиятҳои якхелаи моддаҳои маълум муайян карда мешавад. Тадқиқот дар радиатсияи $\text{CoK}\alpha$ ($\lambda = 1,7902 \text{ \AA}$), дар шиддати анодии 30 кВ, ҷараёни 30 мА ва диапозони кунҷи 2θ аз 5 то 150° гузаронида шуд. Таркиби фазавии маҳсулоти оксидшавиро бо истифода аз дасгоҳ, ки нақшаи присипиалии он дар расми 1 нишон дода шудааст, омӯхта шуд.

Мақсади усули дифраксионӣ ба даст овардани тасвири дифраксия тавассути тағйир додани самти кристал, самти шуои афтанда ё истифода бурдани спектри доимии шуоъ мебошад. Дар тадқиқоти мазкур усули классикии хокаунӣ истифода шуд. Намунаҳои ба ҳок табдилёфта пешаки дар маҳлули агатӣ осеб карда шуда, то андозаи зарраҳои якхела омода гардиданд.

Барои сабти нақши дифраксионӣ, хока ба рӯйи вагон дар шакли қабати тунуки ҳамвор ҷой дода мешуд, то ки парокандашавии шуоъ бо дақиқии баланд таъмин гардад. Таркиби фазавии маҳсулоти оксидшавӣ дар асоси муқоисаи арзишҳои таҷрибавии масофаҳои байниҳамворӣ (d), кунҷҳои шиддатнокии хоси хатҳои дифраксионӣ ва параметрҳои индекси Береговский бо маълумоти назариявӣ муайян карда шуд.



Расми 1 – Нақшаи принципили дифрактометри намуни ДРОН-3

1 – генератор; 2 – лампаи рентгенӣ; 3 ва 3* – диафрагма; 4 – намунаи таҳқиқшаванда; 5 – ҳисобкунак; 6 – фотомултипликатор; 7 – қувватфизо; 8 – дискриминатор; 9 – нақшаи ҳисобкунӣ; 10 – компютер; 11 – интенсиметр;
I – Доираи ҷойгиришави намуна; II – Доираи фокалӣ (фокусӣ);

Натиҷаҳои таҷрибавӣ ва муҳокимаи онҳо

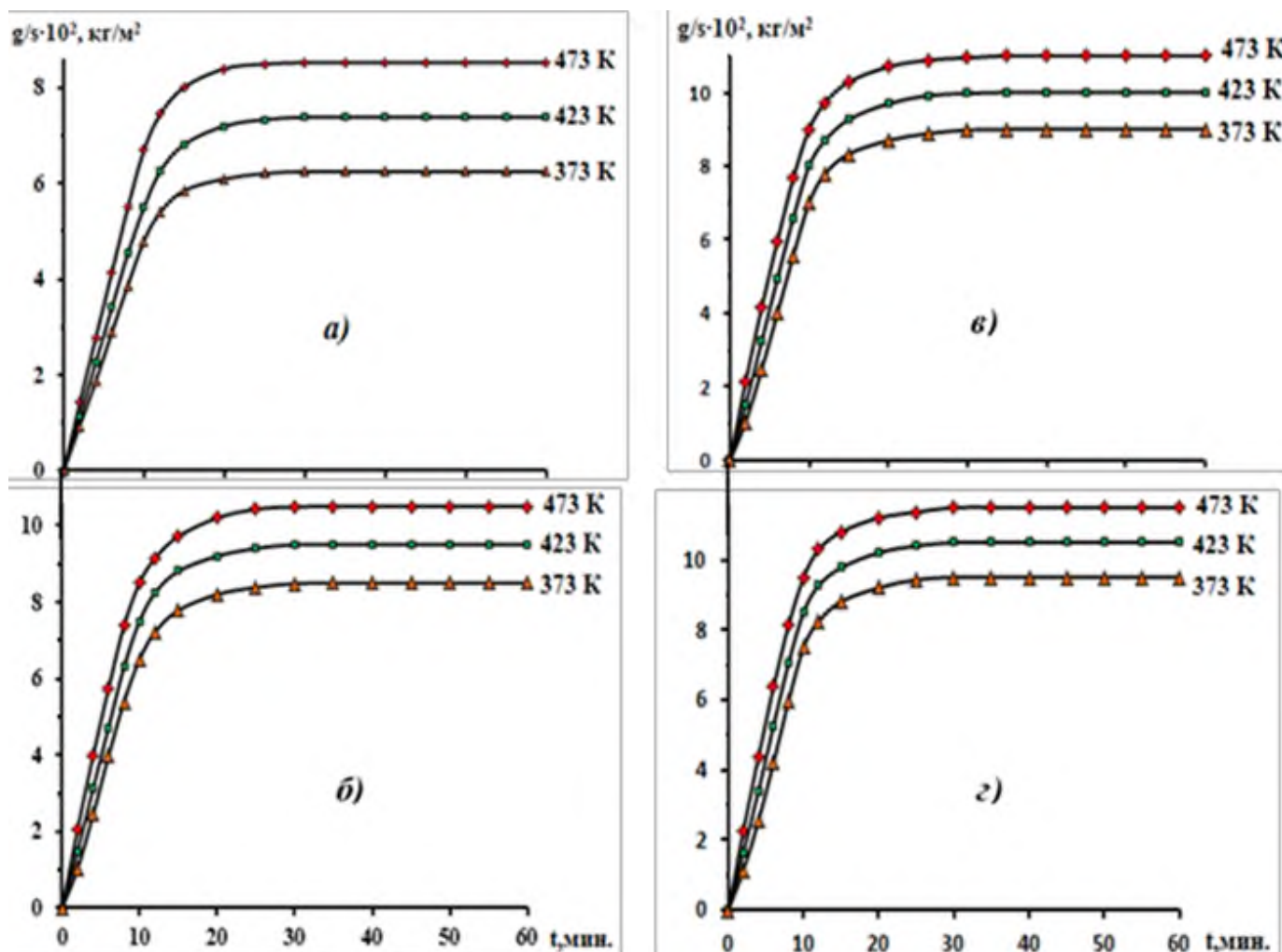
Натиҷаҳои тадқиқи раванди кинетикии оксидшавии баббити сурбӣи тамғаи Б (PbSb15Sn10), ки бо индӣи легиронида шудааст, дар расмҳои 2–4 ва ҷадвали 1 ва 2 ифода ёфтаанд. Дар ҷадвали 1 арзишҳои ҳисобшудаи параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии ҳулаи мазкур, ки ба таъсири индӣи вобастаанд, оварда шудаанд.

Ҷадвали 1 – Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии баббит сурбӣи Б (PbSb15Sn10), ки бо индӣи ҷавҳаронида шудааст дар ҳолати саҳт омӯхта шудааст.

Миқдори индӣи дар баббит, % мас.	Ҳарорати оксиднамоӣ, К	Суръати воқеии оксиднамоӣ $\text{K} \cdot 10^4$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Энергияи намоёни фаъолсозӣ, кҶ/мол
0.0	373	2.48	58.30
	423	2.53	
	473	2.60	
0.01	373	2.85	43.50
	423	2.84	
	473	3.55	
0.1	373	3.00	39.99
	423	2.90	
	473	3.72	
0.5	373	3.15	35.90
	423	2.95	
	473	3.92	
1.0	373	3.28	32.00
	423	2.99	
	473	4.17	

Хатти оксидшавии ҳулаҳо бо афзоиши массаи намунаҳо дар 15-20 дақиқаи аввал аз оғози оксидшавӣ хос аст. Баъд аз ин муддат раванд муътадил мешавад, ки ин бо пайдо шудани пардаи оксиди муҳофизатӣ дар сатҳи намунаи тадқиқшаванда алоқаманд аст (расми 3). Маълум аст, ки иловаҳои индӣи ба баббити сурбӣ

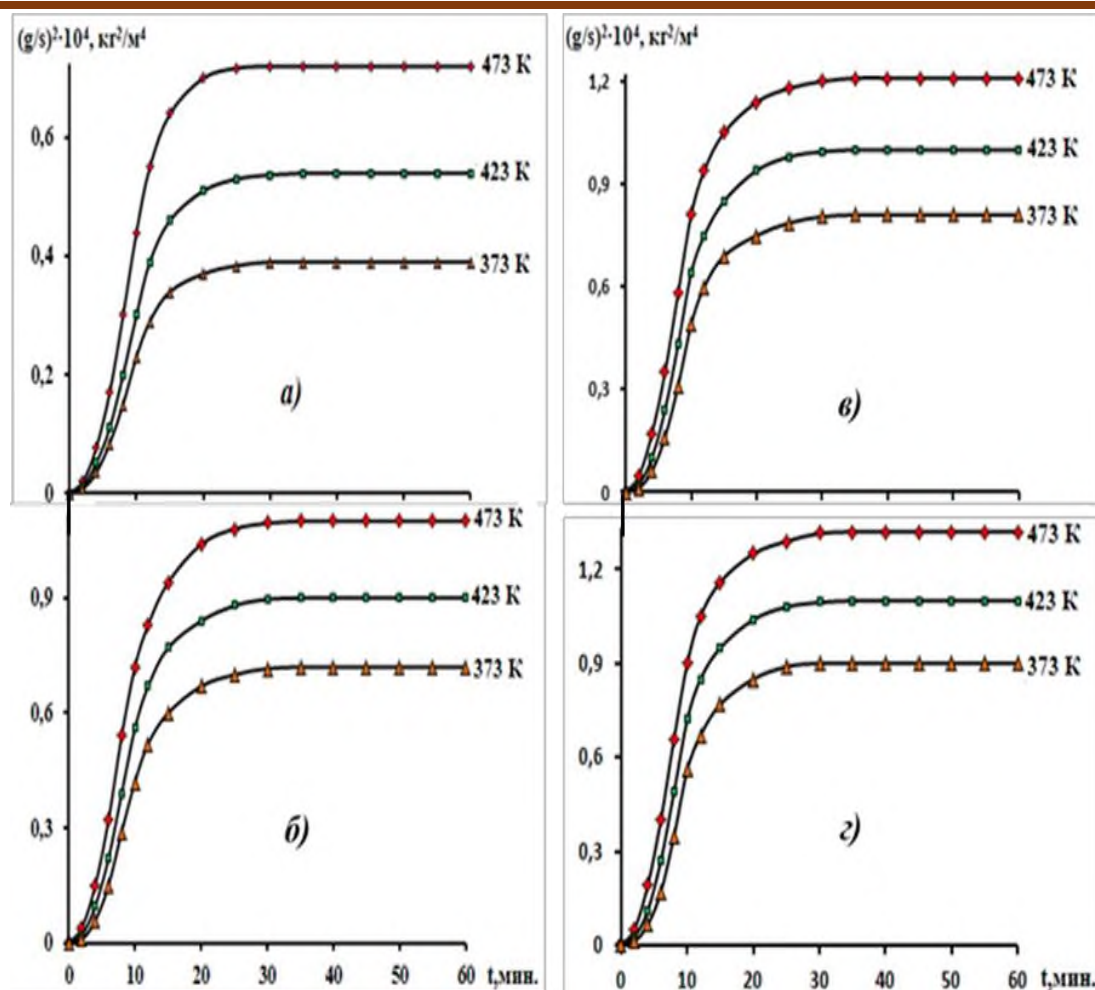
Б(PbSb15Sn10) суръати воқеии оксидшавии онро каме зиёд мекунад. Ҳамин тариқ, агар суръати оксидшавии ҳақиқии ҳулаи ибтидоӣ дар 373 К ва 473 К мутаносибан $2,48 \cdot 10^{-4}$ ва $2,60 \cdot 10^{-4}$ $\text{кг м}^{-2} \text{с}^{-1}$ баробар бошад, пас барои баббита сурбӣ Б(PbSb15Sn10), ки 1,0 % мас. индӣ дорад, дар ҳарорати 373 К ва 473 К суръати оксидшавӣ $3,28 \cdot 10^{-4}$ ва $4,17 \cdot 10^{-4}$ $\text{кг м}^{-2} \text{с}^{-1}$ баробар гардид. Дар ин маврид энергияи намоёни фаъолшавии оксидшавӣ барои ҳулаи ибтидоӣ ба 58,30 кҶ/мол ва барои баббита Б(PbSb15Sn10), ки 1,0 % мас. индӣ дорад, бузургии энергияи фаъолгардонӣ ба 32 кҶ/мол баробар аст



Расми 2 – Қачхаттаҳои оксидшавии кинетикии баббита сурбӣ Б(PbSb15Sn10) (а), ки дорои индӣ, % мас.: 0,1 (б); 0,5 (в); 1,0 (з)

Қачхаттаҳои квадрати кинетикии раванди оксидшавии баббита сурбии Б (PbSb15Sn10), ки бо индӣ легиронида шудааст, хусусияти хаттӣ надоранд. Ин ҳолат ба табиати ғайрипараболии раванди оксидшавии ҳулаҳо ишора мекунад (расми 3). Дар қадвали 2 полиномҳои тавсифкунандаи қачхаттаҳои кинетикии оксидшавӣ оварда шудаанд, ки ба муодилаи умумии $y = k \cdot x^n$ иттоат мекунад; дар ин ҷо нишондиҳандаи дараҷа дар ҳудуди $n = 1 \dots 4$ тағйир меёбад. Аз натиҷаҳо бармеояд, ки қачхаттаҳои квадрати кинетикии раванд ба полиномҳои дараҷаи чорум мувофиқанд.

Изохронҳои оксидшавии баббита сурбии Б(PbSb15Sn10), ки бо индӣ ҷавҳаронида шудааст, дар расми 4 нишон дода шудаанд. Аз таҳлил бармеояд, ки бо афзоиши миқдори индӣ суръати оксидшавӣ — ҳам барои интервали 10-дақиқаи таъсири муҳити оксидкунанда ва ҳам барои давраи 20-дақиқаи оксидшавӣ — афзоиш меёбад. Ин таъсир дар ҳарорати 473 К равшантар зоҳир мегардад, ки ин ба кам шудани энергияи намоёни фаъолшавии раванди оксидшавӣ бо зиёд шудани консентратсияи индӣ дар ҳула ишора мекунад.



Расми 3 – Қаҷхаттаҳои квадрати кинетики оксидшавии баббиту сурбӣ Б(PbSb15Sn10) (а), бо индӣй ҷавҳаронидашуда, % мас.: 0,1 (б); 0,5 (в); 1,0 (г), дар ҳолати сахт

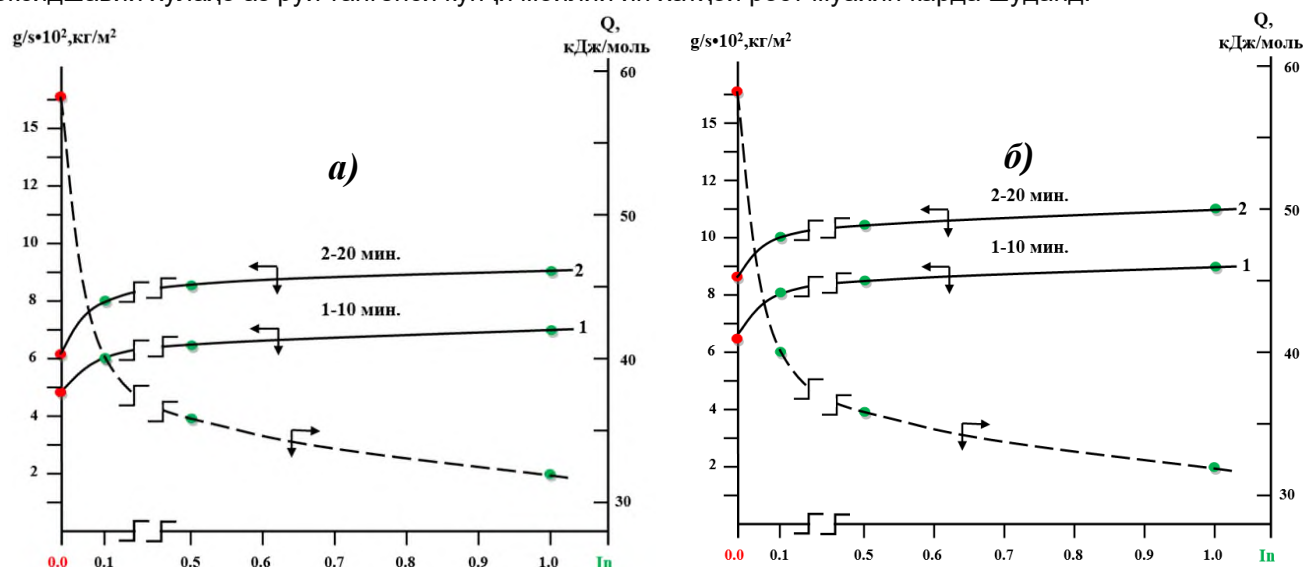
Ҷадвали 2 - Полиномҳои дараҷаи чорум барои хатти кинетики оксидшавии баббиту сурбӣ Б(PbSb15Sn10) бо индӣй, дар ҳолати сахт

Микдори индӣй дар баббит, мас. %	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Полиномҳои дараҷаи чорум барои хатҳои кинетики оксидшавии ҳула	Зарриби регрессия, R
0.0	373	$y^* = -0,6 \cdot 10^{-2}x^4 + 0,4 \cdot 10^{-3}x^3 - 2,52 \cdot 10^{-2}x^2 + 0,6701x^{**}$	0,990
	423	$y = -0,6 \cdot 10^{-3}x^4 + 0,4 \cdot 10^{-3}x^3 - 2,88 \cdot 10^{-2}x^2 + 0,7769x$	0,992
	473	$y = -0,6 \cdot 10^{-4}x^4 + 0,6 \cdot 10^{-3}x^3 - 3,75 \cdot 10^{-2}x^2 + 0,9551x$	0,993
0.01	373	$y = -0,6 \cdot 10^{-3}x^4 + 0,4 \cdot 10^{-3}x^3 - 2,72 \cdot 10^{-2}x^2 + 0,8024x$	0,988
	423	$y = -0,6 \cdot 10^{-4}x^4 + 0,6 \cdot 10^{-3}x^3 - 3,86 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,0038x$	0,995
	473	$y = -0,6 \cdot 10^{-5}x^4 + 0,8 \cdot 10^{-3}x^3 - 4,84 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,1825x$	0,998
0.1	373	$y = -0,6 \cdot 10^{-2}x^4 + 0,4 \cdot 10^{-3}x^3 - 3,07 \cdot 10^{-2}x^2 + 0,8776x$	0,986
	423	$y = -0,6 \cdot 10^{-4}x^4 + 0,7 \cdot 10^{-3}x^3 - 4,03 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,0538x$	0,995
	473	$y = -0,6 \cdot 10^{-6}x^4 + 0,9 \cdot 10^{-3}x^3 - 5,32 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,272x$	0,998
0.5	373	$y = -0,6 \cdot 10^{-2}x^4 + 0,5 \cdot 10^{-3}x^3 - 3,23 \cdot 10^{-2}x^2 + 0,9321x$	0,986
	423	$y = -0,6 \cdot 10^{-4}x^4 + 0,7 \cdot 10^{-3}x^3 - 4,47 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,1413x$	0,994
	473	$y = -0,6 \cdot 10^{-6}x^4 + 1,1 \cdot 10^{-3}x^3 - 5,92 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,3743x$	0,998
1.0	373	$y = -0,6 \cdot 10^{-1}x^4 + 0,5 \cdot 10^{-3}x^3 - 3,57 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,0045x$	0,984
	423	$y = -0,6 \cdot 10^{-4}x^4 + 0,8 \cdot 10^{-3}x^3 - 4,85 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,2174x$	0,993
	473	$y = -0,6 \cdot 10^{-7}x^4 + 1,1 \cdot 10^{-3}x^3 - 6,27 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,4393x$	0,997

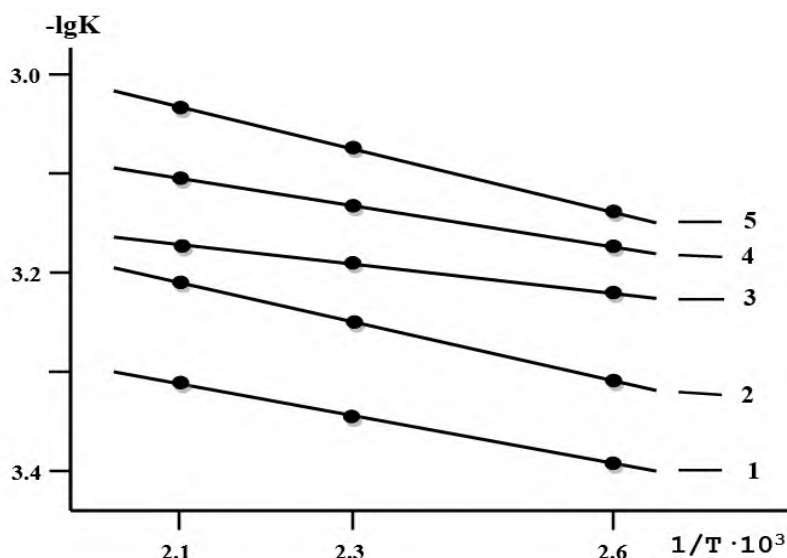
Эзоҳ: y^* - афзоиши массаи намунаҳо ($\text{кг}/\text{м}^2$)

x^{**} - давомнокии вақти оксидшавӣ, (t , дақ.).

Дар расми 5 вобастагии $-\lg K = f(1/T)$ барои баббити сурбӣ Б(PbSb15Sn10), ки дорои 0,01 – 1,0 % мас. Индий мебошад, нишон дода шудааст ки хусусияти хаттӣ доранд. Қиматҳои энергияи фаъолгардони раванди оксидшавии ҳулаҳо аз рӯи тангенси кунҷи моилии ин хатҳои рост муайян карда шуданд.



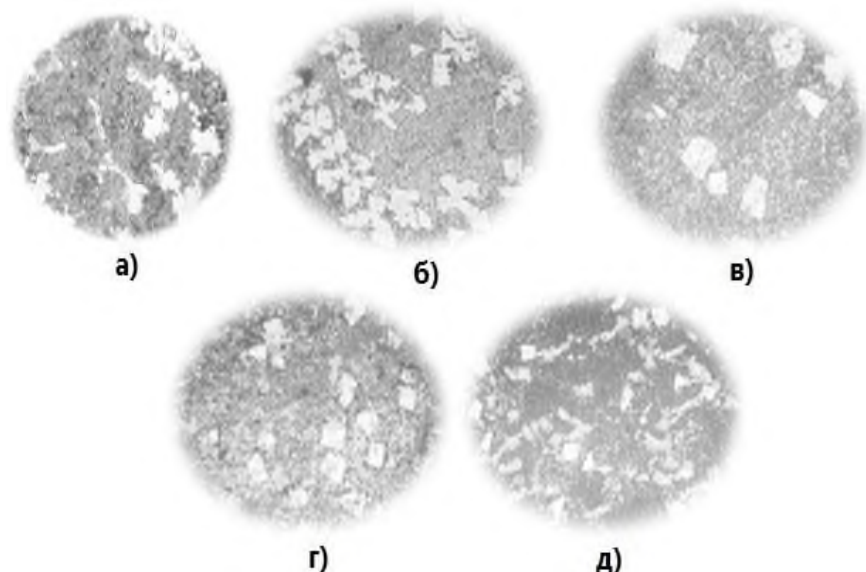
Расми 4 – Изохронҳои оксидшавии баббити сурбӣ Б(PbSb15Sn10) бо индий ҷавҳаронидашуда дар ҳарорати 373 K (а) ва 473 K (б)



Расми 5 – Вобастагии $-\lg K = f(1/T)$ барои баббити сурбӣ Б(PbSb15Sn10) (1) бо индий ҷавҳаронидашуда, % мас.: 0,01(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5)

Таркиб ва микросохтори ҳулаҳо ҳамчунин бо истифода аз микроскопи БИОМЕД-1 таҳлили иловагӣ гардиданд. Мувофиқи диаграммаи фазавии системаи Sn–Pb–Sb, сохтори баббит аз чанд ҷузъи асосии фазавӣ иборат аст: кристаллҳои ибтидоии фазаи SnSb, омехтаи эвтектикӣ (ё қисман перитектикӣ) ва кристаллҳои системаи Pb–Sb–Sn. Сохтори баббити сурбии Б(PbSb15Sn10) аз ҷиҳати таркиб ва морфология ба баббити навъи БН наздик аст, фарқияташ дар он аст, ки дар ин ҳула ҷузъи арсен мавҷуд нест.

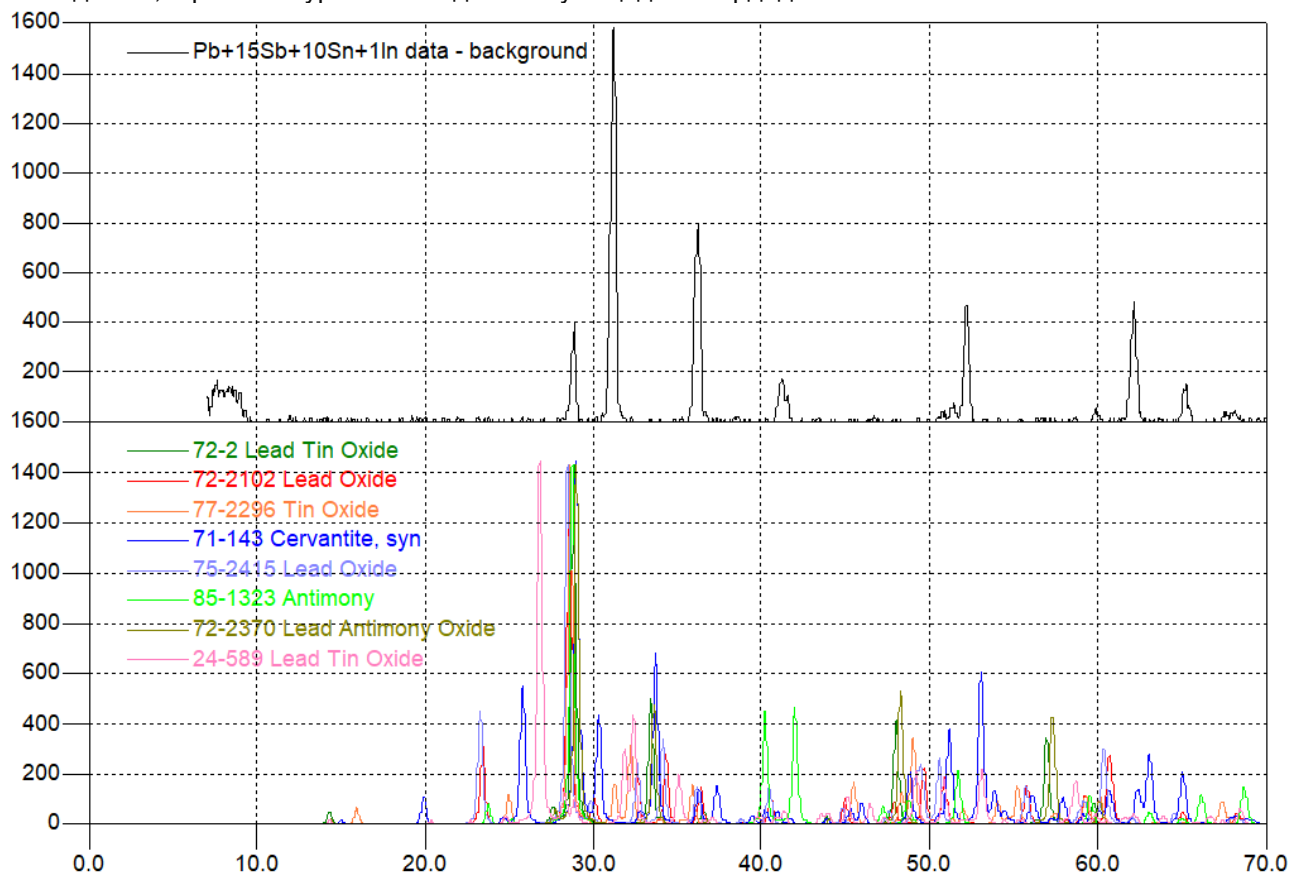
Азбаски баббити Б(PbSb15Sn10) дар хатти фазавии Pb–SnSb ҷойгир мебошад, раванди кристаллизатсияи он бо ташаққули эвтектикии дукомпонентии $\alpha(\text{Pb}) + \beta(\text{SnSb})$ анҷом меёбад. Илова намудани индий, махсусан дар консентратсияи 0,5 то 1,0 % мас. (расми 6), ба майда шудани ҷузъҳои сохтори таркиби ибтидоии ҳула таъсири назаррас менамояд ва ба ташаққули микросохтори зичтар ва мунтазамтар мусоидат мекунад.



Расми 6 – Микросохтори ($\times 500$) баббиту сурбӣ Б(PbSb15Sn10) (а), бо индий ҷавҳаронидашуда, % мас.: 0,01 (б); 0,1 (в); 0,5 (г); 1,0 (д)

Аз натиҷаҳои таҳлили рентгенофазавай муайян карда шуд, ки маҳсулоти оксидшавии баббиту сурбии Б (PbSb15Sn10), ки бо индий легиронида шудааст, аз як қатор фазаҳои оксидӣ иборат аст (расми 7). Ба онҳо ин таркибҳо дохил мешаванд: PbO, Pb_{0.828}O₂, Pb₂(SnSb)O₆₋₅, Sb₂O₄, Pb₂SnO₄, PbSb₂O₆, In₂O₃ ва (Pb₃Sb₂O₈·47)₆₋₄.

Ҳангоми оксидшавии баббиту Б(PbSb15Sn10), ки дорои иловаи индий мебошад, ҳам оксидҳои содаи элементӣ ва ҳам оксидҳои навъи шпинелӣ ба вуҷуд меоянд. Чунин омехтаи фазаҳо одатан қабатҳои муҳофизати устувор ба вуҷуд намеоранд. Аз ин рӯ, вобаста ба таркиби элементи легиркунанда ва ҳарорати раванди оксидшавӣ, афзоиши суръати оксидшавӣ мушоҳида мегардад.



Расми 7 – Дифрактограммаи маҳсулоти оксидшавии баббит сурбӣ Б(PbSb15Sn10) бо индий ҷавҳаронидашуда

Умуман, иловаҳои индӣ дар ҳудуди 0,01 - 1,0 % мас. ба баббити сурбӣ $B(PbSb15Sn10)$ оксидшавӣ онро зиёд мекунад. Чузъҳое, ки аз чунин ҳулаҳо сохта шудаанд, ҳангоми аз онҳо сохтани конструксияҳо, маснуот ва чузъҳо барои истифода дар ҳарорати баланд тавсия дода намешавад.

Хулоса

Ҳалли бисёр масъалаҳои техникаи ҳозиразамон бо истифодаи маводде, ки ба оксидшавӣ тобоваранд, алоқаманд аст. Равандҳои ҷавҳаронӣ барои ба вучуд овардани маводи нави ба коррозия тобовар ва беҳтар намудани хусусиятҳои коррозии маводҳои мавҷуда нақши калон мебозанд. Дар робита ба аҳамияти истисноии маълумот дар бораи рафтори металлҳо ва ҳулаҳо дар муҳити оксидкунанда, зарурати ба таври кофӣ пурра ба низом даровардани ин маълумот равшан аст.

Дар кори мазкур натиҷаҳои таҷрибавӣ вобаста ба рафтори баббит сурбӣ $B(PbSb15Sn10)$ дар атмосфераи газ ҳангоми ҳарорати баланд оварда шудааст. Тадқиқоти таъсири индӣ ба оксидшавӣ баббити сурбӣ $B(PbSb15Sn10)$ нишон медиҳад, ки иловаҳои намудани индӣ то 1,0 % мас. зиёд кардани оксидшавӣ ҳулаи ибтидоӣ бо механизми пайдоиши оксидҳои бисёркомпонентии навъи шпинел, ки хосиятҳои кофии муҳофизатӣ надоранд сабаб мешавад. Ба шарте, ки концентратсияи иловаи индӣ дар баббит $B(PbSb15Sn10)$ боиси ночиз афзудани оксидшавӣ ҳулаҳо гардад, чунин таносубро барои кори нисбии маҳсулоти аз онҳо тайёршуда дар ҳарорати паст мувофиқ доништан мумкин аст.

Муқаррир: Сафаров А.Ф. – д.и.т., дотсент, қорманди илмӣ Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

Адабиёт

1. Александров В.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение, Архангельск: Северный (Арктический) Федеральный университет, 2015. – 327 с.
2. Лужникова Л.П. Материалы в машиностроении, Т. 1., Цветные металлы и сплавы, - М.: 1967. - 287 с.
3. Кубашевский О.Я., Гопкинс Б.Э. Окисление металлов и сплавов / Перевод с англ. В.А. Алексеева. 2-е изд.-М: Металлургия, 1965. -428с.
4. Зиновьев В.Е. Кинетические свойства металлов при высоких температурах: справочник. - М.: Металлургия, 1984. - 200 с.
5. Лепинских Б.М., Кисилёв В. Об окислении жидких металлов и сплавов кислородом из газовой фазы // Изв. АН СССР. Металлы. - 1974. - № 5. - С. 51-54.
6. Талашманова Ю.С. Окисление жидких сплавов на основе кремния, германия, олова и свинца. - Красноярск. - 2007. -130 с.
7. Ганиев И.Н., Джайллоев Д. Х., Ходжаназаров Х. М., Холов Е. Д. Кинетика окисления алюминиевого проводникового сплава $e-AlMgSi$ ("алдрей") с кальцием, кадмием и сурьмой в твердом состоянии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2024. – № 2. – С. 72-85. – DOI 10.15593/2224-9400/2024.2.06.
8. Ходжаназаров Х.М. Кинетика окисления свинцового баббита $B(PbSb15Sn10)$, легированного калием, в твердом состоянии // Заготовительные производства в машиностроении. – 2023. – Т. 21, № 12. – С. 562-568. – DOI 10.36652/1684-1107-2023-21-12-562-568.
9. Ганиев И.Н., Махмадуллоев Р.З., Ходжаназаров Х.М., Махмудзода М. Кинетика окисления свинцового баббита $B(PbSb15Sn10)$, с бериллием, в твердом состоянии // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук. – 2025. – № 1. – С. 110-121.
10. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Ходжаев Ф.К. Влияние добавок натрия на кинетику окисления свинцового баббита $PbSb15Sn10Na$ в твердом состоянии // Журнал физической химии. -2023. -№2. -С. 216-222.
11. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Одиназода Х.О., Ходжаев Ф.К. Кинетика окисления свинцового баббита БЛи $(PbSb15Sn10Li)$, модифицированного литием, в твердом состоянии // Металлы. – 2023. - №2. С.93-99.
12. Элмурод А., Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Абдуллоҷонов С.Х. Таъсири кинетикаи оксидшавӣ ҳулаи алюминийи $AlCu4.5Mg1$, бо иловаи калий дар 0,05 то 1% дар ҳолати саҳт // Вестник Дангаринского государственного университета. – 2024. – No. 2(28). – С. 104-110.
13. Ходжаназаров Х.М., Ганиев И.Н., Ходжаев Ф.К. Особенности окисления свинцового баббита БНа $(PbSb15Sn10)$ с натрием // XIII Ломоносовские чтения: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 115-летию академика Бободжона Гафурова, Душанбе, 28–29 апреля 2023 года. – Душанбе: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2023. – С. 223-227.

14. Ходжаназаров Х.М., Ганиев И. Н., Шарипов Ф.Б., Джумъева М.Б. Микроструктура и механические свойства свинцового баббита 6(PbSb15Sn10) с кадмием // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. – 2024. – № 2/3-2(126). – С. 61-66.

15. Ganiev I.N., Khodzhanazarov Kh.M., Odinzoda Kh.O., Khodzhaev F.K. Oxidation Kinetics of Lead Babbit BLi (PbSb15Sn10Li) Modified by Lithium in the Solid State // Russian Metallurgy (Metally). – 2023. – Vol. 2023, No. 3. – P. 347-353. – DOI 10.1134/s0036029523030059.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Хочаназаров Хайрулло Махмудхонович	Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович	Khojanazarov Khayrullo Mahmudkhonovich
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
н.и.т., и.в. дотсент	к.т.н., и.о. доцента	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
E-mail: khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru		
TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович	Ганиев Изатулло Наврузович	Ganiev Izatullo Navruzovich
Академики АМИТ, доктори илмҳои химия, профессор	Академик НАНТ, доктор химических наук, профессор	Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S.Osimi
E-mail: ganiev48@mail.ru		
TJ	RU	EN
Саидов Шохин Худойдодович	Саидов Шохин Худойдодович	Saidov Shohin Khudoydodovich
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
Унвонҷӯ	Соискатель	Applicant
TJ	RU	EN
Исмонов Рустам Довудович	Исмонов Рустам Довудович	Ismonov Rustam Dovudovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Ph.D., associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: ird-78@mail.ru		