

МИКРОСОХТОР ВА ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ БАББИТИ ҚАЛЪАГӢ Б83 БО ИНДИЙ ЧАВҲАРОНИДАШУДА

И.Н. Ганиев, Х.Д. Музафаров, Р.Д. Исмонов, Х.М. Хожаназаров, М.А. Умаров

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар ин мақола натиҷаҳои омӯзиши микросохтор ва хосиятҳои механикии баббити қалъагӣ Б83, ки бо индий чавҳаронида шудааст, пешниҳод мегарданд. Ҳамчунин мавҷудияти зарраҳои фазаҳои интерметаллии ҳангоми кристаллизатсияи ҳӯла ба вучудодада мушоҳида карда шудааст. Миқдор ва андозаи зарраҳои фазаҳои дуум ба хосиятҳои механикии ҳӯлаи ибтидоӣ таъсири назаррас мерасонанд. Баланд бардоштани минбаъдаи консентратсияи унсури чавҳаронӣ ба майдашавии сохтор оварда, онро яхела ва майдадонона мегардонад. Бо истифода аз усулҳои стандартии ченкунии сахтӣ (усули Бринелл) муайян карда шудааст, ки барпои зиёд кардани сахтӣ ва мустаҳкамии баббити қалъагӣ Б83 бо иловаи индий то 1,0 %-и массавӣ муайян карда шуд, ки ворид намудани индий ба тақсимои фазаҳои интерметаллӣ, инчунин ба хусусиятҳои мустаҳкамӣ ва пластикии баббит қалъагӣ Б83 таъсир мерасонад. Натиҷаҳои бадастомада метавонанд ҳангоми таҳия ва тақмили маводҳои қоҳишдиҳандаи соиш барои милдонҳои лағжанда истифода шаванд.

Калидвожаҳо: баббити қалъагӣ Б83, индий, микросохтор, хосиятҳои механикӣ, сахтӣ, мустаҳкамӣ.

МИКРОСТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОЛОВЯННОГО БАББИТА Б83, ЛЕГИРОВАННОГО ИНДИЕМ

И.Н. Ганиев, Х.Д. Музафаров, Р.Д. Исмонов, Х.М. Ходжаназаров, М.А. Умаров

В данной статье представлены результаты исследования микроструктуры и механических свойств оловянного баббита Б83, легированного индием. Также установлено наличие частиц интерметаллических фаз, образующихся в процессе кристаллизации сплава. Количество и размеры частиц второй фазы оказывают существенное влияние на механические свойства исходного сплава. Дальнейшее увеличение концентрации легирующего элемента приводит к измельчению структуры, делая её более однородной и мелкозернистой. С использованием стандартных методов измерения твёрдости (метод Бринелля) установлено, что повышение твёрдости и прочности оловянного баббита Б83 достигается при добавлении индия до 1,0 мас. %. Показано, что введение индия влияет на распределение интерметаллических фаз, а также на прочностные и пластические характеристики оловянного баббита Б83. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и совершенствовании антифрикционных материалов для подшипников скольжения.

Ключевые слова: оловянные баббит Б83, индий, микроструктура, механические свойства, твердость, прочность.

MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF TIN BABBITTE B83 ALLOYED WITH INDIUM

I.N. Ganiev, Kh.D. Muzafarov, R.D. Ismonov, Kh.M. Khojanazarov, M.A. Umarov

This article presents the results of a study of the microstructure and mechanical properties of indium-alloyed tin babbitt B83. The presence of intermetallic phase particles formed during alloy crystallization was also established. The amount and size of the second-phase particles have a significant impact on the mechanical properties of the original alloy. A further increase in the alloying element concentration leads to a refinement of the structure, making it more uniform and fine-grained. Using standard hardness testing methods (the Brinell method), it was established that an increase in the hardness and strength of tin babbitt B83 is achieved with the addition of up to 1.0 wt.% indium. It is shown that the introduction of indium affects the distribution of intermetallic phases, as well as the strength and plastic properties of tin babbitt B83. The results obtained can be used in the development and improvement of antifricition materials for plain bearings.

Keywords: tin babbitt B83, indium, microstructure, mechanical properties, hardness, strength.

Муқаддима

Баббитҳо ҳӯлаҳои махсус мебошанд, ки асосан аз қалъагӣ, сурб ва як қатор металлҳои дигар иборатанд. Ин гуна ҳӯлаҳо хосиятҳои баланди антифриксионӣ дошта, бо коэффитсиенти пасти соиш тавсиф меёбанд. Баббитҳои қалъагӣ ҳангоми истифода ҳамчун маводи милдонӣ дорои хосиятҳои нодир мебошанд: онҳо пластикӣ буда, ҳамзамон ба зангзанӣ устуворанд. Ин мавод ҳангоми кор бо маводи дигар, аз чумла пӯлод, бардошти сарбориҳои калонро дошта, қобилияти хуби коркардашавӣ нишон медиҳад.

Баббитҳо қалъагӣ ва сурбӣ (Б88, Б83, Б83С, Б16, БН, БС6 — барои баббитҳои қалъагӣ ва сурбӣ; БКА, БК2, БК2Ш — барои баббитҳои беқалъагӣ) бо ҳарфи «Б» ва як ё ду рақами ишора карда мешаванд, ки миқдори миёнаи қалъагиро бо фоиз нишон медиҳанд. Ҳарфҳои Н, К, С, Т мутаносибан мавҷудияти никел, калсий, сурб ва теллурро нишон медиҳанд. Баббитҳо дар истеҳсоли мошинҳо ва

дастгоҳҳои саноатии калон васеъ истифода мешаванд, ки дар онҳо бозьтимодӣ ва дарозумрии милдонҳо аҳамияти ҳалкунанда доранд [1].

Соҳаи асосии истифодаи баббитҳо мошинсозӣ буда, онҳо барои тайёр кардани милдонҳои муҳаррикҳо, турбинаҳо, компрессорҳо ва дигар механизмҳои гардишкунанда истифода мешаванд. Хосиятҳои онҳо имкон медиҳанд соиш ва фарсудашавӣ кам карда шуда, муҳлати хизматрасонии таҷҳизот зиёд ва хароҷоти он кам гардад.

Илова бар ин, баббитҳо дар киштисозӣ, энергетика ва нақлиёт истифода мешаванд. Дар киштисозӣ онҳо дар милдонҳои муҳаррикҳои киштӣ ва меҳварҳо ба кор бурда шуда, кори бозьтимодно дар шароити намнокӣ ва муҳити зангананда таъмин мекунанд. Дар энергетика баббитҳо дар турбинаҳо ва генераторҳо истифода мешаванд, ки дар онҳо қобилияти баланди борбардорӣ ва устуворӣ ба гармшавӣ муҳим аст. Дар нақлиёт бошад, онҳо дар милдонҳои роҳи оҳан ва автомобилӣ истифода шуда, ҳамвории ҳаракат ва дарозумрии ҷузъҳоро таъмин менамоянд.

Истеҳсоли баббит мутобиқи ГОСТ 1320-74 аз сурб, қалъагӣ, сурма ва арсен — металлҳои дорои ҳарорати пасти гудозиш анҷом дода мешавад. Бо сабаби фарқияти дараҷаи нармӣ, хӯлаи дорои хосиятҳои махсус ҳосил мегардад, ки имкон медиҳад соиш коҳиш ёфта, устувории фарсудашавӣ ва дарозумрӣ таъмин карда шавад. Ҳарорати миёнаи рехтагарӣ тақрибан 450°C буда, ҳарорати оғози гудозиш 240°C-ро ташкил медиҳад.

Раванди асосии истеҳсоли баббити Б83 аз гармкунии тигел, боркунии металлҳо, гудозиш ва омехтакунии онҳо иборат аст. Пас аз таҳшиншавӣ омехта бори дигар омехта шуда, то ҳарорати 500°C расонида мешавад ва баъдан ба қолабҳо ё бевосита ба милдонҳо рехта мешавад.

Баббити Б83 одатан барои рехтани милдонҳои мошинҳои иқтисодии баланд истифода мешавад, ки дар онҳо арзиши баланди часпакӣ ва коэффитсиенти пасти соиш талаб карда мешавад. Чунин милдонҳо имкон медиҳанд суръати муҳитии то 50 м/с, ҳарорати оптималии корӣ 75°C ва коэффитсиенти соиш бо молидан байни баббит ва пӯлод то 0,005 таъмин гардад, ки ин ба милдон имкон медиҳад сарбории зиёда аз 100 кг/см²-ро таҳаммул намояд. Милдонҳои аз Б83 тайёршуда дар турбинаҳои буғӣ, турбокомпрессорҳо, дизелҳо, муҳаррикҳои барқӣ ва дигар соҳаҳои мошинсозӣ васеъ истифода мешаванд [2].

Баббит барои рӯйпӯш намудани вкладишҳои милдонҳо бо мақсади кам кардани соиш ва зиёд намудани муҳлати хизмати механизмҳо истифода мешавад. Раванди пӯшонидани қабати баббитӣ омодасозии сатҳ, гармкунӣ то ҳарорати муайян ва рехтани баббити гудохташударо дар бар мегирад. Ин усул якпорчагии рӯйпӯш, часпиши бозьтимод ва беҳтар шудани хусусиятҳои кории милдонҳоро таъмин менамояд.

Хосиятҳои механикии мавод на танҳо аз хусусиятҳои атомҳо ва унсурҳои сохтори калонтар, балки аз тарзи ҷойгиршавии онҳо дар фаза вобастаанд. Ба ибораи дигар, дар ташаккули хосиятҳои мавод на танҳо таркиби химиявӣ, балки сохтор нақши муҳим мебозад. Аз ин рӯ, таҳқиқоти сохторӣ дар сатҳҳои гуногун дар маводшиносӣ аҳамияти махсус доранд. Бо дарназардошти истифодаи васеи баббитҳои қалъагӣ дар соҳаҳои гуногуни саноат, корҳои тадқиқотӣ ҷиҳати беҳтар намудани хосиятҳои механикӣ ва талаботи истифодабарии онҳо пайваста анҷом дода мешавад қалъагӣ Б83 бо индӣ дар адабиёт мавҷуд нест. Чунин маълумот захираи адабиёти маълумотиро ғайи гардонидани, ҳангоми интиҳоби мавод барои конструксияҳои аз баббит сохташаванда аҳамияти калон дорад.

Ҳадафи кори мазкур омӯзиши хосиятҳои механикии баббити қалъагӣ Б83 бо таъсири иловаҳои индӣ ба микросохтор мебошад.

Мавод ва усулҳои тадқиқот

Баббити қалъагӣ Б83 бо индӣ дар ҳарорати 450...500°C дар печи лаборатории навъи СШОЛ бо роҳи гудозиши қалъагӣ тамғаи ОВЧ-000 (99,999 %) (ГОСТ 860-75), мис маркаи М0 (99,93 %) (ГОСТ 859-2014), сурмаи металлӣ тамғаи Су00 (99,9 %) (ГОСТ 1089-82) ва индӣ тамғаи Ин-0 (99,9 % In) (ГОСТ 10297-97) ҳосил карда шуд. Миқдори индӣ аз 0,05 то 1,0 %-и массавӣ дар баббити ибтидоӣ ҳосил карда шуд. Таркиби хӯлаҳо тавассути вазнкунии шихта ва намунаҳои ҳосилшуда назорат карда мешуд. Дар ҳолати фарқ кардани масса зиёда аз 3 %, синтези хӯла тақрибан анҷом дода мешуд.

Яке аз воситаҳои асосии таҳқиқ омӯзиши микросохтори хӯлаҳо мебошад, зеро таъсири коркарди деформатсионӣ ва ҳароратӣ он имкон медиҳад ба хосиятҳои маҳсулоти тайёр, инчунин

сабабҳои нуқсонҳо муайян карда шаванд. Таҳқиқоти микросохтори баббити Б83 бо индӣ дар микроскопи навъи БИОМЕД-1 иҷро карда шуд.

Усули тадқиқи микроскопии ҳулаҳо ва металлҳо, ё кӯтоҳ микроанализ, бо ёрии микроскоп дар омӯзиши сохтор (структура)-и онҳо дар намунаҳои махсус омодашуда, ки микрошлиф ном доранд, ифода меёбад.

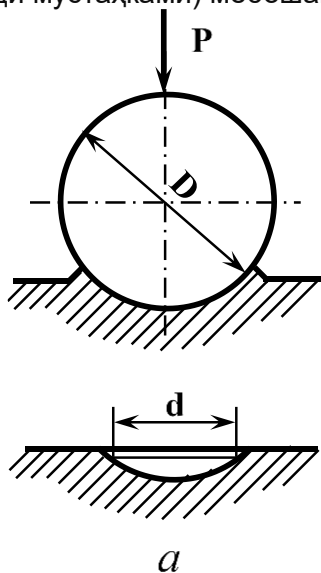
Барои омодаسازی микрошлиф одатан аз омӯзиши микроструктура ва бурида гирифтани намуна аз қитъаи муайяни объекти таҳқиқшаванда оғоз меёбад. Тадқиқоти гузаронидашавандаи ин қитъа вобаста ба ҳадаф интихоб карда мешавад (масалан, наздик ба ҷои шикаст ё тарқиш дар маснуот).

Барои тайёр намудани микрошлифҳо намунаҳои дорои қитъаи чоркунҷа ё цилиндрӣ мувофиқ мебошанд, ки паҳлуи чоркунҷашон ё диаметрашон аз 10 то 20 мм ва баландияшон аз 10 то 30 мм интихоб карда шуда. Намунаҳо то пурра нест шудани хатҳои харошидашуда дар коғази суфтакунӣ сайқал дода мешавад, бо гузариши тадриҷӣ аз коғази абразивӣ дорои андозаи донаи абразивӣ 150–50 мкм ба коғази абразивии микронӣ (20–5 мкм).

Ҳангоми тоза карда намуна аз як коғази абразивӣ ба коғази дигар, ки донааш майдатар аст, зарур аст, ки самти суфтакунӣ ба 90° иваз карда шавад. Дастгоҳҳои махсус барои анҷом додани суфтакунии намунаҳо мебошад, ки дар онҳо коғази суфтакунӣ ба лентаҳои даврзананда ё дискҳои маҳкам карда шудааст. Анҷом додани тадқиқотҳо мувофиқи методикаҳои, ки дар корҳои [11-13] тавсиф шудаанд, .

Намунаҳои цилиндрӣ бо дарозии 5–10 мм ва диаметри 10–16 мм барои омӯзиши микросохтор رهتا шуданд. Пас аз суфтакунии намунаҳо дар маҳлули 20-фоизаи кислотаи нитратӣ дар давоми 10–20 сония безаргардонида шуданд.

Усули ченкунии сахтии ҳулаҳо. Сахтӣ тибқи усули Бринелл (ГОСТ 9012–59) бо роҳи фишурдани сақои пӯлодии дорои диаметри муайян D (2,5; 5; 10 мм) ба намунаи озмоишшаванда таҳти таъсири сарбории муайян F дар муддати вақти муайян чен карда мешавад (расми 1а). Афзалиятҳои ин усул соддагӣ, дақиқии кофӣ, талаботи нисбатан кам ба тозагии сатҳи намуна дар муқоиса бо дигар усулҳо, инчунин мавҷуд будани робитаи устувори байни қимати сахтӣ HV ва бузургии σ_b (ҳадди мустаҳкамӣ) мебошанд.



Расми 1 – Нақшаи озмоиши сахтӣ тибқи усули Бринелл (ГОСТ 9012–59) (а) ва дастгоҳи ченкунии сахтӣ MODEL HBRV-187.5D (б)

Шумораи сахтӣ тибқи Бринелл, ки бо ишораи HV ишора карда мешавад (H — ҳарфи аввали калимаи Hardness — сахтӣ; V — ҳарфи аввали номи усули муайянкунии сахтӣ Brinell), нисбати қувваи сарборӣ F ба масоҳати сатҳи изи сферии ба вучудомада S -ро ифода мекунад ва бо воҳидҳои kg/mm^2 ё MPa чен карда шуда, тибқи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$HB = \frac{P}{S} \quad (1)$$

Сахтӣ, ки тавассути диаметри сақо D ва диаметри изи ҳосилшуда d ифода мегардад, бо формулаи зерин тавсиф карда мешавад:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}. \quad (2)$$

Сахтии хӯлаҳо тибқи усули Бринелл мувофиқи методикаи стандартии дар корҳои [13–15] овардашуда бо истифода аз дастгоҳи MODEL HBRV-187.5D (расми 16) чен карда шуд. Андозаҳои намунаҳо озмоиши бо ғафсии 10 мм ва диаметри 16 мм пешниҳод гардиданд. Тадқиқот бо диаметри сақо $D = 10$ мм ва сарбории $P = 250$ кг гузаронида шуд. Озмоиш бо ғафсии зиёда аз 6 мм ва диаметри 16 мм дар намунаҳои хӯла татбиқ гардид.

Натиҷаҳои таҷрибавӣ ва муҳокимаи онҳо

Объекти тадқиқот баббита рехтагии саноатии қалъагӣ бо таркиби зерин мебошад (% массавӣ): Sb – 6 ва Cu – 11; боқимонда Sn. Барои омӯзиши микросохтор ва хосияти механикии баббита қалъагӣ Б83 як қатор хӯлаҳо бо миқдори аз 0,05 то 1,0 %-и массавӣ индий ба ҳосил карда шуданд.

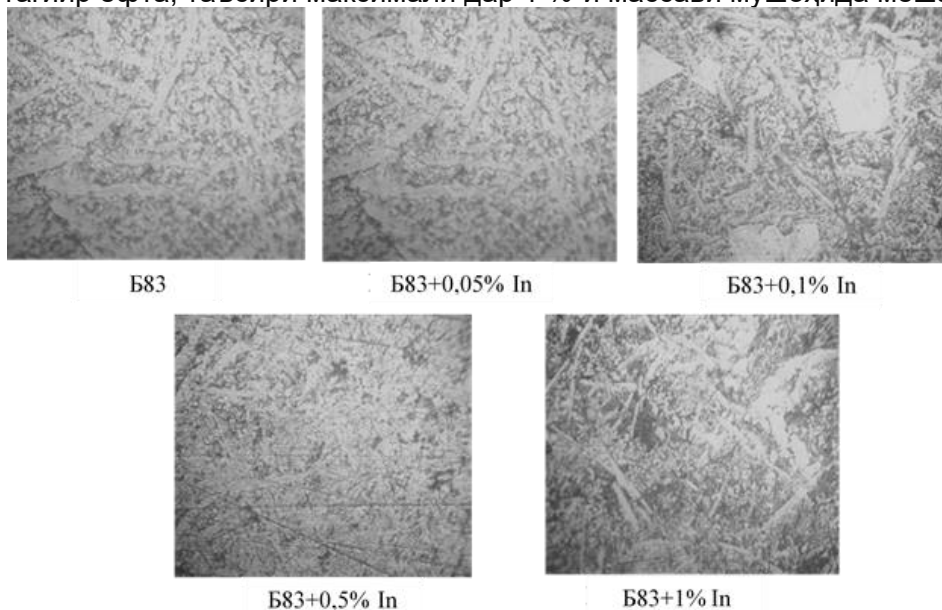
Иловаҳои индий ба майдашавии чузӯҳои сохтори баббит мусоидат менамоянд. Микросохтори баббита қалъагӣ системаи композитсиониро ташкил медиҳад, ки аз матритсаи нарми металлӣ ва дохилшавиҳои сахти интерметаллии дисперсӣ иборат аст. Матритсаи қалъагӣ пластикӣ буда, қобилияти хуби коркардашавӣ ва гузаронандагии гармиро таъмин мекунад. Дар дохили он фазаҳои эвтектикӣ ва интерметаллидҳои сурма ва мис тақсим шудаанд.

Ҳангоми кристаллизатсия аввал интерметаллидҳои ҳарорати баланд (Cu_6Sn_5 ва Cu_3Sn) бо морфологияи сӯзаншакл ба вучуд меоянд, ки нақши унсурҳои мустаҳкамкунанда доранд. Дар марҳилаҳои баъдӣ матритсаи қалъагӣ ва омехтаи эвтектикии Sn + SnSb ташаккул меёбад.

Хосиятҳои механикии баббит бевосита ба микросохтор вобастаанд. Матритсаи нарм қобилияти деформатсияи пластикӣ ва худмолишдиҳиро таъмин менамояд, дар ҳоле ки дохилшавиҳои сахт устувории фарсудашавӣ ва борбардориро зиёд мекунад.

Муайян карда шуд, ки иловаҳои индий то 1,0 %-и массавӣ ҳамчун модификатор сохторро хеле майда карда, онро якхела ва майдадонона мегардонанд. Самараноктарин таъсир ба микросохтор ба иловаи 1 %-и массавии индий рост меояд.

Ченкунии сахтӣ нишон дод, ки бо тағйирёбии микросохтор қиматҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ низ тағйир меёбанд. Аз рӯи натиҷаҳои ҳисобӣ, сахтӣ ва мустаҳкамӣ баббита Б83 бо зиёд шудани миқдори индий тағйир ёфта, таъсири максимали дар 1 %-и массавӣ мушоҳида мешавад (расми 2).



Расми 2 – Микросохторҳо ($\times 500$)-и баббита қалъагӣ Б83, ки бо индий ҷавҳаронида шудааст

Яке аз намудҳои васеъ паҳншудаи санҷишҳои механикии металлҳо ченкунии сахтӣ мебошад. Азбаски аксари муайян кардани хосиятҳои хӯлаҳо ва металлҳо бо сохтори онҳо мешаванд, ҳулосаҳои пешакӣ аз рӯи қимати сахтӣ метавон дар бораи дигар хосиятҳои механикии металл (ё хӯла)

баровард. Муайян кардани ченкунии сахтӣ имкон медиҳад, ки дар натиҷаи намудҳои гуногуни коркарди ҳароратии ҳулаҳо, дар чузъҳо бо тағйирёбии сохтор дар буриши чузъ алоқаманданд, сатҳҳои мустаҳкамшуда мавҷуданд ё не.

Барои ҳисоб намудани ҳадди мустаҳкамии маводи таҳқиқшаванда зарур аст формулаи ҳисобиро интихоб намуда, қимати коэффисиенти k -ро барои тамғаи мавод муайян кард ва бо ҷойгузин намудани қимати сахтӣ HV ба формулаи ҳисоб анҷом дод. Вобастагии тақрибии байни ҳадди мустаҳкамии металл ва сахтӣ тибқи усули Бринелл бо муодилаи зерин ифода карда мешавад:

$$\sigma_g = k \cdot HV, \text{ МПа.} \quad (3)$$

Барои ҳулаҳои қалъагӣ қимати коэффисиенти k ба 0,13 баробар аст. Арзиши ҳадди мустаҳкамии σ_g бо дарназардошти ин қимат барои ҳулаҳо аз нав ҳисоб карда шуд. Дар ҷадвал натиҷаҳои ҳисобҳо оварда шудаанд. Чунонки аз ҷадвал бармеояд, ҳангоми илова намудани индӣ то 1,0 %-и массавӣ сахтӣ ва мустаҳкамии баббита ибтидоӣ коҳиш меёбанд. Дар байни концентратсияҳои омӯхташуда, таъсири аз ҳама зиёд ба ҳосиятҳо ба иловаи 1 %-и массавии индӣ рост меояд.

Ҷадвал – Таъсири индӣ ба сахтӣ ва мустаҳкамии ҳисобии баббита оловянии Б83

Миқдори индӣ дар баббит, % массавӣ	Сахтӣ HV, кгк/мм ²	Сахтӣ, МПа	Мустаҳкамии ҳисобӣ, МПа
0,0	28,51	279,58	36,34
0,05	27,65	270,97	35,22
0,1	26,32	257,93	33,53
0,5	25,45	249,41	32,42
1,0	24,56	240,68	31,28

Хулоса

Аз натиҷаҳо маълум шуд, ки таҳлилҳои микросохторӣ, имконият медиҳанд дохилшавии ғашӣҳо, таъсири деформатсия, андоза ва самти дончаҳо, инчунин навъ ва ҷойгиршавии фазаи дуюм мушоҳида карда шаванд. Тадқиқоти муфассали микросохтори ҳулаҳо дар ҳолати рехташуда, гомогенизатсияшуда ва термкоркардашуда имкон медиҳанд таъсири пурраи таркиби фазаӣ дар ҳолати сахт ба даст оварда шавад. Микросохтори баббита қалъагӣ Б83 маҳлули сахти қалъагӣ бо дохилшавиҳои эвтектикӣ мебошад, ки миқдор ва андозаи онҳо аз таркиби унсури ҷавҳаронӣ дар ҳула вобаста аст. Ҳулаҳо бо иловаҳои нисбатан ками индӣ бо сохтори нисбатан калондона тавсиф мешаванд. Баланд бардоштани минбаъдаи миқдори унсури модификатор микросохтори баббита қалъагӣ Б83-ро майда намуда, онро яхела ва майдадона мегардонад.

Ченкунии сахтии металл яке аз муҳимтарин тадқиқотҳо ба шумор меравад, зеро он имкон медиҳад қобилияти мавод ба муқовимат ба қувваҳои деформатсионӣ арзёбӣ карда шавад. Аз хусусиятҳои сахтӣ мустақиман нишондиҳандаҳои асосии сифат, мустаҳкамии, муҳлати зиёд истифодашаванда ва хусусиятҳои гуногуни истифодаи мавод дар шароити кор вобаста мебошанд. Дар ин кор таъсири иловаҳои индӣ ба сахтӣ ва мустаҳкамии баббита қалъагӣ Б83 таҳқиқ карда шуд. Нишон дода шудааст, ки бо зиёд шудани концентратсияи унсури ҷавҳаркунанда қиматҳои сахтӣ ва мустаҳкамии баббита қалъагӣ Б83 тағйир меёбанд. Бо усули металлография исбот гардид, ки иловаҳои индӣ то 1,0 %-и массавӣ чузъҳои сохтории баббита ибтидоӣ Б83-ро ба таври назаррас майда мекунанд.

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

Адабиётҳо

1. Александров В.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. / Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение, Архангельск:
2. Северный (Арктический) Федеральный университет, 2015. – 327 с.
3. Лужникова Л.П. Материалы в машиностроении, Т. 1., Цветные металлы и сплавы, - М.: 1967. - 287 с.
4. Семенов, А.П. Антифрикционные материалы: опыт применения и перспективы / Трение и смазка в машинах и механизмах. 2007. № 12. С. 2136.
5. Королев А.А. Фазовые равновесия для Pb-Sb-Sn сплава при вакуумной дистилляции / Королев А.А., Краюхин С.А., Мальцев Г.И. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2018. № 1 (57). С. 128-140.
6. Rezaei B. Effects of casting temperature of Pb-Sb-Sn grid alloy on the polarization potential of oxygen evolution of lead acid batteries // Russian Journal of Electrochemistry. 2006. Vol. 42. № 4. pp. 350-354.
7. Ali E.A., Majeed Hameed M., Gumaan M.S., Alameri A., Alsowidy Sh.M.A.M., Al Naggar N.Q., Shalaby R.M. Effects of sb and/or Sn concentrations on the sbSn formation in a ternary melt-spun Pb-Sb-Sn alloy // Results in Materials. 2022. Vol. 16. pp. 100307.

8. ГОСТ 1320-74. Баббиты оловянные и свинцовые. / Технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001г.
9. Бешевли О.Б. Дуюн Т.А. Особенности теплового состояния баббитов при механической обработке // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №2 (85). С.75-81.
10. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1984-280с.
11. Исмонов Р. Д. Микроструктура алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 с галлием и фазовый состав продуктов их окислений // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – Т. 4. – С. 61-64.
12. Исмонов Р. Д. Микроструктура алюминиевого сплава AlBe1 с таллием и фазовый состав продуктов их окислений // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 3(63). – С. 73-75.
13. Ганиев И. Н., Хочаназаров Х. М., Саидов Ш. Х., Амонова А. В. Таъсири индий ба микроструктураи баббити сурбӣ б(PbSb15Sn10) // Илм-асоси рушди инноватсионӣ : Маводҳои конференсияи X байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи, Душанбе, 17–18 апрели 2025 года. – Душанбе: Донишгоҳи техникии тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, 2025. – С. 80-83.
14. Ганиев И.Н., Абуали Э., Валиев С.З., Хочаназаров Х.М., Сафаров Б.С. Таъсири иловаи калий ба хосиятҳои механикӣ ва микроструктураи ҳулаи алюминийи AlCu4.5Mg1 навъи дюралюминий // Маҷаллаи назариявӣ ва илмию истеҳсоли “Кишоварз”. 2024. №4 (105). С.85-89.
15. Ганиев И.Н., Элмурод А., Хочаназаров Х.М., Сафаров Б.С. Микроструктура ва хосиятҳои механикӣ ҳулаи алюминийи AlCu4.5Mg1 навъи дюралюминий бо литий чавхаронидашуда // Вестник Дангаринского государственного университета. – 2024. №3(29). С.114-125.
16. Влияние добавок лития, натрия и калия на микроструктуру и механические свойства свинцового баббита б(PbSb15Sn10) / И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Р. Д. Исмонов, У. Н. Файзуллоев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 3(67). – С. 31-36. – EDN JXXXIY.
17. Влияние титана, ванадия и необия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава AMg2 / Ф. С. Давлатзода, И. Н. Ганиев, Н. Ф. Иброхимов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 2(46). – С. 67-71. – EDN JOBETH.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ – INFORMATION ABOUT AUTHOR

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		
https://orcid.org/0000-0002-2791-6508		
TJ	RU	EN
Музафаров Хусрав Давляталиевич Унвонҷӯ	Музафаров Хусрав Давляталиевич Соискатель	Muzafarov Khusrav Davlyatalievich Applicant
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: Khusrav_8787@mail.ru		
TJ	RU	EN
Хочаназаров Хайрулло Маҳмудхонович н.и.т., и.в. дотсент	Ходжаназаров Хайрулло Маҳмудхонович к.т.н., и.о. доцента	Khojanazarov Khayrullo Mahmudkhonovich Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru		
TJ	RU	EN
Исмонов Рустам Довудович н.и.т., дотсент	Исмонов Рустам Довудович к.т.н., доцент	Ismonov Rustam Dovudovich 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		
TJ	RU	EN
Умаров Мирали Ашуралиевич н.и.т., дотсент	Умаров Мирали Ашуралиевич к.т.н., доцент	Umarov Mirali Ashuralievich 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: miraliumarovg@mail.com		