

МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

УДК: 691.75

DOI: 10.65599/ENG6057

ТАДҚИҚИ САҲТӢ ВА МУСТАҲКАМИИ ХӢЛАИ $Zn_{0.5}Al$, КИ БО СКАНДИЙ, ИТТРИЙ ВА ЭРБИЙ ЧАВҲАРОНИДАШУДА

¹У.Р. Ҷобиров, ²И.Н. Ганиев, ³З.Р. Обидов

¹Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айни

²Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Саҳтӣ ва мустаҳкамии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ ва хӯлаҳои гуногунтаркиби $Zn_{0.5}Al-Sc(Y, Er)$ дар алоҳидагӣ бо компонентҳои чавҳаронии хӯла – скандий, иттрий ва эрбий таҳқиқ карда шудааст. Афзоиш ва камшавии саҳтӣ дар ҳамаи хӯлаҳои гуногунтаркиби чавҳаронидашуда мушоҳида гардида, тағйирёбии он дар муқоиса бо саҳтии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ мусбӣ ва самаранок аниқ карда шудааст. Рафтори компонентҳои металли хӯла муайян мекунад, ки таъсири скандий ва иттрий ба баландбардории саҳтӣ ва мустаҳкамии хӯлаи аввалия нисбат ба таъсири эрбий ба ин хосиятҳои хӯла бештар аст. Иловаҳои бештарини (0.5 ва 1.0%) ин компонентҳои чавҳаронии хӯла нисбат ба иловаҳои камтарини онҳо (0.01÷0.1%) андаке пастшавии саҳтӣ ва мустаҳкамиро нишон додаанд, ки дар маҷмӯъ киматҳои амалӣ таҷрибавӣ аниқкардашудаи ин бузургӣҳо дар муқоиса бо нишондоди кимати онҳо барои хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ хеле назаррас аст.

Калидвожаҳо: хӯлаи $Zn_{0.5}Al$, чавҳаронӣ, скандий, иттрий, эрбий, таҳқиқи саҳтӣ, методи Бринелл, муайянкунии мустаҳкамӣ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЁРДОСТИ И ПРОЧНОСТИ СПЛАВА $Zn_{0.5}Al$, ЛЕГИРОВАННОГО СКАНДИЕМ, ИТТРИЕМ И ЭРБИЕМ

У.Р. Джобиров, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов

Исследованы твёрдость и прочность сплава $Zn_{0.5}Al$ и разноставных сплавов $Zn_{0.5}Al-Sc(Y, Er)$ в отдельности с легирующими компонентами сплава – скандий, иттрий и эрбий. Во всех легированных разноставных сплавах наблюдалось рост и понижение твёрдости, причем её изменение было положительно и эффективно установлено по сравнению с твёрдостью сплава $Zn_{0.5}Al$. Поведение металлических компонентов сплава определяет, что влияние скандия и иттрия на повышение твёрдости и прочности основного сплава больше, чем влияние эрбия на эти свойства сплава. Наибольшие добавки (0.5 и 1.0%) этих легирующих компонентов показали незначительное снижение твёрдости и прочности по сравнению с наименьшими добавками (0.01÷0.1%), что по совокупности экспериментально установленные значения этих величин значительно выше, чем их значения для сплава $Zn_{0.5}Al$.

Ключевые слова: сплав $Zn_{0.5}Al$, легирование, скандий, иттрий, эрбий, исследование твёрдости, метод Бринелля, определение прочности.

RESEARCH OF HARDNESS AND STRENGTH OF $Zn_{0.5}Al$ ALLOY, DOPED WITH SCANDIUM, YTTRIUM AND ERBIUM

U.R. Jobirov, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov

The hardness and strength of $Zn_{0.5}Al$ alloy and $Zn_{0.5}Al-Sc(Y, Er)$ alloys with different compositions were studied separately, using the alloying components scandium, yttrium, and erbium. All alloys with different compositions exhibited increases and decreases in hardness, with the change being positively and effectively determined compared to the hardness of $Zn_{0.5}Al$ alloy. The behavior of the metallic components of the alloy determines that the influence of scandium and yttrium on increasing the hardness and strength of the base alloy is greater than the influence of erbium on these properties of the alloy. The largest additions (0.5 and 1.0%) of these alloying components showed a slight decrease in hardness and strength compared to the smallest additions (0.01÷0.1%), which means that, taken together, the experimentally established values of these quantities are significantly higher than their values for the $Zn_{0.5}Al$ alloy.

Keywords: $Zn_{0.5}Al$ alloy, doping, scandium, yttrium, erbium, hardness research, Brinell method, strength determination.

Муқаддима

Дар айни замон маълумоти таҷрибавӣ оид ба сохтори металлӣ ва хосиятҳои хӯлаҳои гуногуншакл чамъоварӣ шуда, қонуниятҳои барои амалия муҳимми таъсири таркиби химиявӣ ва сохтор ба хосиятҳои гуногуни хӯлаҳои металлӣ, инчунин қонуниятҳои тағйирёбии сохтор ва хосиятҳои хӯлаҳои бисёркомпонента ҳангоми таъсири ҳароратӣ ва механикӣ аниқ карда шудааст [1-4]. Ба мисоли хӯлаҳои металлӣ, ки дар амалияи рӯйпушҳои муҳофизатии пӯлоди карбондор истифода мешаванд, хӯлаҳои руҳ, алюминий ва руҳ-алюминий навъҳои гуногун тааллуқ доранд [5-13, 19].

Соҳаҳои гуногуни техникаи муосир нисбат ба бозътимодии маснуот, пайгириона ва ба сифати хӯлаҳои металлӣ, аз ҷумла ба чунин хосиятҳои онҳо, ҳамчун сахтӣ ва мустаҳкамӣ талаботҳои мушаххасро тақозо менамоянд. Яке аз муҳимтарин вазифаҳои истеҳсолоти технологӣ, ки аз ҳалли муваффақонаи он то андозае пешрафти минбаъдаи техникаи муосир вобаста аст, ин беҳбудкунии сахтӣ ва мустаҳкамӣ хӯлаҳои металлӣ мебошад. Бояд қайд кард, ки захираҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ хӯлаҳои металлӣ то имрӯз ҳанӯз дар дараҷаи хеле кам истифода мешаванд. Мафҳуми ба истилоҳ «назариявӣ»-и сахтӣ ё мустаҳкамӣ, ки барои хӯлаҳои металлӣ дорои панҷараи идеалии кристаллӣ буда ҳисоб карда шудаанд, дар онҳо ҳамаи атомҳо ҳамзамон таъсири сарбориҳои татбиқшударо қабул мекунанд, аз сахтӣ ё мустаҳкамӣ воқеии «амалӣ» чандин маротиба зиёдтар мебошанд. Пайдо шудани номукамалӣ ё нопуррагиҳо (ҷойгир ва бечошавиҳо, ҷойҳои холӣ ва ғайра) дар панҷараи кристаллӣ боиси яқбора коҳишёбии бузургиҳои сахтӣ ё мустаҳкамӣ назариявӣ мегарданд. Афзоиши сахтӣ ва мустаҳкамӣ хӯлаҳои металлӣ аз зиёдшавии миқдори номукамалӣ ё нопуррагиҳо дар панҷараи кристаллии онҳо вобаста аст [2, 3].

Таҳқиқи сахтӣ ин дастрастарин ва паҳншудатарин методи санҷишҳои механикии хӯлаҳои металлӣ буда, ҳам барои мақсадҳои илмӣ-таҳқиқотӣ ва ҳам ҳамчун воситаи назорат дар бисёр соҳаҳои саноат истифода мешавад. Эҳтимол, ягон методи дигари санҷишҳои механикӣ ба мисли ин метод дар амалияи корхонавӣ то ин дараҷа васеъ истифода нашудааст. Ин бо соддагӣ ва босуръат гузаронидани таҳқиқот шарҳ дода мешавад, ки имконият медиҳад барои баъзе намудҳои маснуот аз хӯлаҳои металлӣ назорати садфоиза амалӣ карда шавад; дар фарқият аз бисёр таҳқиқоти дигар, таҳқиқи сахтӣ ин методи вайроннашавандаи санҷишҳои механикӣ мебошад. Дар бисёр ҳолатҳо маълумот оид ба хусусиятҳои механикии хӯлаҳои металлӣ умуман бо ягон методи дигар ғайримкон аст, ба истиснои методи ченкунии сахтӣ, ки онро метавон бо ёрии дастгоҳи сайёр амалӣ намуд. Дар корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ мавқеи будани ин метод имкони баҳодиҳии хосиятҳои қабатҳои тунуки сатҳӣ ё чузъҳои алоҳидаи сохториро таъмин менамояд. Дар мутобиқат бо ингуна вазифаҳо низ методи ченкунии сахтӣ ивазнашаванда аст [1-4].

Методҳои муайянкунии хосиятҳои механикӣ (ки шумораи онҳо тақрибан 80-то маълум аст) тайёркуни ва санҷидани намунаҳоро аз хӯлаи металлӣ пешбинӣ намуда, бо пурра ё қисман вайроншавии намунаи таҳқиқшаванда алоқаманд аст. Гуногуншаклии усулҳои таҳқиқи сахтӣ яке аз сабабҳои мавҷуд набудани таърифи ягонаи ҳуди мафҳуми «сахтӣ» мебошад. Дар ҳақиқат, вобаста аз хусусияти сарборӣ ҳангоми таҳқиқи сахтӣ, хӯлаи металлӣ метавонад танҳо бо шаклгирии чандирӣ, ё қайшӣ-ёзандагӣ, ё шаклгирии чандирӣ-ёзандагӣ ва вайроншавиро таҷриба намояд. Дар ҳар як ҳолат ҳангоми таҳқиқи сахтӣ хосиятҳои гуногуни хӯлаҳои металлӣ зоҳир мегарданд. Ягона хусусият, ки методҳои гуногуни ченкунии сахтиро муттаҳид мекунад, ин хусусияти васлии татбиқи сарборӣ мебошад, ки ба маънои физикии сахтӣ мувофиқат мекунад [14-17].

Мавод ва усули таҳқиқот

Таҳқиқоти бузургиҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ хӯлаҳои гуногунтаркиб дар ҳолати бо таъсири физикавӣ ва механикӣ вайроншавии онҳо, инчунин дар интиҳобкунии маводди конструксионӣ, азнавкоркардкунии равандҳои технологӣ ва муайянкунии навъҳои гуногуни онҳо бевосита нақши муҳим мебозад. Аз ин сабаб, ба тавсифи таъсири элементҳои таркибӣ ба сохтор, сахтӣ мушаххамӣ хӯлаҳо ва муайянкунии қонуниятҳои тағйирёбии ин бузургиҳои механикии асосӣ дар хӯлаҳои гуногунтаркиб аҳамияти махсус дода мешавад. Ин имконият медиҳад, ки хусусиятҳои сохтори хӯлаҳои анодӣ ва конструксионӣ, ки мустақиман ба мустаҳкамӣ он таъсир мерасонанд, таҷрибавӣ аниқ карда шаванд.

Ҳангоми таҳқиқи сахтӣ ба намунаи хӯлаи металлӣ зери таъсири сарбории муайяншуда бо лавозимоти сахти пӯлодӣ фишор дода шуда, қимати сахтӣ аз рӯи андозаи изи намудоршуда муайян карда мешавад. Ҳамин тавр, таҳқиқи тағйирёбии қиматҳои сахтии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ ва хӯлаҳои дар алоҳидагӣ бо 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 ва 1% ҷавҳаронидашудаи скандий, иттрий ва эрбий бо андозаҳои 10×16 мм дар дастгоҳи сахтисанҷи ТШ-2 анҷом дода шуд [16-18]. Таҳқиқи сахтӣ бо методи Бринелл мутобиқ ба ГОСТ 9012–59 ҳангоми фишордиҳии намунаҳои гуногуни хӯлаҳо бо лавозимоти курашакли сахти пӯлодӣ андозаи диаметраш 10 мм (D) зери таъсири қувваи сарбориаш баробар ба 250 кг (P) амалӣ карда шуда, пас аз гирифтани сарбории вазнӣ, диаметри (d) изи дар намунаҳои

гуногуни хӯлаҳо намудоршуда санчида шуд. Қиматҳои сахтӣ барои ҳар як намунаҳои хӯла бо методи Бринелл (HB , кгс/мм² ё МПа) мутобиқи ин муодила ҳисоб карда шуд:

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

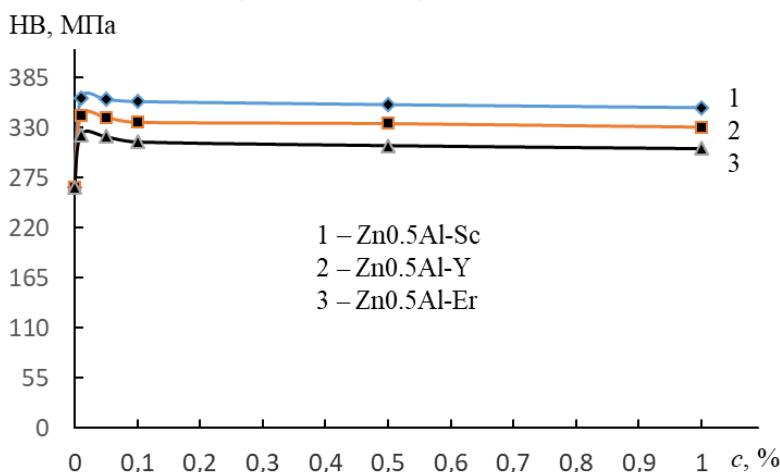
Бо дарназардошти он, ки вобастагии миқдори байни тағйирёбии хусусиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ мавҷуд аст, бо истифодабарӣ аз вобастагии эмпирикӣ ва қиматҳои амалан таҷрибавӣ аниққардашудаи сахтӣ хусусияти тағйирёбии мустаҳкамии хӯлаҳои мазкури таҳқиқшавада бо ин муодила ҳисоб карда шуд:

$$\sigma = kHB.$$

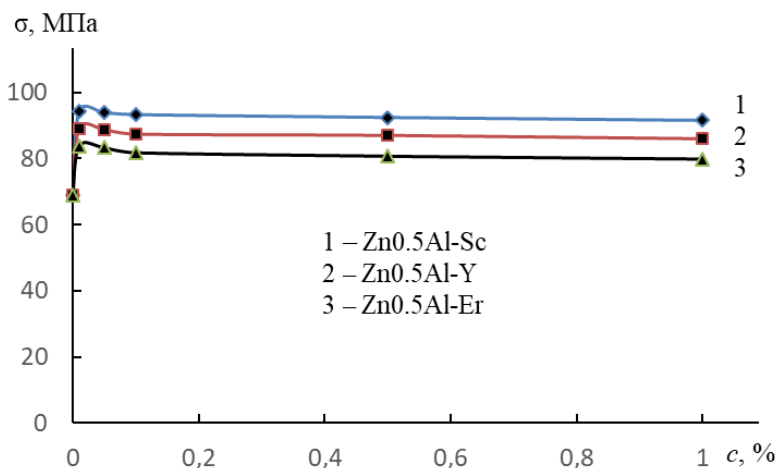
дар ин ҷо HB – сахтӣ аз рӯи Бринелл; k – зариф, ки аз таркиб ва сохтори хӯла вобаста аст.

Натиҷаҳои таҳқиқот ва муҳокима

Аз натиҷаҳои таҳқиқи сахтии хӯлаҳои $Zn_{0.5}Al$ ва $Zn_{0.5}Al-Sc(Y, Er)$ бармеояд, ки ҳангоми ҷавҳаронии хӯлаи аввалия бо миқдорҳои гуногуни Sc , Y ва Er тобоварии сахтии хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда ба самти зиёдшавии он мутобиқат мекунад. Афзоиш ва камшавии сахтӣ дар ҳамаи хӯлаҳои гуногунтаркиби ҷавҳаронидашуда дида мешавад, ки тағйирёбии он дар муқоиса бо сахтии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ мусбӣ асоснок карда мешавад. Инчунин таъсири самараноки миқдорҳои камтарини (то 0.1%-и вазн) Sc , Y ва Er ба бештар баландбардории сахтии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ мушоҳида мегардад. Хусусияти мусбӣ тағйирёбии мустаҳкамии хӯлаҳо низ ҳангоми муқоисакунӣ бартарии он сараввал дар хӯлаҳои скандийдошта нисбат ба хӯлаҳои иттрийдошта ва баъдан дар хӯлаҳои эрбийдошта инъикос меёбад, ки дар ниҳоят баландшавии мустаҳкамии хӯлаи аввалияро ифода мекунад (расмҳои 1, 2).



Расми 1 – Сахтии (HB , МПа) хӯлаи $Zn_{0.5}Al$, ки скандий, иттрий ва эрбий (c ,%) дорад



Расми 2 – Мустаҳкамии (σ , МПа) хӯлаи $Zn_{0.5}Al$, ки скандий, иттрий ва эрбий (c ,%) дорад

Тағйирёбии қиматҳои амалан таҷрибавии бузургиҳои сахтӣ ва мустаҳкамии хӯлаҳои Zn0.5Al ва Zn0.5Al-Sc(Y, Er) тибқи натиҷагирӣ аз 265.02 ва 68.90 МПа то 363.03 ва 94.39 МПа барои хӯлаҳои Zn0.5Al-Sc, то 343.00 ва 89.18 МПа барои хӯлаҳои Zn0.5Al-Y, то 322.58 ва 83.87 МПа барои хӯлаҳои Zn0.5Al-Er, мутаносибан мушоҳида карда мешавад. Баландшавии сахтӣ ва мустаҳкамӣ аз компонентҳои таркибӣ ва концентратсияҳои онҳо дар хӯлаҳои дучанда ва сечанда вобаста аст. Дар ҳамагуна ҳолатҳои гуногунтаркибии хӯлаҳо, баландшавии сахтӣ ва мустаҳкамӣ аниқ карда шудааст, ки афзоиши қиматҳои ин бузургиҳо ба хӯлаҳои бо скандий, иттрий ва эрбий чавҳаронидашудаи Zn0.5Al тааллуқ доранд. Ҳамчун компонентҳои чавҳаронии хӯла, таъсири скандий ва иттрий ба баландбардории сахтӣ ва мустаҳкамии хӯлаи аввалия нисбат ба таъсири эрбий ба ин хосиятҳои хӯла бештар аст. Иловаҳои бештарини (0.5 ва 1.0%) ин компонентҳои чавҳаронии хӯла нисбат ба иловаҳои камтарини онҳо (0.01÷0.1%) андаке пастшавии сахтӣ ва мустаҳкамии нишон медиҳанд, ки дар умум қиматҳои амалан таҷрибавӣ аниққардашудаи ин бузургиҳо нисбат ба нишондоди қимати онҳо барои хӯлаи Zn0.5Al хеле назаррас аст (ҷадвал).

Ҷадвал – Тағйирёбии бузургиҳои сахтӣ ва мустаҳкамии хӯлаҳои Zn0.5Al ва Zn0.5Al-Sc(Y, Er)

Таркиби хӯлаҳо, %-и вазнӣ	Сахтӣ НВ, МПа	Мустаҳкамӣ, МПа
Zn0.5Al(1)	265.02	68.90
(1)+0.01Sc	363.03	94.39
(1)+0.05Sc	361.08	93.88
(1)+0.1Sc	358.87	93.31
(1)+0.5Sc	355.53	92.44
(1)+1.0Sc	352.11	91.55
(1)+0.01Y	343.00	89.18
(1)+0.05Y	341.44	88.77
(1)+0.1Y	336.17	87.40
(1)+0.5Y	334.62	87.00
(1)+1.0Y	330.77	86.00
(1)+0.01Er	322.58	83.87
(1)+0.05Er	320.33	83.28
(1)+0.1Er	314.51	81.77
(1)+0.5Er	310.45	80.72
(1)+1.0Er	307.12	79.85

Хулоса

Хӯлаҳои, ки бо компоненти сеюм, яъне скандий, иттрий ва эрбий дар алоҳидагӣ бо миқдорҳои гуногун (аз 0.01 то 1.0%) чавҳаронида шудааст, нисбат ба хӯлаи Zn0.5Al сахтӣ ва мустаҳкамии баландтар доранд, ки ин ба аҳамияти чавҳаронӣ ва ташаккули сохтори мустаҳками хӯлаҳо вобаста аст. Байни сахтӣ ва мустаҳкамӣ чунин қонуниятҳои тағйирёбии вобастагии онҳо мушоҳида карда шудааст: афзоиши сахтӣ ба баландбардории мустаҳкамии хӯлаҳо оварда мерасонад. Қонуниятҳои тағйирёбии вобастагии ин бузургиҳои механикӣ бо пайдоиши фазаҳои мустаҳкамкунанда дар хӯлаҳо, ки ҳаракати номукамалӣ ё нопуррагиҳо дар панҷараи кристаллӣ маҳдуд мекунанд, шарҳ дода мешавад.

Ҳамин тавр, баландшавии сахтӣ бевосита ба афзоиши мустаҳкамии хӯлаҳои таҳқиқшуда ва қобилияти он барои тобоварӣ ба сарбориҳои вазнӣ ва механикӣ мусоидат мекунанд. Хусусиятҳои мустаҳкамии ин хӯлаҳо барои истифодабарӣ дар шароити шиддатҳои миёна кофӣ буда, тобоварии шакли маснуотро ҳангоми истифодабарӣ таъмин менамоянд. Дар маҷмӯъ, хӯлаҳои Zn0.5Al-Sc, Zn0.5Al-Y ва Zn0.5Al-Er сахтӣ ва мустаҳкамии хеле беҳтарро доранд, ки истифодаи самараноки онҳоро, ҳамчун рӯйпушҳои муҳофизатӣ, дар маснуоти пӯлодӣ, конструксионӣ ва ба фарсудадашавӣ тобовар имконпазир мегардонад.

Муқаррир: Алиҳонова С.Ҷ. – н.и.ҳ., дотсенти Донишгоҳи (Славянии) Русияву Тоҷикистон.

Адабиёт

1. Лахтин, Ю.М. Материаловедение /Ю.М. Лахтин.– М.: Машиностроение, 1993. – 448 с.
2. Кнорозов, Б.В. Технология металлов и материаловедение / Б.В. Кнорозов, Л.Ф. Усова, А.В. Третьякова и др. – М.: Металлургия, 1987. – 800 с.
3. Бернштейн, М.Л. Механические свойства металлов / М.Л. Бернштейн, В.А. Займовский. – М.: Металлургия, 1979. – 496 с.
4. Фетисов, Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин, В.С. Гаврилкж, В.С. Соколов и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 638 с.

5. Кечин, В.А. Цинковые сплавы / В.А. Кечин, Е.Я. Люблинский. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
6. Обидов, З.Р. Физикохимия цинк-алюминиевых сплавов с редкоземельными металлами / З.Р. Обидов, И.Н. Ганиев. – Душанбе: Андалеб-Р, 2015. – 334 с.
7. Obidov, Z.R. High temperature and electrochemical corrosion of Zn0.5Al alloy doped with calcium in various media / Obidov Z.R., Amini R., Nazarov O.N., Dzhayloev Ja.Kh., Ganiev I.N., Usmanov R. // ChemChemTech. – 2020. – V. 63. – №. 11. – P. 29-36.
8. Обидов, З.Р. Анодное поведение и окисление сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных барием / З.Р. Обидов // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2015. – № 31 (57). – С. 51-54.
9. Олимов, Н.С. Окисление сплавов системы Al-Ge в жидком состоянии / Н.С. Олимов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, М.Ч. Ширинов // Расплавы. – 2015. - № 4. – С. 19-26.
10. Ҳамроқул, Ф. Таъсири неодим ба кинетикаи оксидшавии ҳулаи Zn0.5Al / Ф. Ҳамроқул, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Паёми политехникӣ. Бахши таҳқиқотҳои муҳандисӣ. ДТТ. – 2025. – № 3 (71). – С. 54-58.
11. Обидов, З.Р. Анодные защитные цинк-алюминиевые покрытия с элементами II группы / З.Р. Обидов, И.Н. Ганиев. – Изд. дом: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2012. – 288 с.
12. Обидов, З.Р. Анодное поведение и окисление сплава Al+2.18% Fe, легированного таллием / З.Р. Обидов, И.Н. Ганиев // Журнал прикладной химии. – 2012. – Т. 85. – № 11. – С. 1781-1784.
13. Ганиев, И.Н. Влияние галлия на потенциал коррозии цинка, в среде электролита NaCl / И.Н. Ганиев, Г.М. Атоев, Р.Д. Исмонов, П.Н. Абдухоликова, М.А. Умаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. - №2(70). – С. 79-83.
14. Григорович, В.К. Твердость и микротвердость металлов / В.К. Григорович. – М.: Наука, 1976. – 230 с.
15. Фирузи, Ҳ. Тадқиқи ҳосиятҳои механикӣ ҳулаи Zn0.5Al, ки бо серий, празеодим ва неодим ҷавхаронидашуда / Ҳ. Фирузи, И. Н. Ганиев, З. Р. Обидов // Паёми политехникӣ. Бахши: Таҳқиқоти муҳандисӣ. – 2025. – No. 3(71). – P. 59-63. – EDN XHGMKW.
16. Золоторевский, В.С. Механические свойства металлов / В.С. Золоторевский. – М.: МИСИС, 1998. – 400 с.
17. Марковец, М.П. Определение механических свойств металлов по твердости / М.П. Марковец. – М.: Машиностроение, 1979. – 191 с.
18. Гудков, А.А. Методы измерения твердости металлов и сплавов / А.А. Гудков, Ю.И. Славский. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
19. Влияние титана, ванадия и неодима на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АМг2 / Ф. С. Давлатзода, И. Н. Ганиев, Н. Ф. Иброхимов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 2(46). – С. 67-71. – EDN JOBДТН.

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

TJ	RU	EN
Чобиров Умед Рустамович докторант PhD	Джобиров Умед Рустамович PhD докторант	Jobirov Umed Rustamovich PhD doctoral student
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни	Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни	Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni
E-mail: firuzih@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович Академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, профессор	Ганиев Изатулло Наврузович Академик Национальной академии наук Таджикистана, доктор химических наук, профессор	Ganiev Izatullo Navruzovich Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: ganiev48@mail.ru		
TJ	RU	EN
Обидов Зиёдулло Раҳматович Доктори илмҳои химия, профессор	Обидов Зиёдулло Раҳматович Доктор химических наук, профессор	Obidov Ziyodullo Rahmatovich Doctor of Chemical Sciences, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: obidovzr@gmail.com		
https://orcid.org/0000-0001-9289-8265		