

УДК 691.75

ТАДҚИҚИ ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ХҶЛАИ $Zn_{0.5}Al$, КИ БО СЕРИЙ, ПРАЗЕОДИМ ВА НЕОДИМ ЧАВҲАРОНИДАШУДА

¹Фирузи Ҳамроқул, ²И.Н. Ганиев, ³З.Р. Обидов

¹Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣи Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни

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

Тадқиқи хосиятҳои механикии ҳулаи $Zn_{0.5}Al$, ки дар алоҳидагӣ бо иловаҳои гуногуни серия, празеодим ва неодим чавҳаронидашуда, гузаронида шудааст. Иловаҳои чавҳаронии элементҳои зергурӯҳи серия дар ҳудуди консентратсияҳои тадқиқшуда ($0.01 \div 1.0\%$ -и вазнӣ) хосиятҳои механикӣ, бахусус сахтӣ ва мустаҳкамӣ ҳулаи $Zn_{0.5}Al$ -ро афзоиш медиҳанд. Махсусан, иловаҳои камтарини ($0.01 \div 0.1\%$) Ce, Pr ва Nd ба хусусиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ ҳулаи дучандаи $Zn_{0.5}Al$ таъсири мусбӣ мерасонанд. Иловаҳои бештарини (беш аз 0.1%) ин металлҳо дар ҳула каме хосиятҳои механикии онро коҳиш медиҳад, ки дар нихоят хусусиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ ҳулаи дучандаи $Zn_{0.5}Al$ мусбӣ тағйир меёбад. Консентратсияҳои муносиби таркиби ҳулаҳо муайян карда шудааст. Зиддшавии назарраси сахтӣ ва мустаҳкамӣ ҳулаҳо бо серия, нисбат ба ҳулаҳо бо празеодим ва неодим аниқ карда шудааст.

Калидвожаҳо: ҳулаи $Zn_{0.5}Al$, элементҳои чавҳаронӣ, серия, празеодим, неодим, хосиятҳои механикӣ, методи Бринелл, сахтӣ, мустаҳкамӣ.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА $Zn_{0.5}Al$, ЛЕГИРОВАННОГО ЦЕРИЕМ, ПРАЗЕОДИМОМ И НЕОДИМОМ

Фирузи Ҳамроқул, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов

Проведено исследование механических свойств сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного по отдельности различными добавками церия, празеодима и неодима. Легирующих добавок элементов цериевой подгруппы в исследованном диапазоне концентраций ($0.01 \div 1.0\%$ по массе) повышают механические свойства, в частности твердость и прочность сплава $Zn_{0.5}Al$. Особенно, небольшие добавки ($0.01 \div 0.1\%$) Ce, Pr и Nd оказывают положительное влияние на твердость и прочностные свойства бинарного сплава $Zn_{0.5}Al$. Более крупные добавки (более 0.1%) этих металлов в сплав несколько снижают его механические свойства, что в итоге положительно изменяет твердость и прочностные характеристики бинарного сплава $Zn_{0.5}Al$. Определены соответствующие концентрации компонентов сплава. Установлены значительное повышение твердости и прочности сплавов с церием по сравнению со сплавами с празеодимом и неодимом.

Ключевые слова: сплав $Zn_{0.5}Al$, легирующие элементы, церий, празеодим, неодим, механические свойства, метод Бринелля, твердость, прочность.

RESEARCH OF MECHANICAL PROPERTIES OF $Zn_{0.5}Al$ ALLOY, DOPED WITH CERIUM, PRASEODYMIUM AND NEODYMIUM

Firuzi Hamroqul, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov

A study was conducted of the mechanical properties of the $Zn_{0.5}Al$ alloy, alloyed separately with various additives of cerium, praseodymium and neodymium. Alloying additives of cerium subgroup elements in the studied concentration range ($0.01 \div 1.0\%$ by weight) increase the mechanical properties, in particular the hardness and strength of the $Zn_{0.5}Al$ alloy. Especially, small additions ($0.01 \div 0.1\%$) of Ce, Pr and Nd have a positive effect on the hardness and strength properties of the binary alloy $Zn_{0.5}Al$. Larger additions (more than 0.1%) of these metals to the alloy somewhat reduce its mechanical properties, which ultimately positively changes the hardness and strength characteristics of the binary alloy $Zn_{0.5}Al$. The corresponding concentrations of alloy components have been determined. A significant increase in the hardness and strength of alloys with cerium compared to alloys with praseodymium and neodymium has been established.

Keywords: $Zn_{0.5}Al$ alloy, alloying elements, cerium, praseodymium, neodymium, mechanical properties, Brinell method, hardness, strength.

Муқаддима

Коркарди ҳулаҳои нави руҳ ҳамчун рӯйпӯшҳои зиддикоррозиони маснуоти пулодӣ ва конструксионӣ ва омӯзиши хосиятҳои гуногуни онҳо аҳамияти махсусро дар соҳаҳои гуногуни саноатӣ зоҳир намудааст. Гуногунии хосиятҳои ҳулаҳои руҳ-алюминий яке аз омилҳои асосӣ аст, ки васеъ истифодашавии онҳоро дар техника муайян мекунад. Ҳулаҳо дорои хосиятҳои гуногун мебошанд, ки ҳар кадоми онҳо ба хусусиятҳои компонентҳои таркибӣ вобастаанд. Хосиятҳои асосии ин ҳулаҳоро хосиятҳои физикавӣ, химиявӣ, механикӣ, технологӣ ва махсус ташкил медиҳанд [1-5]. Дар байни хосиятҳои механикӣ, сахтӣ ва мустаҳкамӣ қойи махсусро ишғол мекунад. Таҳқиқи хосиятҳои мустаҳкамӣ ва вайроншавии ҳулаҳо на танҳо аз ҷиҳати таъмини мустаҳкамӣ, боэътимодӣ ва дарозумрии маснуот, балки инчунин аз ҷиҳати технологӣ аҳамияти бузург дорад. Бинобар ин, зери таъсири сарбориҳои гарон шикаста шудан ё нашудани маснуотро маҳз мустаҳкамӣ муайян мекунад. Ин бо он вобаста аст, ки бисёре аз амалҳои шаклдиҳӣ ва таҳкими қисмҳо, ки ба хориҷ намудани қабати мавод марбутанд, дар асл, раванди вайронсозии идорашавандаи технологӣ буда, мувофиқи речаи муайян иҷро мешаванд [6, 7].

Дар ҷараёни истеҳсоли маснуот, металл ё ҳула ба коркарди технологии гуногун – механикӣ, ҳароратӣ ва ғайра – дучор мешавад, ки дар натиҷаи он сохт ва хосиятҳои механикии он тағйир меёбад. Аз ин рӯ, назорати хосиятҳои механикӣ дар марҳилаҳои гуногуни истеҳсоли маснуот хеле зарур аст. Ҳангоми истифодаи маснуот зери таъсири омилҳои гуногун – ҳарорати баланд ё паст, фишор, муҳити агресивӣ ва ғайра – сохт ва

хосиятҳои механикии он тағйир меёбанд, ки бо гузашти вақт боиси коҳиши хосиятҳо ва ҳатто вайроншавии металл мешаванд. Зеро маснуот ва конструксияҳо дар саноати мошинсозӣ, сохтмон ва ғайраҳо васеъ истифода мешаванд. Ин зарурати назорати даврии хосиятҳои механикиро ба миён меорад, то ки чузҳои осебпазир дар қисмҳо ва конструксияҳо муайян карда шуда, аз садамаҳо пешгирӣ карда шавад [8, 9].

Хосиятҳои механикии ҳулаҳо асосан ҳангоми таъсири қувваи беруна ё сарборӣ дар натиҷаи санҷишҳо муайян карда мешаванд. Дар натиҷаи чунин санҷишҳо нишондиҳандаҳои миқдории хосиятҳои механикӣ муайян карда мешаванд. Ин нишондиҳандаҳо барои интиҳоби мавод ва реҷаҳои коркарди технологияи онҳо, ҳисобкуниҳои устувории чузҳо ва конструксияҳо, инчунин назорат ва ташҳиси ҳолати устувории онҳо дар қараёни истифода заруранд. Назорати хосиятҳои механикӣ аллакай дар марҳилаи истеҳсоли металл ё ҳулаҳои он дар корхонаҳои металлургӣ оғоз меёбад. Вақте, ки ҳула ё маснуот ба истеъмолкунанда, масалан ба корхонаи мошинсозӣ мерасад, он вобаста ба сатҳи нишондиҳандаҳои хосиятҳои механикӣ барои истеҳсоли ин ё он маснуот бо назардошти шароити истифодааш интиҳоб карда мешавад. Бинобар ин, гуногунии шароити истифодаи маснуот зарурати гузаронидани шумораи зиёди санҷишҳои механикиро ба вуҷуд меорад. Бо вуҷуди ин, нишондиҳандаҳои асосии зерин имкон медиҳанд, ки навъҳои санҷишҳои механикӣ: усули сарборӣ (кашиш, фишурдашавӣ, ҳамиш, тобиш, буриш, борбардорӣ такрорӣ ва ғайра); суръати сарборӣ (статикӣ, динамикӣ) ва давомнокии раванди санҷиш (кӯтоҳмуддат, дарозмуддат) муайян карда шаванд. Ҳамчунин нишонаҳои дигари гурӯҳбандӣ низ мавҷуданд, ки бо мураккабии ҳолати шиддати деформатсия, реҷаҳои сарборӣ, навъҳои намунаҳо ва муҳити агрессивӣ тавсиф меёбанд. Дар натиҷаи санҷишҳои механикии мавод хосиятҳои чандирӣ (қобилияти барқароршавӣ), тобовариҳо ба ҳарорати баланд, сармо ва ба шикаст, зичӣ, фасурдашавӣ, сахтӣ ва мустаҳкамӣ муайян карда мешаванд.

Мавод ва усули тадқиқот

Тадқиқи хусусиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаҳо ва механизми физикавии вайроншавии онҳо на танҳо барои интиҳоби маводди конструксионӣ, балки ҳангоми коркарди равандҳои технологияи коркарди мавод ва муайянкунии намудҳо ва хусусиятҳои техникии таҷҳизоти технологияи истифодашаванда низ ниҳоят зарур аст. Аз ин сабаб, дар ин бахш ба тавсифи элементҳои таркибии ин сохтор ва омӯзиши масъалаҳои вобаста ба қонуниятҳои ташаккули он дар ҳулаҳо аҳамияти махсус дода мешавад. Ин имконият медиҳад, ки хусусиятҳои сохтори ҳулаҳои анодӣ ва конструксионӣ, ки мустақиман ба мустаҳкамии он таъсир мерасонанд, таҷрибавӣ аниқ карда шаванд.

Сахтӣ – ин қобилияти муқовимати мавод ба деформатсияи контактӣ ё шикастпазирӣ ҳангоми фурумадани индентор ба рӯи он мебошад. Санҷишҳои сахтӣ аз ҷумлаи дастрастарин ва васеътарин навъи санҷишҳои механикӣ буда, бо усулҳои гуногун, махсусан бо усули Бринелл таҳқиқ ва муайян карда мешаванд. Тадқиқи хосияти сахтии намунаҳои ҳулаи Zn0.5Al ва ҳулаҳои бо серияи, празеодим ва неодим ҷавҳаронидашударо бо шакли андозаҳои стандартӣ (10×16 мм) дар дастгоҳҳои сахтисанҷ ТШ-2 гузаронида шуд [10]. Санҷиши сахтӣ бо усули Бринелл (ГОСТ 9012–59) зимни пахшкунӣ намунаҳои ҳула бо курашакли пулодии диаметраш D (10 мм) зери таъсири қувваи сарбориаш P (250 кг) амалӣ карда шуда, пас аз бардошти бор, қутри изи боқимонда d чен карда шуд. Қимати сахтӣ бо усули Бринелл (НВ, кгс/мм² ё МПа) тибқи муодилаи зерин ҳисоб карда шуд:

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

Дар байни сахтии ҳулаҳо, ки бо усули пахшкунӣ ва дигар хосиятҳои механикӣ (асосан мустаҳкамӣ) муайян карда мешавад, вобастагии миқдорӣ вуҷуд дорад. Бинобар ин, бо истифода аз вобастагии эмпирӣ ва қиматҳои бо ченкунӣ муайянкардашудаи сахтии ҳулаҳо хосияти мустаҳкамии намунаҳои ҳулаи Zn0.5Al ва ҳулаҳои бо серияи, празеодим ва неодим ҷавҳаронидашуда бо муодилаи зерин ҳисоб карда шуд:

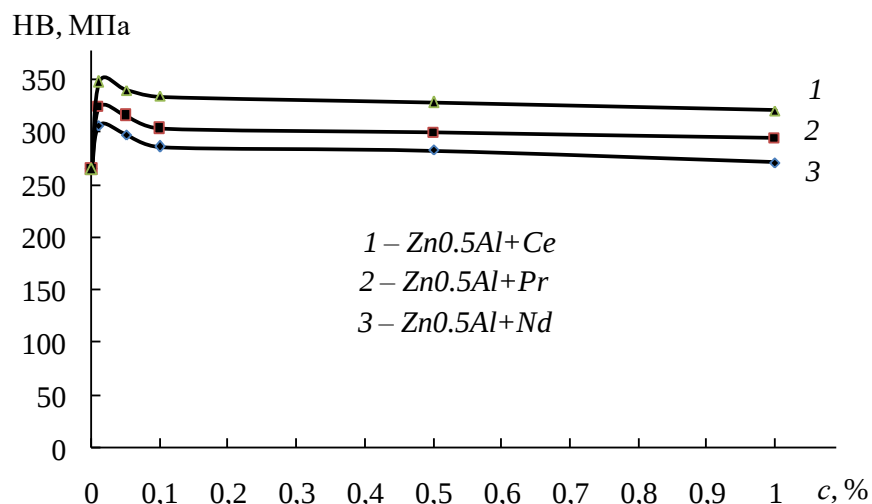
$$\sigma = kHB.$$

дар ин ҷо HB – сахтӣ аз рӯи Бринелл; k – зариб, ки аз хусусият ва ҳолати сохтори ҳула вобаста аст.

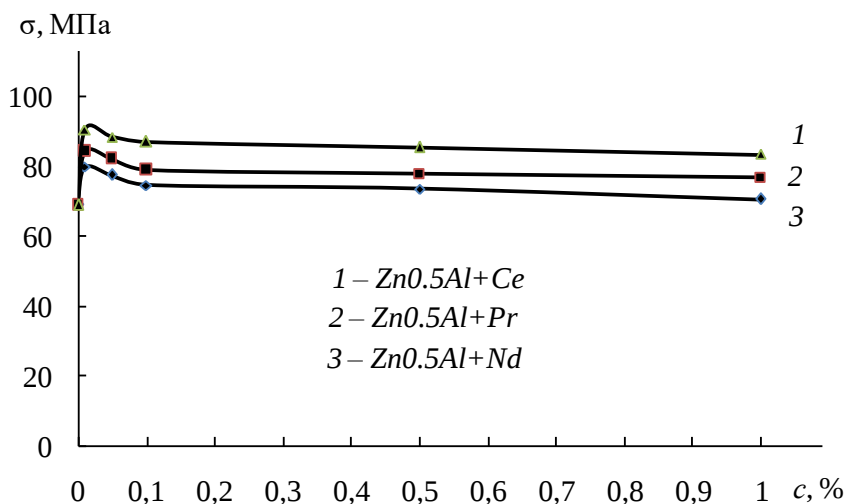
Натиҷаҳои тадқиқот ва муҳокима

Натиҷаҳои тадқиқи хосиятҳои механикӣ – сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаи Zn0.5Al, ки бо концентратсияҳои гуногуни элементҳои зергурӯҳи серияи ҷавҳаронидашуда нишон медиҳанд, ки ҳангоми ба ҳулаи дучандаи Zn0.5Al дар алоҳидагӣ воридкунии серияи, празеодим ва неодим бо миқдорҳои аз 0.01 то 1.0%-и вазнӣ хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаи дучанда хеле назаррас беҳтар мешавад. Махсусан, мусбӣ тағйирёбии хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаи дучанда ҳангоми ба таркиби он воридкунии иловаҳои камтарини (0.01±1.0%) металҳои зергурӯҳи серияи дида мешавад. Тасвири тағйирёбии хатҳои графикаи сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаҳо

мувофиқати ботартиб ҷойгиршавии элементҳои серия, празеодим ва неодимро дар зергуруҳи серия ифода мекунамд (расмҳои 1, 2).



Расми 1 – Тағйирёбии сахтии (HV, МПа) ҳулаи Zn0.5Al ҳангоми ҷавҳаронии он бо иловаҳои гуногуни (с,%) серия, празеодим ва неодим.



Расми 2 – Тағйирёбии мустаҳкамӣ (σ, МПа) ҳулаи Zn0.5Al ҳангоми ҷавҳаронии он бо иловаҳои гуногуни (с,%) серия, празеодим ва неодим.

Қимати таҷрибавии сахтӣ барои ҳулаи Zn0.5Al 265.02 МПа-ро ташкил дода, барои ҳулаҳо бо 0.01%-и серия, празеодим ва неодим бошад ба қиматҳои 348.15, 324.14 ва 306.87 мутаносибан баробар мешавад. Муқоисакунии дигар таркибҳои ҳула, ки бо Ce, Pr ва Nd ҷавҳаронидашуда, низ ба афзоиши сахтии ҳулаҳо ишора мекунамд. Дар ин ҳолат, бартарӣ ба ҳулаҳои камҷавҳаронидашуда нисбат ба ҳулаҳои зиёдҷавҳаронидашуда хос аст, зеро тағйирёбии сахтӣ ба самти қоҳишёбии қиматҳо низ ҷой дорад. Дар умум, ҳамаи таркибҳои ҳулаҳои серия-, празеодим- ва неодимдошта баландшавии сахтиро нисбат ба ҳулаи Zn0.5Al инъикос менамоянд. Дар баробари ин, қиматҳои мустаҳкамӣ ҳулаҳо низ ба самти мусбӣ вобаста аз консентратсияҳои компонентҳои таркибии ҳулаҳо тағйир меёбанд. Ин вобастагӣ ё қонуниятҳои тағйирёбӣ ба тағйирёбии самараноки мустаҳкамӣ ҳулаҳои серия-, празеодим- ва неодимдошта нисбат ба ҳулаи дучандаи руҳ ҷой дорад (ҷадвал).

Ҷадвал – Тағйирёбии сахтӣ ва мустаҳкамӣ ҳулаи Zn0.5Al ҳангоми ҷавҳаронии он бо серия, празеодим ва неодим

таркиби ҳула, %-и вазнӣ	сахтӣ HV, МПа	мустаҳкамӣ, МПа
Zn0.5Al	265.02	68.90
Zn0.5Al+0.01Ce	348.15	90.52

Анчоми ҷадвал		
Zn0.5Al+0.05Ce	340.05	88.41
Zn0.5Al+0.1Ce	334.42	86.95
Zn0.5Al+0.5Ce	328.41	85.39
Zn0.5Al+1.0Ce	320.68	83.38
Zn0.5Al+0.01Pr	324.14	84.28
Zn0.5Al+0.05Pr	316.24	82.22
Zn0.5Al+0.1Pr	303.77	78.98
Zn0.5Al+0.5Pr	299.33	77.82
Zn0.5Al+1.0Pr	294.73	76.63
Zn0.5Al+0.01Nd	306.87	79.79
Zn0.5Al+0.05Nd	297.65	77.39
Zn0.5Al+0.1Nd	286.34	74.45
Zn0.5Al+0.5Nd	283.01	73.58
Zn0.5Al+1.0Nd	271.22	70.52

Хулоса

Натиҷаҳои тадқиқи хосиятҳои механикӣ – сахтӣ ва мустаҳкамии ҳӯлаи дучандаи Zn0.5Al, ки серий, празеодим ва неодим ҷавҳаронидашуда, нишон медиҳанд, ки ҷавҳаронии ҳӯлаҳо дар ҳудуди консентратсияҳои тадқиқшудаи (0.01÷1.0% Ce, Pr, Nd) қобилияти баландбардории хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии ҳӯлаи дучандаи рухро зоҳир менамояд. Ҳӯлаҳои серий ва празеодимдошта нисбат ба ҳӯлаҳои неодимдошта хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии назаррас беҳтар мекунад. Қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои механикӣ, яъне афзоиши сахтӣ ва мустаҳкамии ҳӯлаҳо ҳангоми гузариш аз ҳӯлаи Zn0.5Al ба ҳӯлаҳо бо неодим, ҳӯлаҳо бо празеодим ва ҳӯлаҳо бо серий, аниқ қарда шудааст.

Ҳамин тавр, натиҷаҳои амалан таҷрибавӣ аниққунии хосиятҳои механикӣ, хусусиятҳои устувории ҳӯлаҳои нави коркардшуда ва механизми физикавӣ беҳтаршавӣ ё вайроншавии онҳо барои мутахассисони корхонаҳои саноатӣ заминаи муҳими назариявӣ хоҳад буд. Ин маълумот на танҳо барои интиҳоби маснуот ва рӯйпӯшҳои ҳӯлавӣ мувофиқ буда, инчунин барои мақсаднок ҷустуҷӯи роҳҳои оқилонаи ташаққули хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ дар онҳо ва коркарди равандҳои технологияи коркарди маснуот, муайянқунии намудҳо ва хусусиятҳои таҷҳизоти технологияи дар саноат истифодашавандаро ҳосатан таъмин мекунад.

Муқаррир: Бердиев А.Э. – д.и.т., профессори Донишгоҳи славянии Русияву Тоҷикистон.

Адабиёт

1. Кечин, В.А. Цинковые сплавы / В.А. Кечин, Е.Я. Люблинский. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
2. Обидов, З.Р. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава Zn55Al, легированного бериллием, магнием и празеодимом // Теплофизика высоких температур. – 2016. – Т. 54. – Вып. 3. – С. 29-36.
3. Обидов, З.Р. Влияние рН среды на анодное поведение сплава Zn5Al, легированного бериллием и магнием / З.Р. Обидов // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – № 32(58). – С. 52-55.
4. Обидов, З.Р. Анодное поведение и окисление сплавов Zn5Al, Zn55Al, легированных стронцием / З.Р. Обидов // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2012. – Т. 48. – № 3. – С. 305-308.
5. Обидов, З.Р. Влияние рН среды на анодное поведение сплава Zn55Al, легированного бериллием и магнием / З.Р. Обидов // Журнал прикладной химии. – 2015. – Т. 88. – № 9. – С. 1306-1312.
6. 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.
7. Золоторевский, В.С. Механические свойства металлов / В.С. Золоторевский. – М.: Металлургия, 1983. – 351 с.
8. Лахтин, Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1993. – 448 с.
9. Кнорозов, Б.В. Технология металлов и материаловедение / Б.В. Кнорозов, Л.Ф. Усова, А.В. Третьякова и др. – М.: Металлургия, 1987. – 800 с.

10. Марковец, М.П. Определение механических свойств металлов по твердости / М.П. Марковец. – М.: Машиностроение, 1979. – 191 с.

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

TJ	RU	EN
Фирузи Ҳамроқул докторанти PhD	Фирузи Ҳамроқул PhD докторант	Firuzi Hamroqul PhD doctoral student
Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ	Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ	Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin of NAST
E-mail: firuzih@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович	Ганиев Изатулло Наврузович	Ganiev Izatullo Navruzovich
Академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, профессор	Академик Национальной академии наук Таджикистана, доктор химических наук, профессор	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	Обидов Зиёдулло Раҳматович	Obidov Ziyodullo Rahmatovich
Доктори илмҳои химия, профессор	Доктор химических наук, профессор	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		