

Мыс негізіндегі алюминийлі қоланың құрылымы мен механикалық қасиеттеріне легірілеуші элементтің әсері

¹ТЕН Эдис Борисович, т.ғ.д., профессор, edis_ten@mail.ru,

²САТЫБАЛДИЕВ Бағлан Нурланұлы, магистрант, satybaldiev-baglan@mail.ru,

^{2*}ЖОЛДУБАЕВА Жумагуль Дюсенбайқызы, PhD, доцент, zhuma-77@mail.ru,

¹Ұлттық зерттеу технологиялық университеті «Болат және қорытпалар Мәскеу институты», Ресей, 119991, Мәскеу, Ленин даңғылы, 4,

²Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты – қалайының қосымша легірілеуші элемент ретінде жымдастырылған алюминийлі қола қорытпаларының механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу. Зерттелетін үлгілер алдымен ұнтақ қоспаларын нығыздау, одан соң жымдастыру арқылы алынды. Алынған үлгілерді зерттеуге дайындау үшін үлгілер ажарлау-тегістеу сатыларынан өтті. Жұмыстық беттің тегістігін қамтамасыз ету үшін үлгілер «жемірілуден» өтті. Негізгі зерттеу әдістері ретінде микроқұрылымдық талдау және қаттылыққа зерттеу қолданылды. Зерттеу барысында қалайының қосымша легірілеуші элемент ретінде пайдалануға алынатын үлгілердің микрокеуектілігінің артуына тікелей әсер ететіндігі байқалды. Бұл өз кезегінде үлгілер қаттылығының төмендеуіне алып келді.

Кілт сөздер: жымдастырылған алюминий, фрикция, шиф, абразив, пульверизация, интерметаллид, ангидрид.

Кіріспе. Қазіргі заманғы өндіріс саласында жымдастырылған алюминийлі қола қорытпаларды алудың жаңа әдістерін табу маңызы артып отыр. Аталған мәселені шешу барысында, қосымша легірілеу, оның ішінде легірілеуші элементтердің алынатын қорытпалардың механикалық, триботехникалық қасиеттеріне әсерін білу шешуші үлкен рөл атқаратыны айқын.

Жымдастырылған алюминийлі қорытпаларды алуда қосымша легірілеуші элементтерді таңдау процесі алынатын қорытпалардың тек физика-механикалық қасиеттерін ғана арттырмай, экономикалық жағынан да қолжетімділікпен қамтамасыз етуі тиіс. Соңғы уақыттардағы зерттеулерде қалайыны қосымша легірілеуші элемент ретінде таңдау, жоғары триботехникалық қасиеттері бар қорытпаларды алуды қамтамасыз еткенімен, өз кезегінде бірқатар жаңа қиындықтар туындатуда. Мысалы айтқанда, алынатын қорытпалардың қаттылығының төмендеуі секілді жағымсыз факторларды атап өтсек болады. Сол себепті, механикалық және триботехникалық қасиеттері жоғары, құрамында қалайы бар қорытпаларды өндіру өндірістік маңызы жағынан перспективті рөлге ие болуда.

Жоғары трибологиялық және триботехникалық қасиеттері бар жымдастырылған материал-

дарды алу, соның ішінде жымдастырылған алюминийді алу, ең біріншіден материал құрамына қосымша қосылатын легірілеуші элементтердің материал құрылымына әсерін зерттеуден басталатынын атап өттік. Сонымен қатар негізгі элементтер мен легірілеуші элементтер арасында орын алатын фазалық процестерді ескерген жөн [1].

Құймалы алюминийлі қолалар фрикциялық, контрукциялық және де басқа да мақсаттағы бөлшектерді дайындау мақсатында өндірісте кең қолданыс табуда. Беріктігі, ыстыққа төзімділігі, коррозияға төзімділігі, тотығуға беріктілігі жағынан мыс негізіндегі алюминийлі қолалар қалайы негізіндегі қолалардан асып түсіп, антифрикционды материал ретінде эксплуатациялау кезінде өзінің сенімділігі мен өмір сүру мерзімінің ұзақтығы жағынан басқа мыс қорытпаларына қарағанда едәуір жоғарғы көрсеткіштерімен ерекшеленеді.

Сонымен бірге мұндай қорытпалар криогенді температураларда жұмыс істейтін техникада қолданылады [2].

Ұнтақты металлургияда құрамында алюминийден өзге басқа да құрамында қосымша легірілеуші элементтері бар мыс негізіндегі алюминийлі қолалар қолданыс тапқан. Оларды ұнтақ қоспаларын нығыздау, одан соң жымдастыру арқылы, екі

реттік нығыздау және одан кейінгі жымдастыру арқылы немесе қысым түсіру арқылы нығыздап жымдастыру арқылы алуға болады.

Легірлеуші элементтердің ішінде қалайыны қосу алынатын үлгілердің механикалық қасиеттерін төмендеткенімен, ол триботехникалық қасиеттері жоғары қорытпаларды алуда қажетті болып саналады [3].

Бұл қосымша легірлеуші ретінде қалайыны қосу кезінде болатын өзгерістерді тереңірек зерттеу қажеттілігін туындатады.

Жымдастырылған алюминийлі қоланы құрылғы жасауда конструкциялық мақсаттағы жеңіл жүктелген коррозияға берік бөлшектерді дайындауда қолдануға болады.

Ұнтақты негіздегі алюминийлі қоланың кемшіліктерінің бірі алюминий атомдарының мысқа диффузиялануымен түсіндірілетін жымдастыру кезіндегі бұйымдардың көлемдерінің ұлғаюы болып табылады. Алюминийлі қоладан жасалған бұйымдарға жымдастыру кезінде жүктеме түсіру олардың көлемдік өсуін басуға мүмкіндік береді. Алайда мұндай жағдайда жымдастырудың технологиялық процесінің күрделеніп кетуі, шығындардың көбеюі және алынатын үлгілердің қарапайым формада ғана алынуы сияқты жағымсыз әсерлер орын алуы мүмкін. Сол себепті жымдастыру кезінде көлемін тұрақты сақтап тұратын алюминийлі қоланы алу практикалық мағынасы үлкен, маңызды мақсат болып табылады.

Аталған мәселені шешудің бір жолы жоғары механикалық қасиеттері бар қорытпаларды алуға мүмкіндік беретін, алюминийлі қоланы қосымша элементтермен легірлеу болып табылады [4].

Зерттеу әдістемесі. Зерттелетін үлгілер

төменде көрсетілген қарапайым өндірістік ұнтақтарды нығыздап, одан кейінгі жымдастыру арқылы алынды:

- ПМС-1А маркалы мыс ұнтағы (МЕСТ 4960-75);

- ПА-4 маркалы алюминий ұнтағы (МЕСТ 6058-74);

- ПО-1 маркалы қалайы ұнтағы (МЕСТ 9723-73).

Зерттелетін қоспалардың негізін бөлшектерінің өлшемі 60-90 мкм болатын ПМС-1 маркалы мыс ұнтағы (МЕСТ 4960-75) құрады. Аталған мыс ұнтақтық жүйесін мыс сульфатының күкірт қышқылды ерітіндісін электролитикалық тұндыру арқылы алады.

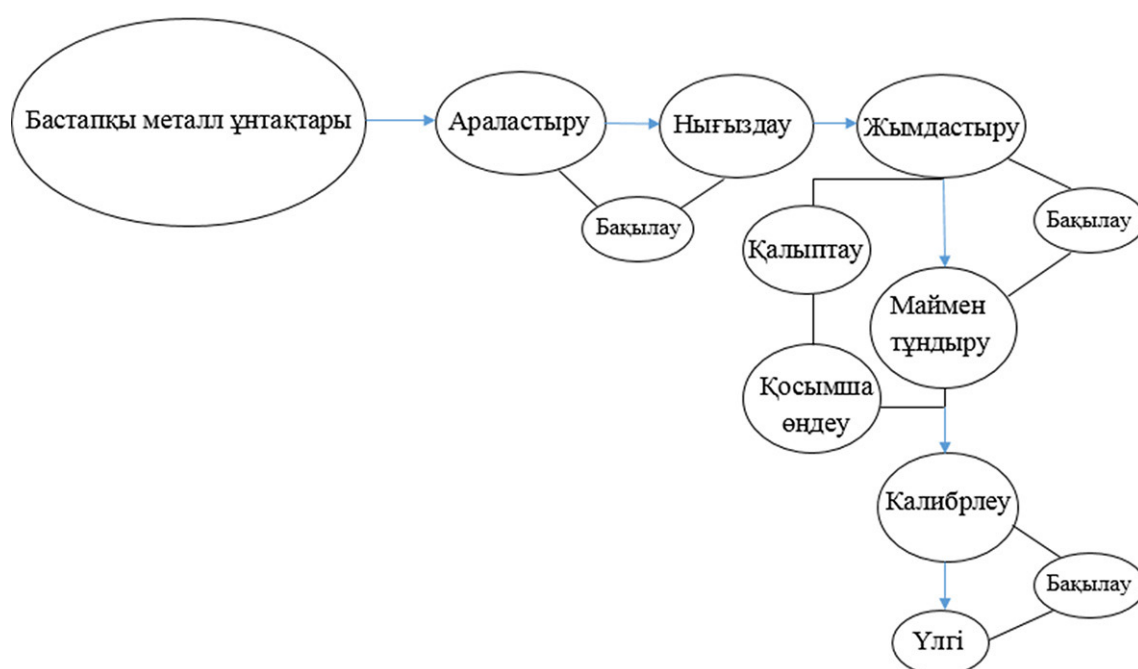
Мысты негізгі легірлеуші элемент ретінде бөлшектерінің өлшемі 60-90 мкм болатын ПА-4 маркалы алюминий ұнтағы (МЕСТ 6058-74) қолданылды. Аталған ұнтақтық жүйені балқытылған біріншілік алюминийді пульверизациялау және оның қалдықтарын фракцияларға бөлу арқылы алады. Тозаңдату және өңдеу кезінде алюминий ұнтақтары ылғалдылығы әртүрлі диапазонда болатын сумен және ауамен әрекеттеседі.

Қосымша легірлеуші элемент ретінде ПО-1 маркалы қалайы ұнтағы (МЕСТ 9723-73) қолданылды. Қалайы ұнтақтық жүйесі О1 және О2 маркалы қалайыны жоғары қысыммен ұнтақтау арқылы алады [4].

Аталған жұмыста зерттелетін үлгілер төмендегі суретте көрсетілген тәртіп бойынша жасалды.

Эксперименттік бөлім

Шихта дайындау. Әртүрлі құрамды ұнтақтық жүйелерді алу үшін «мас бөшке» типіндегі араластырғышта 5 сағат бойы араластыру жүргізілді.



Қоспалардың құрамы:

Қоспа №1: Cu+8%Al+12%Sn;

Қоспа №2: Cu+8%Al+45%Sn.

Үлгілерді қалыптандыру. Жымдастыруға арналған үлгілер суықтай екіжақты нығыздау арқылы цилиндрлік формада ПГМ-1000МГ4 типтегі гидравликалық пресс машинада алынды.

Үлгілерді жымдастыру. Нығыздалған үлгілер қысымы 10^1 Па аспайтын вакуумде, 600-ден 1000°C, аралығындағы температура диапазонында, ұстау уақыты 65 минутқа созылатын УИП-16-10-0,01 аппаратында жымдастырылды.

Үлгілерді дайындау. Металлографиялық шлифтер бірнеше этапта жасалынды. Алдымен беттік қабаты жазық үлгілер диаметрі 25 мм, биіктігі 30 мм болатын цилиндрлік формаға орналастырылды. Содан соң үлгілер орналасқан формаға эпоксидті шайыр және беріктендергіш құйдық. Полимеризация процесі біткен соң, үлгілер орналасқан цилиндрлік дайындамаларды формадан алып, Forcipol 1V тегістеу-жылтырату станогының ұясына орналастырылды.

Шлифтерді дайындау 5 деңгейден тұрды. Әр деңгейде шлифтеуші қабықтың абразивті дәндерінің өлшемі (М), тегістеу-жылтырату уақыты (t), үлгілерді абразивті материалға қысу күші (F), абразивті материал орналасқан үстелдің айналу жиілігі (v) өзгертіліп отырды. Әрбір деңгейдің өту режимі 1-кестеде көрсетілген.

Жемірілу. Алюминийлі мыс қорытпаларын жемірілуге ұшырату үшін әртүрлі құрамды жеміргіштерді қолдануға болады: 1) 10 мл HF, 15 мл HCl, 90 мл су; 2) 5 г HF, 15 мл HCl, 60 мл су; 3) 10 мл 3-4%-ті ортофосфор қышқылының сулы ерітіндісі, 0,1-0,2 г хром ангидридi. Үлгілерді жемірілуге ұшырату үшін Келлер ерітіндісі (94% H_2O +3%HF+3% HNO_3) негізіндегі жеміргіштерді құрамын аздап өзгертіп (85% H_2O +5%HF+10% HNO_3) қолдандық. Жемірілу уақыты 35 сек. Үлгілер Struers Tenapol-5 аппаратында жемірілуге ұшырады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау. Зерттеу процесі кезінде екі түрлі құрамды жымдастырылған алюминийлі қола үлгілерінің Бринель бойынша қаттылығы мен микроскопиялық әдіс бойынша мен құрылымдық өзгерістері зерттелді:

Қоспа №1: Cu+8%Al+12%Sn;

Қоспа №2: Cu+8%Al+45%Sn.

Жымдастырылған Cu-Al-Sn ұнтақтық жүйесі негізіндегі үлгілерді қаттылығын есептеу кезінде қалайы мөлшері жоғары үлгілердің қаттылығы төмен екендігі байқалды.

Мұндай өзгерістердің себебін жымдастыру кезінде пайда болатын көлемдік өсумен байланыстыра аламыз. Сұйық алюминий мен қалайы атомдары мыс бөлшектері арасындағы контактілерге еніп, онда мыспен қорытпа түзеді де, нәтижесінде үлгілердің көлемі ұлғайып, бұл көрініс ұнтақты денелердің өсуі ретінде тіркеледі. Cu-Al-Sn үшфазалы жүйесінің күй диаграммасына көз сала отырып, жымдастыру температурасы эвтектикалық температурадан (548°C) жоғары температурада болғанда үлгілердің өсуі алюминийдің балқуы әсерінен, үлгі құрамындағы алюминий мөлшері жоғары болған сайын көлемдік өсу жоғары болады деген қорытынды жасай аламыз. Бұл жерде қалайының балқу температурасы алюминий мен мысқа қарағанда салыстырмалы түрде едәуір төмен болғандықтан, жымдастырудың бастапқы кезеңінде үлгілердің көлемдік өсуіне қалайы да өз әсерін тигізеді. Сұйық алюминий және қалайы фазалары қатты мыс фазасына диффузиялануы олардың өзара әрекеттесуінің бастапқы кезеңдерінде, $T=800^\circ\text{C}$ -ға дейін көлемдік өсуге алып келеді. Температураны одан жоғары көтеру қатты фазаның біртіндеп сұйық фазаға айналуына және $T=1000^\circ\text{C}$ кезінде үлгілердің көлемдерінің қайта кішіреюіне алып келеді. Осы процесс барысында [4]-ші жұмыстағы эксперименттік мәліметтерде байқалатын үлгілерде кеуектіліктің өсуі үлгілер қаттылығының төмендеуіне алып келеді.

Жымдастырылған материалдардың Бринель бойынша қаттылығы диаметрі 5 мм шар инденторды пайдалана отырып анықталды.

Қаттылық шамасы (1)-ші формула бойынша есептелді:

$$HB = \left[\frac{P}{2/p/1 - \sqrt{1 - \left(1 - \frac{d}{D}\right)^2}} \right] 100\%, \quad (1)$$

мұнда P – үлгіге түсірілетін қысым, D – болат шар диаметрі, d – шар ізінің диаметрі.

2-кестеде үлгілердің қаттылығына үлгі құрамындағы қалайы мөлшерінің әсері көрсетілген. Кестеде құрамындағы қалайы мөлшері әртүрлі үлгілердің қаттылығын есептей отырып, салыстырмалы түрде жасалды.

1-кесте – Металлографиялық шлифтерді дайындау режимдері

Деңгей өмірі	М, мкм	t, мин	F, Н	v, айн/мин
1	120-130	10	50	250
2	70-80	10	50	250
3	35-45	15	30	240
4	20-28	10	20	180
5	5-7	10	20	170

2-кесте – Үлгілер қаттылығының қалайы мөлшеріне тәуелділігі		
Температура	Қалайының мөлшері	НВ, МПа
800	10	120
	20	95
	30	60
	40	40
1000	10	145
	20	130
	30	115
	40	70

Қорытынды

1. Ұнтақтық жүйедегі қалайы мөлшерінің артуы алынатын үлгілердің механикалық қасиеттеріне тері әсер етіп, олардың қаттылығын төмендеуіне алып келетіндігі байқалды. Бұл әдеби зерттеулерде көрсетілгендей үлгілердегі микрокеуектілік дәрежесінің үлгілер құрамындағы қалайы мөлшерінің өсуіне тура тәуелділі екендігін дәлелдейді. Кеуектілік дәрежесі артқан сайын, үлгілердің ішіндегі қуыстар көлемі артып, сәйкесінше алынған үлгілердің Бринель бойын-

ша қаттылығының төмендеуіне алып келетіндігі дәлелденді.

2. Осылайша, қалайыны мыс негізіндегі алюминийлі қолаға қосымша легірлеуші элемент ретінде қосу алюминийлі қоланың механикалық қасиеттерін төмендеуіне алып келетіндігі анықталып, алюминийлі қоланың механикалық қасиеттерін жоғарылату үшін қалайыны пайдалану мәселесі әлі де бірқатар эксперименттік зерттеулер жүргізуді қажет етіледі деген қорытынды жасалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Soares D.F., Abreu M., Barros D., Castro F. Experimental study of the Cu-Al-Sn phase equilibria, close to the copper zone // Journal of Mining and Metallurgy. – 2017. – Section B: Metallurgy. – P. – 1.
2. Ключков Г.Г., Ключкова Ю.Ю., Романенко В.А. Новый сплав системы Al-Cu-Mn для изделий космической техники // Труды ВИАМ. – 2015. – № 4. – С. 4.
3. Миронов А.Е., Белов Н.А., Столярова О.О. Алюминиевые сплавы антифрикционного назначения. – Москва: МИСиС, 2016. – С. 46-47.
4. Курмангали Д.К. Исследование особенностей спекания порошковой системы медь-алюминий с добавками олова и свинца [Электрон. ресурс]. – 2016. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/28310> (дата обращения: 29.09.2020).

Влияние легирующего элемента на структуру и механические свойства алюминиевой бронзы на основе меди

¹ТЕН Эдис Борисович, д.т.н., профессор, edis_ten@mail.ru,

²САТЫБАЛДИЕВ Баглан Нурланович, магистрант, satybaldiev-baglan@mail.ru,

²*ЖОЛДУБАЕВА Жумагуль Дюсенбаевна, PhD, доцент, zhuma-77@mail.ru,

¹Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», Россия, 119991, Москва, Ленинский проспект, 4,

²Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью данной работы является изучение влияния олова на механические свойства свариваемых алюминиево-бронзовых сплавов как дополнительного легирующего элемента. Образцы получали сначала прессованием порошковой смеси, а затем сглаживанием. Для подготовки образцов к исследованию образцы прошли стадии измельчения. Образцы подвергались «эрозии» для обеспечения гладкости рабочей поверхности. В качестве основных методов исследования использовались микроструктурный анализ и исследования твердости. Исследование показало, что использование олова в качестве дополнительного легирующего элемента напрямую влияет на увеличение микропористости полученных образцов. Это, в свою очередь, привело к снижению твердости образцов.

Ключевые слова: связанный алюминий, трение, шлифование, абразив, измельчение, интерметаллид, ангидрид.

The Alloying Element Effect on the Structure and Mechanical Properties of Copper-based Aluminum Bronze

¹**TEN Edis**, Dr. Tech. Sci., Professor, edis_ten@mail.ru,

²**SATYBALDIEV Baglan**, master student, satybaldiev-baglan@mail.ru,

²***ZHOLDUBAYEVA Zhumagul**, PhD, Associate Professor, zhuma-77@mail.ru,

¹National University of Science and Technology «Moscow Institute of Steel and Alloys», Russia, 119991, Moscow, Leninskiy ave., 4,

²Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev ave., 56,

*corresponding author.

Abstract. The aim of the work is to study the effect of tin on the mechanical properties of welded aluminum-bronze alloys as an additional alloying element. Samples were obtained by first pressing the powder mixture and then pressing. To prepare the samples for research, the samples went through the grinding stage. The samples were «eroded» to ensure a smooth working surface. Microstructural analysis and hardness studies were used as the main research methods. The study shows that the use of tin as an additional alloying element directly affects increasing the obtained samples microporosity. This in turn leads to decreasing hardness of the samples.

Keywords: bonded aluminum, friction, grinding, abrasive, grinding, intermetallic compound, anhydride.

REFERENCES

1. Soares D.F., Abreu M., Barros D., Castro F. Experimental study of the Cu-Al-Sn phase equilibria, close to the copper zone // Journal of Mining and Metallurgy. – 2017. – Section B: Metallurgy. – P. – 1.
2. Klochkov G.G., Klochkova Yu.Yu., Romanenko V.A. Novyj splav sistemy Al-Cu-Mn dlya izdelij kosmicheskoy tekhniki // Trudy VIAM. – 2015. – № 4. – S. 4.
3. Mironov A.E., Belov N.A., Stolyarova O.O. Alyuminievye splavy antifrikcionnogo naznacheniya. – Moskva: MISiS, 2016. – S. 46-47.
4. Kurmangali D.K. Issledovanie osobennostej spekaniya poroshkovej sistemy med'-alyuminij s dobavkami olova i svinca [Elektron. resurs]. – 2016. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/28310>(data obrashcheniya: 29.09.2020).