

ҚҰРЫЛЫС
СТРОИТЕЛЬСТВО
CONSTRUCTION

DOI 10.51885/1561-4212_2023_2_126

МҒТАА 67.23.15

Д.Т. Курманова¹, З.А. Есполова², Ж.К. Уазырханова³

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

¹E-mail: DamKurmanova@edu.ektu.kz²E-mail: ZEspolova@edu.ektu.kz³E-mail: ZhUazirhanova@edu.ektu.kzҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНДА ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН
ҮШТІК ҚОРЫТПАЛАРЫН ЗЕРТТЕУИССЛЕДОВАНИЕ ТРОЙНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ
В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИRESEARCH OF TRIPLE ALLOYS FOR APPLICATIONS
IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Аңдатпа. Мақалада қатты ерітінділердің шектеулі аймағындағы үшінші элементтің концентрациясына байланысты мыс негізіндегі интерметаллидтер жүйесінде қатты ерітін құрамдардың сызықтық кеңеюіндегі өзгерістері зерттелген. Металаралық қосылыстардың қосылуы нәтижесінде түзілетін металл композицияларының құрылымы мен қасиеттерін эксперименттік зерттеулер өзекті болып қала береді, металаралық қосылыстардың өзара әрекеттесуінің қатаң теориясын жасауға мүмкіндік береді, бұл практика үшін қажет ерекше қасиеттері бар қорытпаларды әзірлеуге жаңа мүмкіндіктер ашады. Қорытпалар зертханалық жағдайларда жоғары тазалықтағы металдардан дайындалады және үлгі болып табылады.

Түйін сөздер: Үштік қорытпалар; интерметаллидтер; фазалық түрленулер; кристалдық тор.

Аннотация. В статье изучены изменения линейного расширения твердорастворимых композиций в системах интерметаллидов на основе меди в зависимости от концентрации третьего элемента в области ограниченных твердых растворов. Экспериментальные исследования структуры и свойств металлических композиций, образующихся в результате сплавления между собой интерметаллических соединений, остаются актуальными, позволяют создать строгую теорию взаимодействия интерметаллидов, что открывает новые возможности разработки необходимых на практике сплавов с особыми свойствами. Сплавы являются модельными и приготовлены из металлов повышенной чистоты в лабораторных условиях.

Ключевые слова: Тройные сплавы; интерметаллиды; фазовые превращения; кристаллическая решетка.

Abstract. The article presents changes in the linear distribution of solid-soluble compositions in the composition of copper-based intermetallic compounds, depending on the interest of the third element in a limited area of solid solutions. Experimental studies of the structure and properties of metal compositions formed as a result of the fusion of intermetallic compounds with each other remain relevant, allow us to create a rigorous theory of intermetallic interaction, which will open up new opportunities for the development of alloys with special properties necessary for practice. The alloys are model alloys and are prepared from metals of high purity under laboratory conditions.

Keywords: Triple alloys; intermetallides; phase transformations; crystal lattice.

Кіріспе. Ғылым мен технологияны дамыту жөніндегі мемлекеттік саясаттың негізгі мақсаты Қазақстанның жеделдетілген индустриялық-инновациялық даму бағдарламасын іске асыру болып табылады, ол отандық, оның ішінде алюминий, шикізаттан қосылған

құны жоғары түпкілікті өнім шығаруға бағдарланған өнеркәсіптік кәсіпорындарды құруды көздейді. Өнеркәсіптік өндірістің барлық салаларының, әсіресе құрылыстың, машина жасаудың, аспап жасаудың, мұнай-газ саласының, металлургия және химия өнеркәсібінің, авиациялық және ғарыштық техниканың жедел дамуына байланысты жақын арада алюминий қорытпаларына қажеттілік күрт өсетін болады.

Алюминий және оның қорытпалары қасиеттердің бірегей үйлесімі арқасында қазіргі өркениеттің ең маңызды материалдарының бірі болып табылады. Ол әлемдік қоғамдас-тықтың бірінші кезекте экология мен энергия үнемдеуге байланысты жаһандық мәселелерін тиімді шешуге мүмкіндік береді. Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, алюминийді тұтыну көлемі көлік, машина жасау, құрылыс, электротехника, тамақ өнеркәсібі және т.б. сияқты жетекші салалардың ғылыми-техникалық прогресін анықтайды. Бұл олардың негізгі қасиеттері мен пайдалану сипаттамаларының бірегей үйлесіміне қол жеткізу мүмкіндігіне байланысты. Құю және деформацияланатын алюминий қорытпалары, тығыздығы төмен, беріктігі жоғары, икемділігі мен өнімділігі арқасында машина жасауда, авиациялық және ғарыштық техникада қолданылатын ең перспективалы құрылымдық материалдар болып табылады.

Сонымен қатар, қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында алюминий қорытпалары өндірілмейді, олар шетелден сатып алынады. Қазақстан әлемдік нарыққа алюминий тотығынан басқа А8 маркалы техникалық алюминийді жеткізеді. Бұл ретте қазақстандық алюминий өнеркәсібінің шикізат базасының негізін салыстырмалы түрде төмен сұрыпты қайта өңделуі қиын жоғары карбонатты бокситтердің елеулі қорлары құрайды. Алайда, барланған қорлардың көп бөлігі (85 %) бәсекеге қабілетті және 70 жыл ішінде саланың тұрақты жұмысын қамтамасыз ете алады. Саланың пайдаланылатын кен орындарының барланған қорларымен қамтамасыз етілуі 36 жылды құрайды.

Мұның бәрі Қазақстан Республикасында алюминий өнеркәсібінің шикізат базасын одан әрі кеңейту бойынша объективті мүмкіндіктер бар екенін, сондай-ақ алюминий өндірісін ұлғайтудың және оның негізінде алюминий қорытпаларының жоғары сапалы, бәсекеге қабілетті маркаларын шығару бойынша отандық өндірісті құрудың жақсы перспективалары туралы куәландырады. Ғимараттар мен құрылыстардың барлық түрлерін салуға арналған инновациялық құрылыс материалдары қарқын алуда және жиі кездеседі. Қазіргі уақытта құрылыс материалдарының көптеген түрлері ұсынылады, бұл кейде құрылыстың экономикалық компонентінің негізгі факторына айналады. Нысанды барлық қажетті қасиеттері мен сипаттамалары бар қажетті материалмен қамтамасыз ету ғана емес, сонымен қатар экономикалық тиімді нұсқаны таңдау маңызды. Бүгінгі күні құрылыс компаниялары көбінесе беріктік сипаттамаларын, эстетиканы және тіпті маңызды дизайн ерекшеліктерін елемей, тек бағаға сүйене отырып, материалдарды үнемдейді.

Әдеби шолу. Қазіргі құрылыс жағдайында, материалдар нарығына шыққан кезде, өндіріске және конструктивтік инновацияларды енгізудің арқасында өздерінің «ескі» аналогтарына қарағанда арзан әрі сапалы, құрылыс ұйымдары ескірген технологиялар бойынша өндірілген материалды сатушылар тарапынан тиімді коммерциялық ұсыныстарға байланысты оларды елемейді. Осыған байланысты құрылыс материалдарын өндіру саласындағы инноваторларға нарыққа шығу және өз өнімдерін жылжыту қиынырақ.

Түсті металдардың ішінде құрылыста ең көп қолданылатын алюминий қолайлы қасиеттер кешеніне ие – жоғары меншікті беріктік, икемділік, коррозияға төзімділік және таңдамалы экономикалық тиімділік.

Басқа металдар – мыс, мырыш, титан, магний, қалайы, қорғасын және басқалары негізінен легирлеуші қоспалар қорытпалардың компоненттері ретінде қолданылады және де құрылыста арнайы және шектеулі қолданылыста (әйнектің арнайы түрлері, ерекше

нысандар – ескерткіштер және мыс пен олардың қорытпалары көп қолданылатын басқа нысандар; реттеу арматурасы ғимараттар мен құрылыстардың су құбыры-жылыту, электротехникалық жүйелерінің құрылғылары). Олардың қорытпалары практикалық маңызға ие. Таза түрінде түсті металдар, темір сияқты, олардың беріктігі мен қаттылығына байланысты сирек қолданылады.

Алюминий – күміс-ақ түсті металл, тығыздығы 2700 кг/см^3 және балку температурасы $658 \text{ }^\circ\text{C}$. Оның кристалдық торы-периоды $0,40412 \text{ нм}$ болатын бетке бағытталған текше. Алюминийдің нақты дәндері, темір дәндері сияқты, блоктық құрылымға ие және ұқсас ақауларға ие – бос орындар, интерстициалды атомдар, дислокациялар, аз және үлкен дәндер арасындағы бұрыштық шекаралар. Техникалық алюминий құрылыс конструкцияларында аз беріктікке байланысты сирек қолданылады. Күштің жоғарылауына Mg, Mn, Cu, Si, Al, Zn легирлеу, сондай-ақ пластикалық деформация (нагартовка), қатаю арқылы қол жеткізіледі. Тепе-теңдік күйінде алюминий қорытпалары төмен легирленген қатты ерітінділер және металл аралық фазалар болып табылады.

Барлық алюминий қорытпасы деформацияланатын және құю болып бөлінеді. Деформацияланатын қорытпалар өз кезегінде термиялық қатайтылатын және қатайтылмайтын болып бөлінеді. Термиялық қатайтылатындарға Al-Mn-Si, Al-Cu-Mg, Al-Zn-Mg қорытпалары жатады; термиялық қатайтылмайтын – техникалық алюминий және Al-Mn және Al-Mg (Магалия) екі компонентті қорытпалары.

Материалдар және зерттеу әдістері. XX ғасырдың басында алюминий тек таза түрінде қолданылды. Алюминий қорытпаларын қолдану 1906 жылы неміс ғалымы Вильмнің алғашқы термиялық күшейтілген қорытпа – дуралуминді ашуынан басталады: 4,0 % Cu, 0,5% Mg, 0,5% Mn. Қазір дуралумин D1 және D16 типті қорытпалар, жоғары беріктігі $400\text{-}500 \text{ МПа}$ төмен тығыздыққа ие, қазіргі заманғы өнеркәсіпте кең таралған. Меншікті беріктігі бойынша (уақыт кедергісінің тығыздыққа қатынасы) алюминий қорытпалары болаттан едәуір жоғары. Бұл алюминий қорытпаларын авиация мен зымыран техникасында кеңінен қолдануды қамтамасыз етті. Алюминий және оның қорытпалары жоғары технологиялық, жақсы деформацияланған, олардан күрделі пішінді өнімдерді оңай алуға болады. Алюминий және оның бірқатар қорытпалары коррозияға төзімділігі жоғары. Электр өткізгіштігі бойынша ол күміс, мыс және алтыннан кейінгі екінші орында.

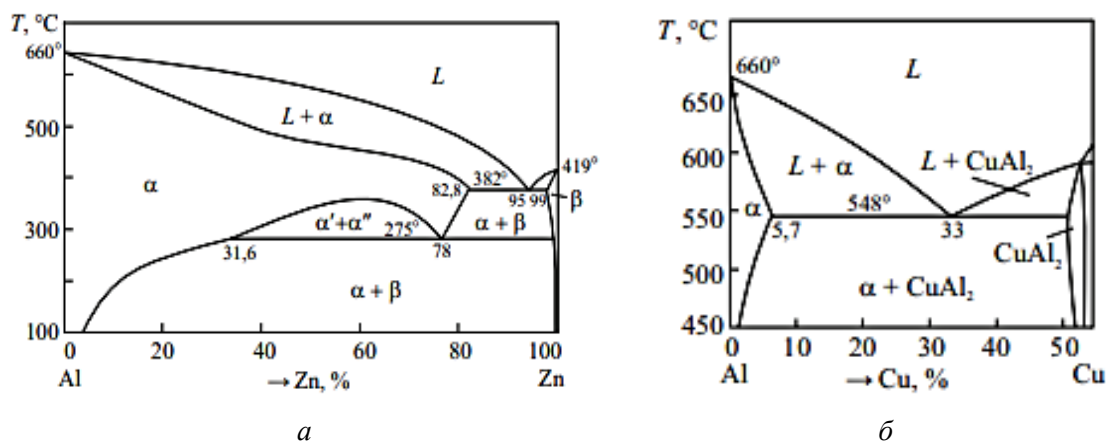
Соғылған алюминий қорытпалары (дюралюминий) алюминий қорытпалары өндірісінің шамамен 80 % құрайды. Бұл механикалық қасиеттері жоғары ($R_p = 200 \dots 500 \text{ МПа}$), бірақ коррозияға төзімділігі төмендеген әртүрлі құрамдағы қорытпалардың үлкен тобы болып табылады. Дюралюминдер прокаттау, штамптау, престоу және ең күрделі пішіндегі жұқа беттерге, құбырларға және профильдерге дәнекерлеу арқылы оңай өңделеді. Құрылыста бұл қорытпалар терезе және есік жақтаулары мен жақтауларын жасау үшін, шатыр материалы ретінде, ғимараттардың сыртын қаптау үшін, көбік немесе минералды жүнді оқшаулаумен үш қабатты панельдер, құрылыс мақсаттары үшін алюминий фольга және павильон жақтаулары үшін қолданылатын жеңіл құрама конструкциялар.

Алюминий қорытпаларының негізгі артықшылығы олардың аз салмағы болып табылады (алюминийдің тығыздығы болаттың тығыздығынан үш есе дерлік төмен) коррозияға төзімділікпен біріктірілген жеткілікті жоғары беріктігі бар. Алюминий қорытпаларының кемшілігі болаттан үш есе дерлік төмен, серпімділік модулі ($E = 0,7 \cdot 10 \text{ МПа}$), төмен қаттылық және термиялық кеңею коэффициенті жоғары.

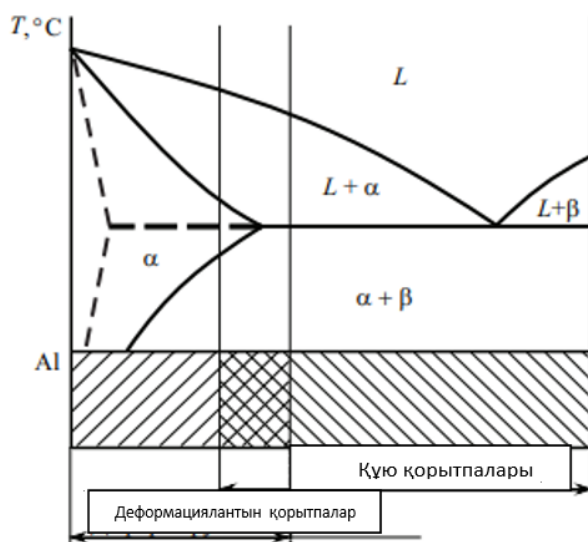
Шектеусіз қатты ерітінділер келесі ережелерді (Юм-Розери ережелері) сақтай отырып түзілетіні белгілі: 1) элементтерде бір типтегі кристалдық торлар болуы керек; 2) эле-

менттердің атомдық диаметрлері 8-15 %-дан аспауы керек; 3) элементтердің атомдарының электрондық құрылымы ұқсас болған кезде байқалатын электрохимиялық қасиеттері жақын болуы керек.

Алюминийді әртүрлі элементтермен легирлеу беріктігін арттыру үшін жүзеге асырылады. Өнеркәсіптік қорытпалардың негізгі компоненттерімен алюминий эвтектикалық типтегі қос жүйелерді шығарады (1-сурет). Көптеген элементтермен алюминий балқымадан кристалданатын және күйдіру және тозуы кезінде алюминий негізіндегі қатты ерітіндіден бөлінетін қос, үш және одан да күрделі интерметаллидтер түзеді. Барлық алюминий қорытпалары деформацияланатын және құйылатын болып бөлінеді (2-сурет). Деформацияланатын қорытпалардың негізгі құрылымдық құрамдас бөлігі алюминий негізіндегі қатты ерітінді болып табылады және сынғыш интерметаллидтердің көлемдік үлесі салыстырмалы түрде аз (~10 % дейін), бұл қорытпалардың деформациялануын қамтамасыз етеді.



1-сурет. Al- Zn -а, Al- Cu-б жүйелері күйлерінің диаграммалары



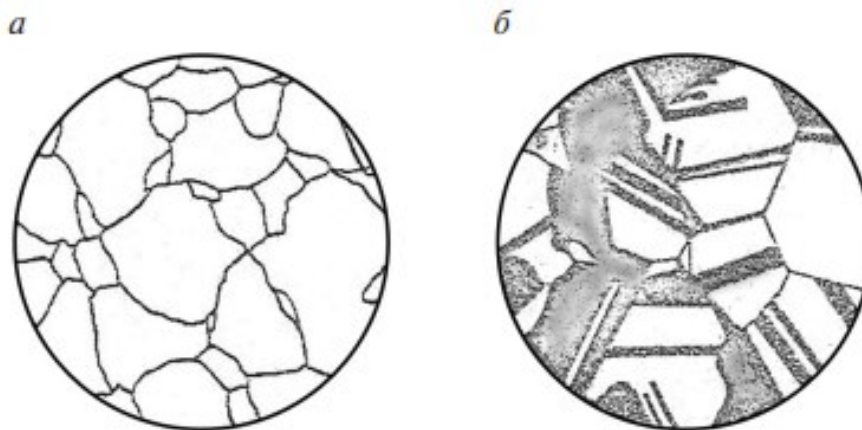
2-сурет. Деформацияланатын және құйылатын алюминий қорытпаларының аймақтары

Мыс – қызыл түсті металл, 1083 °С температурада кристалданып, ГЦК тор түзеді,

оның кезеңі 0,36153 нм, полиморфты түрлендірулері жоқ. Тығыздығы бойынша 20 °С, $\rho = 8,96 \text{ г/см}^3$ мыс ауыр түсті металдарға жатады. Электр өткізгіштігінің шамасы бойынша ($\chi=59 \text{ МСм/м}$) және жылу өткізгіштігі ($\lambda = 397 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) мыс күмістен кейін екінші орында. Жоғары жиілікті күйдірілген мыста $\sigma_v = 220 \text{ МПа}$, $d = 50 \%$ және оның серпімділік модулі поликристалды титанға, алюминий мен магнийге қарағанда жоғары және $E = 132 \text{ ГПа}$ құрайды. Мыс салыстырмалы түрде жақсы коррозияға төзімділікке ие, 185°С-тан төмен температурада құрғақ ауа мен оттегімен әрекеттеспейді. Ылғал мен CO_2 болған кезде мыстың бетінде негізгі карбонаттың жасыл пленкасы пайда болады ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{CuOH}_2$). Мысты ауада қыздырғанда беттік тотығу жүреді, 375 °С-тан төмен CuO түзіледі, ал 375 °С-тан жоғары балқымаға дейін екі қабатты масштабтау пайда болады, оның беткі қабатында CuO , ал ішкі қабатында Cu_2O болады.

Мыстың үш негізгі қасиеті оның техникадағы маңызды рөлін анықтады: жоғары электр өткізгіштік, икемділік, жылу өткізгіштік. Осы қасиеттердің арқасында өндірілген мыстың $> 50 \%$ электр және электроника өнеркәсібінде ток өткізгіштерін жасау үшін қолданылады. Барлық қоспалар мыстың электр өткізгіштігін төмендетеді, сондықтан өткізгіштер үшін кемінде 99,9 % Cu бар жоғары сұрыпты металл қолданылады. Жоғары жылу өткізгіштік және коррозияға төзімділік мыс пен оның негізіндегі арнайы қорытпалардан (жылу өткізгіштік пен ыстыққа төзімділікті біріктіретін микролегирленген жылу өткізгіш қорытпалар мен аз легирленген қорытпалар) жылу алмастырғыштар, тоңазытқыштар, вакуумдық құрылғылар және т.б. үшін жауапты бөлшектер шығаруға мүмкіндік береді.

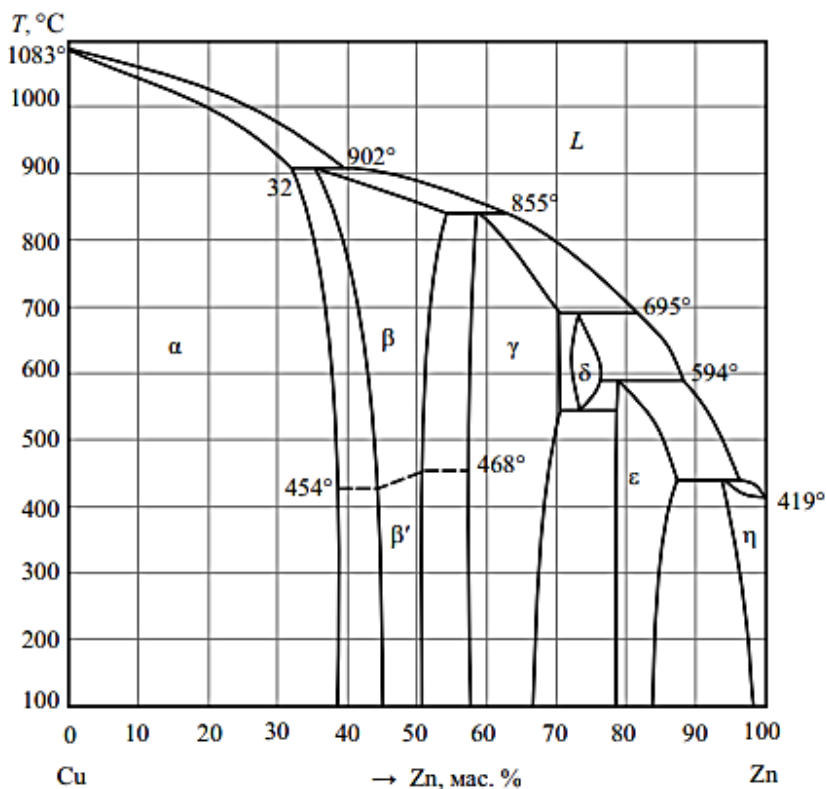
Шамамен 30-40 % Cu әртүрлі қорытпалар түрінде қолданылады, олардың арасында жез, қола, мыс-никель қорытпалары бар. Тұтыну көлемі бойынша түсті металдардың ішінде мыс алюминийден кейін екінші орында. Мыс жақсы өнімділікке ие. Мыстан деформация арқылы жұқа сым сымдарын, әртүрлі таспаларды, ток өткізгіш шиналарды, құбырларды және т.б. алуға болады. Суық пластикалық деформация мыстың құрылымы мен қасиеттерінде айтарлықтай өзгерістер тудырады. Деформацияның үлкен дәрежесінде мыс талшықты құрылымды алады. Беріктік айтарлықтай артады (220-дан 450 МПа-ға дейін), ал икемділік төмендейді (50-ден 2 %-ға дейін), (3-сурет).



3-сурет. Мыстың жасытудан кейінгі және деформация мен күйдіруден кейінгі микроқұрылымы

Жез – бұл мыс қорытпалары, онда негізгі қоспа мырыш болып табылады (45 % дейін). Мыс-мырыш күйінің диаграммасы 4-суретте көрсетілген. Бір қарағанда күрделі Cu-Zn диаграммасы іс жүзінде бес қарапайым перитетикалық диаграммадан тұрады.

Мырыштың құрамына байланысты әртүрлі қатты фазалар сұйық фазадан α , β , γ , δ , ε , η түседі.



4-сурет. Мыс-мырыш күйінің диаграммасы

Мыс-мырыш күйінің диаграммасы мыс құрамындағы α -қатты мырыш ерітіндісінің гранецентрлік текше торы бар. Диаграммадан, температураның төмендеуімен мыс құрамындағы мырыштың ерігіштігі артатынын көреміз. β -аралық фаза, валенттік электрондар санының атомдар санына қатынасы $3/2$ болатын CuZn электронды қосылысына негізделген қатты ерітінді. Оның көлемді орталықтандырылған текше торы бар. 453–470 °C-тан төмен температурада бұл ерітінді атомдардың реттелген орналасуын қабылдайды және β' деп белгіленеді. Реттелген қатты ерітіндінің қаттылығы мен сынғыштығы жоғары.

Құрамында 10 % Zn бар мыс-мырыш қорытпалары әдемі алтын түсі үшін томпақ атауымен белгілі, ал құрамында 10-20 % мырыш болса, жартылай томпақ деп аталады. Мыс мырышпен 38 % дейін допинг шырын деңгейінде икемділікті сақтай отырып, күйдірілген күйінде оның беріктігін 100 МПа-дан артық арттырады, ал тойтармамен бұл қорытпалардың беріктігін 1,7-2 есе арттыруға болады.

Мырыш – көкшіл-ақ түсті металл, салыстырмалы түрде төмен температурада – 420°C-та балқиды, ал 906 °C-та қайнайды. Таза мырыш XVIII ғасырда алынған. Қазіргі уақытта мырыштың әлемдік өндірісі жылына шамамен 7 млн тоннаны құрайды. Мырышты қолданудың негізгі мақсаты болатын коррозиядан қорғау болып табылады.

Металдардың белсенділік қатарында мырыш темір мен оның қорытпаларынан бірінші тұрады. Бірақ сонымен бірге 200 °C-қа дейінгі температурада мырыштың тотығуы баяу жүреді, өйткені тотығуды оның бетінде пайда болған гидроксикарбонат пленкасы

болдырмайды. Бұл екі жағдай (мырыш белсенділігі және оның кешіктірілген коррозиясы) болатын мырыштау арқылы коррозиядан қорғау және мырыш пен оның қорытпаларынан коррозияға төзімді материалдар мен бұйымдарды алу үшін қолданылады.

Құрылыста тәуелсіз материал ретінде мырыш мырыш-титан деп аталатын жұқа беттен тұратын шатыр материалы түрінде қолданылады. Бұл жағдайда мортты жою үшін мырышқа мыс пен титанның өте аз мөлшері (1 %-дан аз) қосылады. Цинк-титан төбелері асыл ақшыл сұр түсті; асфальт түсін алу үшін парақтардың бетін анодизациялауға болады. Мұндай шатырлардың беріктігі кем дегенде 100 жыл. Мырыш парақтарынан шатырларды орнату кезінде мырыштың термиялық кеңеюінің жоғары коэффициентіне байланысты шатыр элементтерін бір-біріне қатысты жылжыту мүмкіндігін қамтамасыз ету қажет.

Құрылыста таза түсті металдар сирек қолданылады. Аз мөлшерде таза алюминий фольга түрінде, алюминий бояуы үшін ұнтақ, ұялы бетон өндірісінде газ түзетін қоспа ретінде, сонымен қатар санитарлық құю үшін қолданылады. Қара металдардың беттерін жабуға арналған мырыш және маңызды құрылымдарда, мысалы, метро туннельдерінде түйіспелер мен тігістерді жабуға арналған қорғасын түрінде пайдаланылады.

Негізінен құрылыста түсті металдардың қорытпалары қолданылады: алюминий, мыс, мырыш, қорғасын, қалайы, марганец. Бұл қорытпалар бірқатар оң қасиеттерге ие: төмен тығыздық, жоғары иілгіштік және коррозияға төзімділік, сонымен қатар жақсы сәндік қасиеттер. Алюминий қорытпаларын алюминийге әртүрлі металдарды қосу арқылы алады.

Дегенмен, алюминий қорытпалары болатпен, бетонмен және тіпті бір-бірімен жанасу орындарында электрохимиялық коррозияға оңай ұшырайтынын есте ұстаған жөн. Бұл орындар бояумен немесе коррозияға қарсы төсемдермен қорғалуы керек.

Қазіргі уақытта алюминий қорытпалары тоттанудан, қорытпалардың бетін жұқа таза алюминий қабатымен қаптау және анодтаумен қорғайды. Алюминий қорытпалары иілгіш және престоу арқылы оңай өңделеді. Қорытпалардың сынғыштығы температураның 0 градустан төмен төмендеуімен төмендейді, сондықтан олар болатпен жақсы салыстырылады. Алюминий қорытпаларының кемшіліктері, ең алдымен, олардың жоғары құнын қамтиды – бұл болат құнынан бірнеше есе жоғары; төмен серпімділік модулі – болаттан үш есе аз, бұл тең жағдайларда алюминий құрылымдарының иілулерінің пропорционалды өсуіне әкеледі және сызықтық кеңеюдің айтарлықтай коэффициенті – болаттан екі есе жоғары.

Қазіргі таңда құрылыста алюминий-марганец, алюминий-магний, дуралюминий қорытпалары және «авиалды» қорытпалар кеңінен қолданылады.

Заманауи архитектураның маңызды құрылымдық материалдары болат пен алюминий болып табылады. Олар өнеркәсіптік және азаматтық ғимараттар мен құрылыстардағы тірек және қоршау құрылымдары үшін әрлеу және сәндік материал ретінде қолданылады. Металдың заманауи көзқарасы – бұл технологияның дамуы ғана емес, сонымен қатар шындықты қабылдаудың түбегейлі өзгеруін көрсететін эстетикалық көзқарастың өзгеруі.

Интерметаллидтер – металдар арасындағы қосылыстардың бірнеше ішкі торларда әртүрлі атомдардың реттелген орналасуы бар күрделі кристалдық торлар болатыны белгілі. Өздері арасында, әдетте, бағытталған байланыс күштерімен біріктіріледі. Бұл интерметаллидтік қосылыстарда нақты физикалық-механикалық қасиеттердің көрінуіне әкеледі, оларды практикада қолданылатын қатты еритін композициялардан жақсы ажыратады.

Интерметаллидтер, мысалы, титан, никель, мыс және т.б. негізіндегі ғылым мен техниканың озық салаларында ең перспективалы материалдар ретінде танылады. Осыған байланысты олардың құрылымын, сыртқы факторлардың (температура, сәулелену, қысым, екі компонентті жүйелердің үшінші құрамдас бөліктерімен қоспалау және т.б.) әсерінен фазалық түрленуін зерттеуге әлемдік ғылымда көбірек көңіл бөлінуде. Атомара-

лық өзара әрекеттесу процестерінің физикасы, ретті-ретсіздену және интерметаллидтер негізінде қатты ерітінділердің түзілу физикасы ерекше мұқият зерттеліп жатқанын атап өту маңызды.

Соңғысы үшінші құрамдастардың атомдары еріген кезде екі компонентті қосылыстардың қасиеттері қатты еритін композицияларда ерекше қасиеттердің пайда болуына әкеліп соғатын өте күшті өзгеруі мүмкін екендігіне байланысты. Өкінішке орай, бұл зерттеу саласы баяу дамуда.

Нәтижелері және оларды талқылау. Бұл мақалада электронды қосылыстар класына жататын Cu_5Zn_8 және Cu_9Al_4 , $\text{Cu}_{32}\text{Al}_{19}$, $\text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$ интерметаллидтердің өзара әрекеттесуін зерттеу нәтижелерін береміз. Әдебиеттерде олардың өзара ерігіштігі туралы қарама-қайшы мәліметтер берілген. Кейбір жұмыстарда олардың бір-бірімен қатты ерітінділердің үздіксіз қатарын құрайтыны, басқаларында олардың арасында ерігіштіктің мүлдем болмауы көрсетілген.

Зерттеулер рентгенография әдістерін, оптикалық микроскопияны және физика-химиялық талдау әдістерін қолдана отырып жүргізілді. Алынған тәжірибелік мәліметтер Cu-Al-Zn жүйесінің γ -аймағындағы қосылыстарды айтарлықтай тазартуға мүмкіндік берді. 20-200 °C диапазонында Cu_9Al_4 және Cu_5Zn_8 қосылыстары әдебиеттерде бар көрсеткіштерге қарамастан, бір-бірінен қатты ерітінділердің үздіксіз қатарын түзмейтіні анық анықталды. Cu_9Al_4 , $\text{Cu}_{32}\text{Al}_{19}$, $\text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$ қосылыстары (олардың диаграммада тәуелсіз фазалық аймақтары бар және кристаллографиялық симметриямен ерекшеленеді) бөлме температурасына жақын шектеулі қатты ерітінділер құрайды.

Сонымен қатар, $\text{Cu}_9\text{Al}_4 \rightarrow \text{Cu}_{32}\text{Al}_{19} \rightarrow \text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$ қатарында интерметаллидтер торларының құрылымы күрделеніп, ақаулылығы жоғарылаған сайын олардың үшінші компонентті (мырышты) еріту қабілеті төмендеп, 30,27 және 10 масс. % құрайтыны анықталды. Мыс-мырыш жүйесінің γ -аймағындағы қорытпалардағы алюминийдің ерігіштігі γ -жездің құрамынан іс жүзінде тәуелсіз және шамамен 4 масс. %. Cu_9Al_4 электронды қосылысының жоғары температуралы γ -модификациясы мен Cu_5Zn_8 интерметаллид арасында қатты ерітінділердің үздіксіз қатары түзілетіні анықталды.

Корниловтың эмпирикалық ережелері тұрғысынан γ -аймақтағы Cu-Al-Zn жүйесінің күй диаграммасының құрылымын талдау, үштік күй диаграммаларының құрылымы, кристалдық құрылым және физикалық-механикалық байланыстар арасындағы байланысты белгілейді, өзара әрекеттесетін қосылыстардың қасиеттері, Cu_9Al_4 , $\text{Cu}_{32}\text{Al}_{19}$, $\text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$ интерметаллидтердің Cu_5Zn_8 металлидімен әрекеттесу табиғаты осы ережелер аясында жатыр, бұл олардың толықтығын тағы бір рет растайды.

Шектеулі қатты ерітінділер аймағындағы үшінші элементтің концентрациясына байланысты мыс негізіндегі интерметаллидтер жүйелеріндегі ($\text{Cu}_5\text{Zn}_8 - \text{Cu}_9\text{Al}_4$, $\text{Cu}_5\text{Zn}_8 - \text{Cu}_{32}\text{Al}_{19}$, $\text{Cu}_5\text{Zn}_8 - \text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$) электрөткізгіштіктің, микроқаттылықтың, қатты еритін композициялардың сызықтық кеңеюінің өзгерістері зерттелді. $\text{Cu}_{32}\text{Al}_{19}$ және $\text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$ қосылыстары негізіндегі төмен симметриялы қатты ерітінділерден Cu_9Al_4 қосылыстары негізіндегі куб симметриялы ерітінділерге өткенде сызықтық кеңею және электрлік кедергі коэффициенттері, сонымен қатар микроқаттылық өсетіні көрсетілген. Осылайша, Cu_9Al_4 және Cu_5Zn_8 интерметалл қосылыстарының мөлшерінің артуы беріктіктің, меншікті кедергінің және Холл тұрақтысының (абсолюттік мәнде) монотонды өсуіне әкеледі.

5-суретте концентрацияға байланысты Cu_9Al_4 және Cu_5Zn_8 негізіндегі қатты ерітінділердің біртектілігі аймағында үштік қорытпалардың физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеруі көрсетілген. Кристалл торының параметрі (a) қорытпалардағы Cu_9Al_4 компонентінің концентрациясына тура пропорционалды түрде төмендейді.

Дегенмен, электр кедергісінің жылулық коэффициенті (α_p), термо-ЭҚК дифференциалдық мәні (R) сияқты сипаттамалар концентрацияға байланысты өте күрделі тәуелділікте. Біртекті үштік қатты ерітінділер аймағында негізгі физикалық-механикалық қасиеттердің монотонды өзгерісі байқалады.

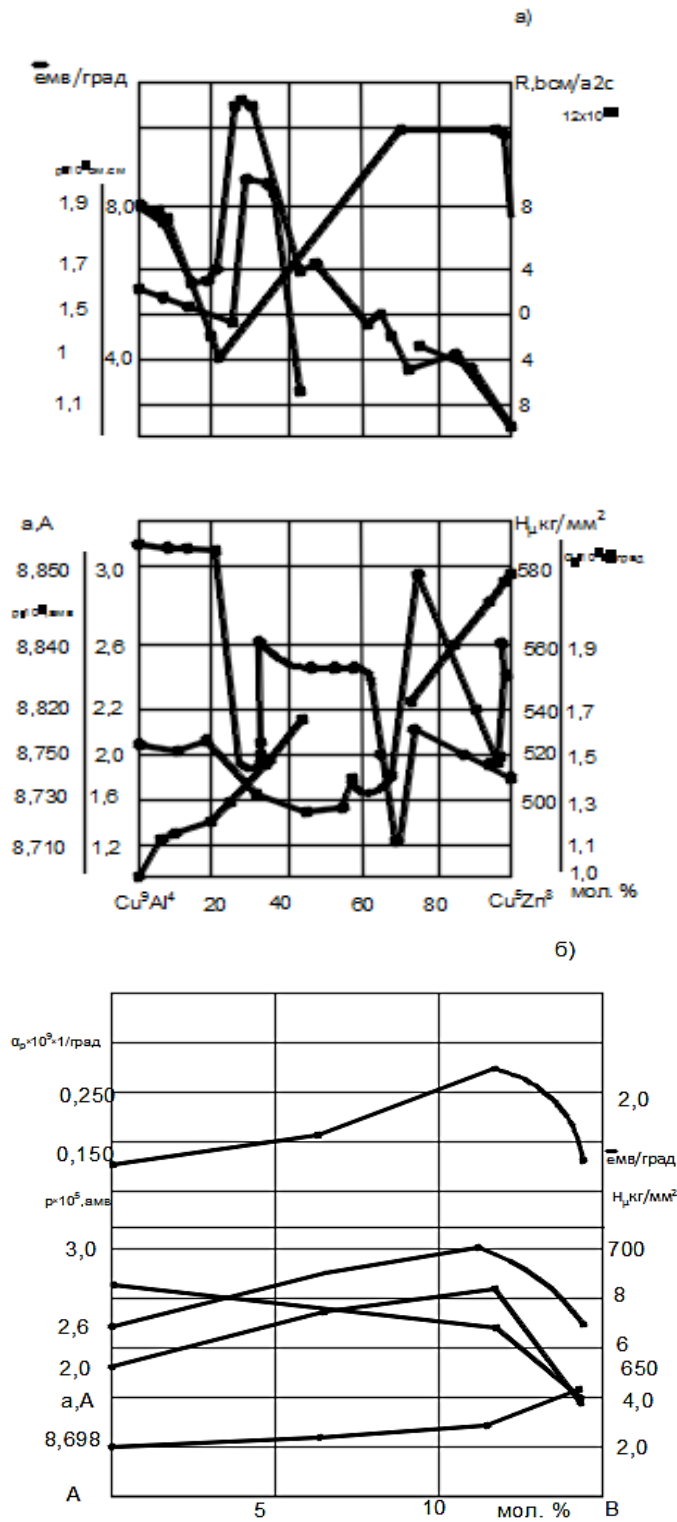
$\text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$ металлді (γ' -мыс-алюминий жүйелерінің модификациясы) негізіндегі біртекті қатты ерітінділер диапазонында қорытпалардың құрамына байланысты физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеруі «тегіс» қисық сызықтар бойымен жүреді.

5, б-суретіне сәйкес шеткі нүкте бірлік ұяшықтағы атомдардың ең аз мөлшерімен сәйкес келеді. Микроқаттылықтың, дифференциалды термо-ЭҚК-нің, электр кедергісінің жылулық коэффициентінің қисықтары осындай курсқа ие. В компонентінің үлгілеріндегі (екілік қорытпасы 33,4 % Cu+Zn) құрамының жоғарылауымен кристалдық тордың параметрі сызықты түрде өспейді.

В компонентінің 11 моль.%-дан астамын еріткен кезде тордың параметрі 1 моль.%, В концентрациясы диапазонында 1 моль.%. В үшін $0,001 \text{ A}^0$ қарсы 1 моль.%, В $0,004 \text{ A}^0$ артады. Үлгілердің электрлік кедергісінің төмендеуі 5, б-суретіне сәйкес құрамында 11-14 моль.% В бар қорытпалар құрамының өзгеру диапазонында айтарлықтай артады.

Cu_9Al_4 және $\text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$ интерметаллидтер негізінде біртекті қатты ерітінділердің физикалық-механикалық сипаттамалары туралы мәліметтерді салыстыра отырып, ерігіштік түрінің өзгерісі бар екенін көруге болады. Осы екі жағдайда да жасушадағы атомдар саны 52-ге (Cu_9Al_4) немесе 50-ге ($\text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$) дейін қалпына келген кезде құрылымы бірдей болғанда «қасиет-құрам» қисықтарының мінез-құлқындағы елеулі өзгеріс орын алады.

γ' -фазаға негізделген қатты ерітінділер торындағы атомдар санының азаюы шамалы болғандықтан, концентрациясы бар қасиеттердің өзгеруі де айқын көрінеді. Алайда, бұл жағдайда да атомдардың азаюынан бірлік ұяшығына «қалыпты» ауысқан кезде бағытталған байланыс күштері әлсірейді, оны 5, б-суретке сәйкес концентрацияға байланысты физикалық-механикалық қасиеттердің өзгеруі туралы деректерді талдау негізінде бағалауға болады.



5-сурет. Концентрацияға байланысты электрондық қосылыс (б) негізіндегі металлдер (а) негізіндегі біртектілік аймағындағы үштік қорытпалардың физикалық-механикалық қасиеттерінің максимум арқылы өзгеруі

Қорытынды. Алынған нәтижелер қосылыстар торларындағы атомаралық өзара әрекеттесу күштерінің жеке қорытпаның ішкі торларындағы атомдардың таза металл жұптық өзара әрекеттесуінен негізінен коваленттікке ауысуы туралы идеялар шеңберінде қарастырылады.

Жұмыста интерметаллидтердің негізіндегі үштік қатты ерітінділердің атомдық-кристалдық құрылымы жүйелі түрде, көптеген физикалық зерттеу тәсілдерін қолдана отырып зерделенді, интерметаллидтердің әртүрлі модификацияларының орташа және жоғары температураларда өзара әсерлесу ерекшеліктері айқындалды.

Зерттеу барысында мынадай нәтижелер алынды:

– Cu_5Zn_8 интерметаллиді Cu_9Al_4 , $\text{Cu}_{30}\text{Al}_{20}$, $\text{Cu}_{32}\text{Al}_{19}$ интерметаллидтермен үздіксіз қатты ерітіндіні құрамайды;

– шектеулі қатты ерітінділердің болу шектері анықталды;

– Cu_9Al_4 қоспасының жоғары температуралы γ' – модификациясы мен Cu_5Zn_8 интерметаллидінің арасында үздіксіз өзара ерігіштің бар екені көрсетілді;

– Cu_5Zn_8 интерметаллиді торында еритін алюминий атомдарының орны анықталды;

– гетерогенді $\text{Cu}_5\text{Zn}_8+\text{Cu}_9\text{Al}_4$ қоспалардың электр кедергілері, термиялық сызықтық ұлғаю коэффициенттері, дифференциалдың термоЭЖК, Холл тұрақтылары және микроқаттылықтары моноинтерметаллидтердің осы қасиеттерінен өзгеше екендігі айқындалды.

Гетерогенді қоспалардың жоғарыда айтылған қасиеттерін екі түрлі интерметаллидтік фазаның қасиеттерінің комбинациясы ретінде өрнектеуге болатыны айқындалды.

Әдебиеттер тізімі

1. Бадамшин И.Х. От четырех к одному. Силы внутриатомного взаимодействия и прочность материалов. М.: Изд. дом Академии естествознания, 2017. 90 с.
2. <https://prompriem.ru/splavyi/intermetallidy.html>
3. <https://extxe.com/13924/intermetallidy-intermetallidnye-splavy/>
4. Физико-химические подходы к выбору легирующих элементов в тройных сплавах с эффектами памяти формы на основе никелида титана. //Известия Томского политехнического университета. 2018. Т. 319. № 2
5. Бадамшин И.Х. Результаты моделирования упругих свойств наноструктур на основе углерода и кремния //Нанотехнологии функциональных материалов: тр. Междунар. науч.-техн. конф. 24–28 июня 2017г. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 460 с.
6. <https://www.chem21.info/info/1845391/>
7. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400010274>
8. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/70316/1/978-5-7996-2598-6_2019.pdf
9. <https://moluch.ru/archive/144/40484/>
10. <https://tse.expert/info-block/opinions/tsvetnye-metally/>
11. Коробейников, А. С. Использование современных строительных материалов как экономически выгодный аспект строительства на примере реконструкции зданий с применением технологии легких стальных тонкостенных конструкций / А.С.Коробейников, Н.А. Шнидман. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 10(144). – С. 64-66.
12. Цветные металлы и сплавы: учебное пособие/Т.В. Мальцева, Н.Н.Озерец, А.В.Левина, Е.А. Ишина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 176 с.
13. <http://chemlib.ru/books/item/f00/s00/z0000034/st026.shtml>
14. <http://stroy-server.ru/notes/tsvetnye-metally-i-splavy>
15. А.И. Ковтунов, С.В. Мямин Интерметаллидные сплавы. – ВОФГБОУ «Тольятинский государственный университет», 2018.

References

1. Badamshin I.H. Ot chetyreh k odnomu. Sily vnutriatomnogo vzaimodejstviya i prochnost' materialov. – М.: Изд. дом Академии естествознания, 2017. – 90 с.

2. <https://prompriem.ru/splavyi/intermetallidy.html>
 3. <https://extxe.com/13924/intermetallidy-intermetallidnye-splavy/>
 4. Fiziko-himicheskie podhody k vyboru legiruyushchih elementov v trojnyh splavah s effektami pamyati formy na osnove nikelida titana. //Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2018. T. 319. № 2.
 5. Badamshin I.H. Rezul'taty modelirovaniya uprugih svojstv nanostruktur na osnove ugleroda i kremniya //Nanotekhnologii funkcional'nyh materialov: tr. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. 24–28 iyunya 2017g. SPb.: Izd-vo Politekhn.un-ta, 2017. 460 s.
 6. <https://www.chem21.info/info/1845391/>
 7. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400010274>
 8. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/70316/1/978-5-7996-2598-6_2019.pdf
 9. <https://moluch.ru/archive/144/40484/>
 10. <https://tse.expert/info-block/opinions/tsvetnye-metally/>
 11. Korobejnikov. A. S. Ispol'zovanie sovremennyh stroitel'nyh materialov kak ekonomicheski vygodnyj aspekt stroitel'stva na primere rekonstrukcii zdaniy s primeneniem tekhnologii legkih stal'nyh tonkostennyh konstrukcij /A.S.Korobejnikov, N.A.SHnidman. – Tekst: neposredstvennyj//Molodoj uchenyj. – 2017. – № 10(144). – S. 64-66.
 12. Cvetnye metally i splavy : uchebnoe posobie/T.V. Mal'ceva, N.N.Ozerec, A.V.Levina, E.A. Ishina. – Ekaterinburg : Izd-vo Ural. un-ta, 2019. – 176 s.
 13. <http://chemlib.ru/books/item/f00/s00/z0000034/st026.shtml>
 14. <http://stroy-server.ru/notes/tsvetnye-metally-i-splavy>
 15. A.I. Kovtunov, S.V. Myamin Intermetallidnye splavy, VO FGBOU «Tol'yatinskij gosudarstvennyj universitet», 2018.
-
-