

А.Т. ПАЗЫЛ¹, Н.А. ШЕКТИБАЕВ²

¹Қожа Ахмет Ясауи атындағы қазақ-түрік университетінің магистранты
(Қазақстан, Түркістан), E-mail: akerke.pazil@mail.ru

²PhD, аға оқытушы

Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті
(Қазақстан, Түркістан), E-mail: nurdaulet.shektibaev@ayu.edu.kz

« $\gamma - Mn - Cu$ ҚОРЫТПАЛАР ЖҮЙЕСІНІҢ ГЕТЕРОГЕНДІК ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ФИЗИКА - МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ»

Аңдатпа. Адамзатты өндірістегі еңбектен босатып, технологиялық процестерді, механизмдерді машиналарды басқаруды автоматтандыратын, машина өндірісінің жаңа түрі – автоматтандыру заманы келді. Автоматтандыру кез-келген өндірістің тиімділігін арттырып қана қоймай үздік нәтижеге жетуге жол ашады.

Бұл мақалада $\gamma - Mn - Cu$ қорытпалар жүйесінің гетерогендік құрылымының физика - механикалық қасиеттері қарастырылған.

Технологиялық үдерістерді автоматтандырылғанына, механикаландырылғанына немесе өңдеудің топтық әдісін қолданылатынына қарамастан, автоматтандырылған тораптарды баптау әрекеттері еңбекті көп қажетсінетін жұмыс болып қала береді және қол еңбегін пайдалану арқылы орындалады. Электр техникалық материалдар түрлерін, олардың қасиеттерін қарастыра отырып, олардың тиімді жақтарын ашып, өндіріс орындарында қолданамыз. Техникада түсті металдардың маңызы зор. Себебі олардың физикалық – механикалық қасиеттеріне қарай оларға сұраныс бар.

Ғылыми зерттеулерді жүргізу кезде база ретінде Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің физика кафедрасында жүргізілді. Ғылыми әдіс ретінде қорытпаларды қыздыру, балқыту, өңдеу, бағалау, талдау әдісі қолданылды.

Тәжірибелік зерттеулер 45-85 пайыз марганеці бар мыс қорытпаларына әртүрлі элементтермен легіріленген 50 және 60 пайыздық қорытпаларына және олардың 10ға дейінгі концентрациядағы комбинацияға жүргізілді. Жоғары дәлдікті алу үшін қайта-қайта өлшеулер жасалды. Металл материалдардағы экстремалды сыртқы әсерлер (күшті пластикалық деформация, жоғары қысым, температура, радиация, агрессивті орта) кезіндегі құрылымдық және фазалық өзгерістер зерттелді. Металл материалдардағы экстремалды сыртқы әсерлер (күшті пластикалық деформация, жоғары қысым, температура, радиация, агрессивті орта) кезіндегі құрылымдық және фазалық өзгерістер зерттелді.

Кілт сөздер: қыздыру, балқыту, марганец, мыс, қорытпа, концентрация, комбинация, легіріленген.

A.T. Pazil¹, N.A. Shektibaev²

¹Master's student of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
(Kazakhstan, Turkistan), E-mail: akerke.pazil@mail.ru

²PhD, senior lecturer

Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
(Kazakhstan, Turkistan), E-mail: nurdaulet.shektibaev@ayu.edu.kz

**Investigation of the physical and mechanical properties of the heterogeneous structure of the
 $\gamma - Mn - Cu$ alloy system**

Abstract. The era of automation has come, a new type of machine production that frees people from work in production and automates technological processes, mechanisms and machine control. Automation not only increases the efficiency of any production, but also opens the way to achieve the best results.

This article deals with the physical and mechanical properties of the heterogeneous structure of the mortar system.

Regardless of whether technological processes are automated, mechanized, or group processing is used, automated site tuning activities remain labor-intensive and performed using manual labor. Considering the types of electrical technical materials, their properties, we reveal their advantages and use them in production facilities. Non-ferrous metals are very important in technology. Because there is a demand for them based on their physical and mechanical properties.

Scientific research was conducted at the Department of Physics of the International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmet Yasawi as a base. The method of heating, melting, processing, evaluation and analysis of alloys was used as a scientific method.

Experimental studies were carried out on copper alloys with 45-85% manganese, 50 and 60% alloys doped with various elements and their combination in concentrations up to 10. Repeated measurements were made to obtain high accuracy. Structural and phase changes in metallic materials during extreme external effects (strong plastic deformation, high pressure, temperature, radiation, aggressive environment) were studied. We studied structural and phase changes in metallic materials during extreme external influences (strong plastic deformation, high pressure, temperature, radiation, aggressive environment).

Keywords: heating, smelting, manganese, copper, alloy, concentration, combination, alloyed.

А.Т. Пазыл¹, Н.А. Шектибаев²

¹Магистрант Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясауи

(Казахстан, Туркестан), E-mail: akerke.pazil@mail.ru

²PhD, старший преподаватель

*Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясауи
(Казахстан, Туркестан), E-mail: nurdaulet.shektibaev@ayu.edu.kz*

Исследование физико-механических свойств гетерогенной структуры системы $\gamma - Mn - Cu$ - сплавов»

Аннотация. Наступила эпоха автоматизации, нового вида машинного производства, освобождающего людей от труда на производстве и автоматизирующего технологические процессы, механизмы и управление машинами. Автоматизация не только повышает эффективность любого производства, но и открывает путь к достижению наилучших результатов.

В данной статье рассматриваются физико-механические свойства неоднородной структуры растворной системы.

Независимо от того, автоматизированы ли технологические процессы, механизированы или используется групповая обработка, автоматизированные мероприятия по настройке площадки остаются трудоемкими и выполняются с использованием ручного труда. Рассматривая виды электротехнических материалов, их свойства, выявляем их преимущества и используем в производственных объектах. Цветные металлы очень важны в технике. Потому что на них есть спрос, исходя из их физико-механических свойств.

Научные исследования проводились на базе физического факультета Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмета Ясауи. В качестве научного метода

использовался метод нагрева, плавления, обработки, оценки и анализа сплавов.

Экспериментальные исследования проводились на сплавах меди с 45-85 % марганца, 50 и 60 % сплавов, легированных различными элементами и их сочетаниями в концентрациях до 10. Для получения высокой точности проводились повторные измерения. Исследованы структурно-фазовые изменения в металлических материалах при экстремальных внешних воздействиях (сильная пластическая деформация, высокое давление, температура, радиация, агрессивная среда). Исследованы структурные и фазовые изменения в металлических материалах при экстремальных внешних воздействиях (сильная пластическая деформация, высокое давление, температура, радиация, агрессивная среда).

Ключевые слова: нагрев, плавка, марганец, медь, сплав, концентрация, сочетание, легированный.

Кіріспе

Термосерпимді мартенситтік түрленуі бар қорытпалардың ішінде марганец мөлшері жоғары Mn-Cu жүйесінің қорытпалары ерекше орын алады. Бұл қорытпалар жүйесі ұзақ уақыт бойы зерттеушілердің назарын аударып келеді, себебі оларда жоғары демпферлік қабілеттің өте сирек үйлесімі және физикалық және механикалық қасиеттердің жақсы үйлесімі бар. Mn-Cu жүйесінің қорытпаларында термосерпимділік белгілері бар мартенситті түрлендірумен бірге жүреді. Өртүрлі типтегі фазалық ауысулардың мұндай үйлесуі фазалық түрлендірулердің өз механизмінде және кинетикасында да, функционалдық қасиеттердің көрінісінде де жаңа сапалық белгілерге әкеліп соғады, бұл сөзсіз үлкен ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады. Осы орайда шет ел ғалымдары К.Сугимотоның еңбектерінің арқасында Е.З. Винтайкина, В.А. Удовенко бұл қорытпалардың құрылымының қалыптасуы туралы көптеген материалдар жинақтап үлгерді, бірақ қазіргі уақытта марганец-мыс қорытпаларында магниттік құрылымдық ауысу туралы нақты түсінік жоқ. Бұл Mn-Cu қорытпаларын жаңа перспективті функционалдық қорытпалар ретінде толық пайдалануға мүмкіндік бермейді. Бұл менің осы мақалаға тақырып ретінде тандауымның басты себебі Mn-Cu қорытпаларын жаңа перспективалық материалдар ретінде қолдану оларда болып жатқан фазалық және құрылымдық өзгерістерді егжей-тегжейлі зерттеу және олардың физикалық табиғатын анықтау нәтижесінде ғана мүмкін болады. Бұл құрылымдық және физикалық талдаудың заманауи әдістерін тарту және дамыту арқылы жүйелі зерттеулерді қажет етеді. Бұл жағдайда мартенситті даму процесінде тікелей құрылымдық өзгерістердің кинетикасын қадағалауға мүмкіндік беретін әдістер, ең алдымен механикалық спектроскопия әдістері маңызды болып табылады. Серпимсіз әсерлердің жоғары сезімталдығы мен таңдамалылығына байланысты олардың кең ақпараттық мүмкіндіктері фазалық түрлену механизмдерін зерттеуде сәтті қолданудың кілті болып табылады. Ішкі үйкеліс әдісін қолданудың негізі шетелдік және отандық авторлардың (В.С.Постников, Дж.Делорме, В.Н.Белько) еңбектерінде жасалған фазалық серпимсіздік теориясы болып табылады. Ең өзекті мәселелердің қатарында энергия шашырауының температуралық, амплитудалық спектрлерін талдау, олардың пайда болуына әртүрлі механизмдердің үлесін анықтау және мартенситтік түрлену кезінде серпимсіздіктің көріну заңдылықтарын ашу мәселесі қалып отыр. Соңғысын түсіндіру үшін бірқатар модельдер ұсынылды (Дж.Делорм, Г.Гремо, Ю.Н. Ванг, В.Деджонге), алайда олардың ешқайсысын әмбебап деп санауға болмайды, өйткені ол бір немесе екі қорытпада сыналған. Бұл үлгілерді сынау үшін зерттелетін материалдардың ауқымын кеңейту қажет. Бұл жаңа эксперименттік мәліметтерді жинақтауды ғана емес, сонымен қатар процестерге қатысатын механизмдерді теориялық талдауды қажет етеді [1].

Фазалық ауысу аймағындағы Mn-Cu жүйесінің қорытпалары серпимсіз және серпимді қасиеттердің аномальді жағынан сипатталады. Марганец-мыс қорытпаларындағы көптеген зерттеулерге қарамастан, әдебиеттерде бұл аномалияларды толық ешкім зерттеген жоқ, ұсынылған жұмыстардың көпшілігі нақты мәселелермен айналысады. Бұл құбылыстар

олардың модельдік бейнелерге сәйкестігі тұрғысынан талданбаған. Сонымен қатар, Mn-Cu жүйесінің қорытпаларындағы серпімді және серпімсіз әсерлерді түсіндірудің әзірленген тәсілдерін қолдану жаңа эксперимент нәтижелерінің модельдік тұжырымдамаларға сәйкестігін тексеруге ғана емес, сонымен қатар табиғаты және табиғаты туралы құнды ақпарат алуға мүмкіндік береді [2].

Жұмыстың мақсаты Mn-Cu жүйесінің жоғары марганецті қорытпаларының физика-механикалық қасиеттерін қалыптастыру және магниттік құрылымдық түрлендіру дамуының негізгі заңдылықтарын белгілеу болды. Алынған нәтижелермен төменде көрсетілді

- Mn-Cu жүйесінің жоғары марганецті қорытпаларындағы магниттік құрылымдық түрленудің табиғаты мен параметрлерін зерттеу үшін серпімді және серпімсіз әсерлердің кешенді талдауын қолдану мүмкіндігі расталды

- VT фаза максимумына сыртқы факторлардың әсерін талдау негізінде оның түзілуі термосерпімді мартенситтік трансформацияға байланысты екендігі көрсетілді

- тікелей мартенситті түрлендіруді жүзеге асыру кезінде магниттік компоненттің мартенситке дейінгі серпімді және серпімсіз әсерлерге қосқан үлесі анықталды;

- никельмен және хроммен легирлеу кезінде Mn80-Cu20 қорытпасында мартенситті түрлендірудің параметрлері мен түрінің өзгеруі анықталды;

- Mn-Cu жүйесінің қорытпаларындағы түзілу механизмінің өзгеруіне сәйкес келетін алдын ала ығысу критикалық деформациясының мәні анықталды [3].

Қазіргі жағдайдағы ғылым-техникалық прогресстің негізі ретінде жаңа перспективті материалдарды жетілдіру мен өндіріске ендіру болып табылады. Осы жолда негізгі үш бағытты таңдап алуымыз керек.

- Белгілі алапта эффективті қолданыстағы, традициялық материалдарды жетілдіру. Бұл бағытқа конструкциялық және инструментальдық болаттардың қасиеттерін жақсарту, магниттік жазбалардың тығыздығын арттыру үшін магнитке қатты материалдар қасиетін комплексті түрде оптимизациялау, жартылай өткізгіштік кремний материалдарынан жасалатын құралдардың көлемін кішірейту технологиясын одан ары дамыту т.т.

- Қазіргі кезде қолданыстағы материалдардың орнын алмастыратын традициялық емес материалдарды жасау. Мысалы ретінде конструкциялық материалдар ретінде қолданыстағы пластикалық және керамикалық материалдар, резистивті және магнитке жұмсақ материал ретінде аморфты қорытпаларды қолдану, техниканың әртүрлі алабында композициялық материалды ендіру .

- Қолданыстағыдан негізінде өзгеше техникалық тоқтам үшін, сапа жағынан жаңа бұрын соңды болмаған материалдарды жасап шығару. Мысал үшін электрлік және магниттік жүйедегі жаңа буын ойлап табу үшін жоғары температурадағы асқан өткізгіштікті қолдану, оптикалық компьютер үшін микрондық жартылай өткізгіштік лазерлер жасау тағы да басқа көптеген жаңа техниканың жетістігін пайдалану [4].

Әдістемелік бөлім

Зерттеу жұмысының нысаны ретінде гетерогенді Mn-Cu қорытпалары таңдалынып алынды. Зерттеу жұмысы Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университетінің Физика кафедрасы зертханасында жасалды.

Ғылыми әдіс ретінде қорытпаларды қыздыру, балқыту, өңдеу, бағалау, талдау әдісі қолданылды.

Mn85-Cu45 жүйесінің қорытпалары термиялық өңдеуден кейін кең температура диапазонында (-100 + 300 °C) жоғары диссипативті қасиеттерді көрсетеді (макс 80-10⁴h-100-10⁴ кезінде $y = 3,5 \cdot 10^{-4}$). Mn-Cu жүйесінің ескірген қорытпаларындағы энергияның шығындалу деңгейі релаксацияның және фазалық табиғаттың ішкі үйкеліс максимумдарының суперпозициясына байланысты А[^] нүктесінде табылып, реакцияға түседі. Қорытпаның құрамы және термиялық өңдеу режимі бойынша өзгеріп, төмен

температуралар жағынан - жиілікке байланысты жоғарылады. Мартенситтік фазадағы энергияның шығындалу механизмі белгіленді: деформация амплитудаларының диапазонында энергия диссипациясы дислокациялар мен әлсіз түйреуіш ақауларының өзара әрекеттесуіне байланысты 0,0067 есе жоғары мәнге өзгеріске ұшырады.

Mn-Cu жүйесінің қорытпалары ТAF нүктесінен жоғары температура диапазонында магниттік емес табиғаттың элинварлық қасиеттерін көрсетеді. Барлық зерттелген Mn-Cu қорытпаларындағы элинвариат интервалының ұзындығы 230-260 °C тең. Бұл аралықтағы серпімділік модулінің температуралық коэффициенті 7,3 0 °C көрсетті. Элинвариаттық интервалдың температуралық жағдайы термиялық өңдеу режимімен бақыланды. Mn-Cu жүйесінің қорытпаларындағы пішінді есте сақтау әсерінің параметрлері анықталды. Легірлеудің ШОБ сипаттамаларына елеусіз әсер етуі барлық зерттелетін қорытпалардағы пішінді өзгерту механизмдерінің ортақтығын көрсетеді. Mn-Cu жүйесінің зерттелген қорытпаларының түзілуіне сырғанау деформациясының елеулі үлесі анықталды және деформация механизмінің өзгеруіне және қалпына келмеген деформацияның жинақталуының басталуына сәйкес алдын ала деформацияның ν_{k1} сыни дәрежелері анықталды [5].

Жұмыста зерттелген Mn-Cu негізіндегі қорытпалар жүйесінің тізімі 1 – кестеде берілген.

Алдын ала рафиндалған марганец пен электролитикалық мыстарды ашық индукциядағы пештегі криолит шылағының астында қос элемент қорытпасы қорытылып слиткаға құйылды. Осы айтылған әдіс бойынша қорытпаны алу құрамы есептелініп алынған қорытпалардың құрамына жақын болады, бұл жағдайда мәжбүрліктен енген C, S, P қоспалар үлесінің әрқайсысы 0,01-0,03% дан аспайды.

Кесте 1. Зерттелінген Mn-Cu негізіндегі қорытпалар жүйесінің құрамы

№ пп	Қорытпаның шартты белгісі	Марганец, %	Мыс, %
1	25Г75Д	25	75
2	30Г70Д	30	70
3	35Г65Д	35	65
4	40Г60Д	40	60
5	45Г55Д	45	55
6	55Г45Д	55	45
7	60Г40Д	60	40
8	65Г35Д	65	35
9	70Г30Д	70	30
10	75Г25Д	75	25
11	80Г20Д	80	20
12	85Г15Д	85	15

Тазалатылған құймалар сутунка мен прутокқа прокатталды. Сутунканы қыздырып, қызған прокатка әдісімен (700-8500C) қалыңдығы 6 мм болатын жалпақ материал алынды. Mn-Cu құйылған қорытпа дендритті ликвацияға бейім келеді. Ол дендритті ликвациядан құтылудың бірден бір жолы қорытпаны гомогендік қыздырудан өткізу керек. Гомогендік қыздыру температурасы фазалық диаграмманың жоғары температуралық γ - алабының жоғарғы шекарасына келуі керек, ал оның уақыты 20 сағаттан кем болмауы керек. Бұл [6] жұмыстардың мәліметі бойынша осы температура мен уақыттардағы гомогендей құрамы бойынша теңестіруге алып келеді және құрылымның ақауын «емдейді», бұл өз кезегінде α – марганецтің бөлініп шығуына кедергі жасайды [7].

Қорытпалардың құрамы химиялық анализ бойынша балқытуға берілген тапсырысқа сәйкес келеді. Алынған құймалар құрамы бойынша мүмкіндігінше біркелкі болған, ол мәнге құйманың әртүрлі жерінен алынған қорытпа торының периодының мәліметінен білуге болады. Текстураға байланысты үлгінің бағытталған кесіндісін гониометрикалық ұстағышы бар электроискралық қондырғыда алынды.

Барлық қорытпаларды алар алдында олардың құрамын, түрлі механикалық, термомеханикалық және термиялық әсерлердің барысында қорытпаларда тек γ – фаза қалыптасуы, яғни барлық технологиялық өзгерістерде ешқандай α – фазаға өзгермейтіндей, барлық өзгерістер γ – фазаның төңірегінде өтуі қажет.

Қорытпа кристалының микроқұрылымын зерттеу әдісі:

Қарастырылып отырған жоғарғы демпферлік қасиеті бар қорытпалардың кристалдық және магниттік құрылымын кристалқұрылымдық анализді тікелей, нейтронографиялық, рентгенографиялық әдістермен зерттеп қорытпа құрылымдары туралы мәліметтерді алып, электронмикроскопиялық зерттеу толық қарастырылмаған. Сол бағытта жұмыс істеу үшін, қойылған мақсатымызға жету үшін микроструктуралық зерттеулерді электрондық микроскопта жүргізу керек. Сонымен қатар нейтронографиялық зерттеуде бірқатар кемшіліктер болады, ол ең алдымен, спектр интенсивтілігінің анықтау қасиетінің төмендігі, мен алғашқы нейтрон шоқтарының интенсивтілігінің аздығы болып келеді. Оның үстіне фазалық құрамы мен жұқа кристалдық құрылымын әдеттегіше рентгенографиялық әдісті қолданады [8].

Осының бәрі жоғары демпферлік қасиеті бар қорытпалардың құрылымының қалыптасуы мен демпферлік қасиетінің арасындағы байланысты көрсетіп бере алмайды. Осы сияқты мақсатқа жету жолындағы мәселені шешу үшін, яғни демпферлік қорытпалардың проблемаларын шешу барысында мартенсит фазасының морфологиясын зерттеу керек, сонымен қатар деформацияға түскен құрылымның ерекшеліктерін зерттеу жарық өтетін электронды микроскопты қолдану әдісін пайдалануды қажет етеді. Бұл әдіс материалдың құрылымын көрнекі етіп демпферлік механизмді түсіндіруге тиынақты қорытынды жасап өз үлесін қосады.

Электронномикроскопиялық зерттеу әдісі:

Қорытпалардың жұқа микроқұрылымдарын зерттеу, сонымен қатар қорытпалардағы түрлі деформациялық, термомеханикалық және термиялық сыртқы, ішкі әсерлердің қорытпа қасиеттеріне тигізетін өзгерістерін жарықты өткізетін (просвечивающей) үдеткіш кернеуі 120 кВ болатын Tesla BS – 540 электронды микроскоппен жүргізілді. Бұл жерде жарық өріс пен қараңғылау өрістер әдісін қолданып (әртүрлі рефлексте оның ішінде қосарланатын) көрініс пайдаланылды.

Электронномикроскопиялық зерттеу үшін электроискралық қондырғыда қалыңдығы 0,2 миллиметр болатын жұқа фальга дайындап кесілді, ол фальга алдымен 0,1 миллиметрге дейін наждақ қағазында шлифовка жасалды. Түбегейлі жұқартуды ($\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Cr}_2\text{O}_3$) «қара элоктролитте» электролиттік әдіспен 15 милливольт кернеуде жұқа бөліктері көрінгенше (50-150 нанометр қалыңдыққа дейін), электрон шоқтары оңай өтетіндей етіп жасалды.

Демпферлік қасиетті өлшеу әдісі:

Қорытпалардың демпферлік қасиетін зерттеу, олардың тербелістерінің логарифмдік декрементін өлшей арқылы орындалады. Ол, тербелістің логарифмдік декременті кері иілетін маятник тәрізді өлшегіш қондырғыда орындалады. 1 - суретте көрсетілген.

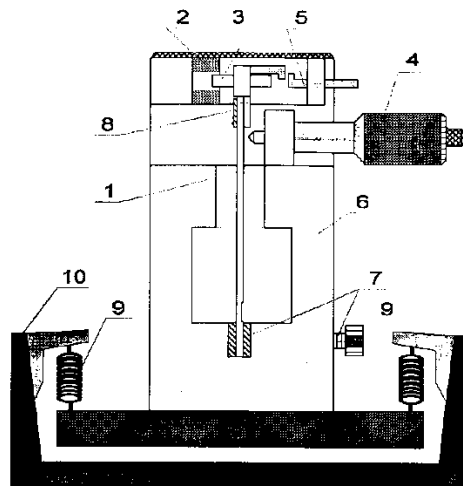
Жұмыс бөлігінің алабында көп есе кішірейтілген инерция моментінің кескіні бар сыналған материал үлгісі (1) өте берік магнитті емес болаттан жасалған (7) үлгі бекітуші арқылы салмақты плита негізіне (6) серпімді ілулі элементке (9) қатаң бекітілген. Үлгінің екінші ұшына магнит емес материал (8) арқылы тұрақты магнит (3) бекітілген.

Материалдың демпферлік қасиеті үлгінің (1) өшетін еркін тербеліс спекторын анализ жасау арқылы анықталады. Тербелістің бастапқы деформация амплитудасы үлгінің жұмыс

бөлігінің майысу шамасының берілуімен анықталады, ол үлгінің бос бөлігінің иілуін микрометрлік винт (4) арқылы анықталынады. Жұмыс бөлігінің сыртқы талшығының салыстырмалы ұзару мәнін күрделі кескінді консальды бекітілген арқалықтың иілу теңдеуі арқылы есептелген, сонан соң оны жұмыс бөлігіне тензодатчикті жабыстыру арқылы экспериментальды тексерген [9].

Тербелісті тіркеу үшін шексіз индукциялық датчикті қолданған. Ол датчик индуктивті (2) катушкадан және тұрақты (3) магниттен тұрады. Үлгіні майыстырып оны фиксатормен бекітіледі. Сонан соң оны жіберуші механизммен жібереді, басында магнит бекітілген үлгі жіберілгеннен соң еркін тербеліске түседі, тербелістегі тұрақты магнит катушкада индукцияланған электр қозғаушы күшін тудырады индукциялық ток магниттің қозғалыс жылдамдығына пропорционал болады да координатаның туындысы ретінде сипатталынады. Осы индукция тогының өзгерісін, информация, ақпарат ретінде автоматты түрде қабылдап нәтижені алғашқы өңдеуін персоналды компьютер базасында жасалады. Өлшенілетін катушкадан ишарат (сигнал) $\Phi - 4223$ аналого-цифрлық түрлендірушінің кірісіне келіп түседі. Жеке компьютер мәліметтерді жинап, сол мәлімет бойынша тербеліс амплитудасын жедел түрде анықтап материалдың демпферлік қасиетін анықтап береді [10].

Нәтижені шығарып берудің салыстырмалы қателігі 1-3% - дан аспайды. Автоматтандырылған жүйе материалдың демпферлік қасиетін $4 \times 10^{-5} - 1.5 \times 10^{-3}$ тербеліс амплитуда мен 20-50 Гц жиілік диапазондарында анықтауға (үлгінің өзінің жиілігі серпімділік модулі мен геометриясымен анықталады) мүмкіндігі бар.



Сурет 1. Кері иілетін маятник әдісімен демпферлік қасиетті зерттейтін қондырғының сызбасы (1 – үлгі, 2 – индуктивтілік катушқасы, 3 – тұрақты магнит, 4 – микрометрлік винт, 5 – жіберуші механизм, 6 – ауыр магниттелмейтін плитка, 7 – үлгіні бекітуші, 8 – магнитті бекітуші, 9 – серпімді ілулі элемент, 10 – негізі).

Москвадағы қара металдар орталық ғылыми зерттеу институтындағы металдар физикасы және материалтану институтының ғылыми зерттеу лабораториясындағы қондырғылар жұмысы осы бағытта жүріп отыр, бізге өзіміздің істейтін жұмысымыздың қайсыбірі қолдан келмеген жағдайда көмекке келеді, материалдың демпферлік қасиетін анықтап береді. Нәтижені шығарып берудің салыстырмалы қателігі 1-3% - дан аспайды. Автоматтандырылған жүйе материалдың демпферлік қасиетін $4 \times 10^{-5} - 1.5 \times 10^{-3}$ тербеліс амплитуда мен 20-50 Гц жиілік диапазондарында анықтауға (үлгінің өзінің жиілігі серпімділік модулі мен геометриясымен анықталады) мүмкіндігі бар [11].

Нәтижелер, талдау және талқылау.

Mn-Cu қорытпалар жүйесін төменгі температурада, яғни мартенситті өзгеріс үрдісінің басталу температурасынан жоғары температурада, жіберетін болсақ, яғни металофизика тілінде қартайтсақ, олардың демпферлік қасиетіне әсері үлкен болады. Осы құбылыстың бар болуына ең ықтимал себебі ол Mn-Cu қорытпалар диаграмма күйінде метастабильді қатпарлану алабының әсері.

Бұл жерден көретініміз марганецтің құрамы 35% - ді құраған қорытпалардың өзінде жоғарғы демпферлік қасиет байқалады. Бұл жерде ең қызықтысы, жоғарғы демпферлік қасиетті көрсететін концентрациялық алап ГЦТ құрылымды құрап қалыптастыратын концентрациялық алаппен сәйкес келмейді ($СМпкр = 50\%$). Сонымен, төменгі температурада қыздырылған қорытпаларда, жоғарғы температурадан шыныққан қорытпаларға қарағанда, серпімді тербеліс энергиясының жоғарғы деңгейде ыдырауы (өшу мағынасында), тетрагональды мартенсит алабы мен кубтық фазаларда орын алады [12].

Төменгі температурада қыздыру уақытын 4 – 6 сағатқа дейін ұзартсақ демпферлік қасиеттің, үлгінің тербелісінің логарифмдік декременті өседі, яғни демпферлік қасиет өседі, бірақ тербелістің орта және жоғары амплитуда алабында демпферлік қасиет амплитудаға тәуелді болмайды.

Қорытпалардың демпферлік қасиетінің өсу деңгейі, төменгі температурада қыздыру уақытын 8 – 12 сағат болғанға дейін өсіп отырады, да барлық зерттелініп жатқан деформация амплитуда диапазонында демпферлік қасиеттің амплитудаға тәуелділігі байқалады.

Соңында, төменгі температурада қыздырудың соңғы сатысында қорытпалардың демпферлік қасиеті төмендейді, бірақ амплитудаға тәуелділік сипаты сақталады. Тәжірибеде байқалатыны, демпферлік қасиеттің төменгі температурада қыздыру уақытына тәуелділігінің күрделі сипаты, Mn-Cu қорытпалар жүйесін төменгі температурада қыздыру барысында құрылымдық күйі анағұрлым өзгеріске ұшырайтындығын көрсетеді, сонымен қатар тек құрылымның сандық сипаты ғана емес, оның өзінің типтік түрі де үлкен өзгеріске ұшырайды.

Тәжірибелік зерттеулер 45-85% марганеці бар қос мыс қорытпаларына, әртүрлі элементтермен легіріленген 50 және 60% марганецті мыс қорытпаларына және олардың 10%-ға дейінгі концентрациядағы жеке комбинацияларына жүргізілді. Фазалық түрлендірулердің құрылымы мен температураларын зерттеу кезінде марганец-мыс қорытпалары, жарық және электронды микроскопия, рентгендік дифракция және рентген-спектрлік микроанализ, электронды парамагниттік резонанс, магниттік сезімталдық, дилатометрия, электр кедергісі және калориметрия әдістері қолданылды.

Марганец-мыс қорытпаларының демпферлік қабілеті 20 °C температурада (2-5)-10⁻⁶ және (0,1-1,1)-10⁻³ деформация (салыстырмалы ығысу) амплитудаларында еркін сөндірілетін тербеліс әдісімен анықталды, және температура диапазоны 0 °C-тан +200 °C-қа дейін. Қорытпалардың механикалық қасиеттері бөлме температурасында зерттелді.

Марганец-мыс қорытпаларының амплитудаға тәуелсіз демпфингіне легірлеудің әсері зерттелді және амплитудаға тәуелсіз демпферлік аймақта қос марганец-мыс қорытпаларының демпферлік қабілетіне әртүрлі элементтердің айтарлықтай әсер етпейтіні көрсетілді. Марганецтің титан, ванадий, интерметалдық фазаларының циркониймен, хроммен қосындылары төмендейтіні және марганец-мыстың у-қатты ерітіндісінің ыдырауын тездететін германий мен галлийдің легірлеуші элементтерінің демпферлік қабілетін арттыратыны көрсетілген. амплитудаға тәуелді демпферлік аймақтағы марганец-мыс қорытпалары. Титан, ванадий, цирконий, хром легіріленген элементтердің амплитудалық аймақтарда 20 °C (табиғи қартаю) қартаю уақытында марганец-мыс қорытпаларының жоғары демпферлік қабілетінің төмендеуін баяулататыны және тұрақтандыратыны

анықталды. тәуелсіз және амплитудаға тәуелді демпферлік және марганец-мыс қорытпаларының демпферлік қабілетін тұрақтандыру механизмі осы элементтермен ұсынылған [13].

Өңдеудің қосымша түрлері: гомогенизациялау жасыту, термиялық цикл, суықпен өңдеу, жасанды ескіру марганец-мыс қорытпаларының табиғи қартаю кезінде жоғары демпферлік қабілетін сақтауға ықпал етпейтіні анықталды. Екілік және легирленген марганец-мыс қорытпаларының магниттік өту температуралары электронды парамагниттік резонанс (ЭПР) әдісімен зерттелді. Марганецке бай аймақтардың антиферромагнетизмі 45-80% марганецпен мыс қорытпаларының мартенситтік түрленуімен байланысты екені анықталды.

Қорытынды

Бұл жұмыста физикалық металлургияның заманауи әдістері қолданылды, Mn-Cu жүйесінің қорытпаларындағы магниттік құрылымдық ауысу механизмі зерттелді. Серпімді және серпімді емес эсерлерді жан-жақты талдау негізінде фазалық ауысудың даму кезеңдері мен параметрлері белгіленеді. Никельмен және хроммен легирлеудің магнитқұрылымдық ауысу типі мен параметрлеріне және Mn85-Cu45 қорытпасының функционалдық қасиеттеріне әсері анықталды. Диссипативті, элинварлық қасиеттердің және пішінді есте сақтау эффектінің және оларға термиялық өңдеу режимдерінің әсері мен көрінісінің температуралық интервалдары анықталады. Жүргізілген тәжірибелік зерттеулердің жиынтығы магниттік құрылымдық ауысу механизмі туралы бұрыннан бар идеяларды кеңейтеді және Mn-Cu жүйесінің қорытпаларының функционалдық қасиеттерінің сипаттамалары туралы жаңа мәліметтер береді. Жалпы жұмыстан мынадай қорытындылар жасалды.

Механикалық спектроскопия әдістерін қолдану арқылы Mn85-Cu45, Mn85-Cu17-Cr3, Mn85-Cu17-Ni3 қорытпаларындағы магниттік құрылымдық ауысудың температуралық диапазонында серпімділік константаларының аномальді төмендеуімен жүретін ішкі үйкелістің фазалық максимумдары табылды. Ішкі үйкеліс пен серпімділік константаларының температуралық тәуелділіктерін өлшеу арқылы алынған мәліметтерді салыстыру және құрылымдық зерттеу әдістерінің нәтижелері серпімділік константаларының минимумдарының температуралары кері мартенситтің тура және соңы басының нүктелеріне сәйкес келетінін расталды. Ішкі үйкелістің фазалық максимумының аддитивтілігі белгіленеді және оның құрамдас бөліктері ажыратылады: өтпелі, тепе-теңдік (V1 фон O1 б. Температураны тұрақтандыру жағдайында 2 Гц жиілікте және f жиілікте ~ 800 Гц, максималды VT VT тепе-теңдік және фондық құрамдастарын қамтиды; $T \propto f^0$ герц жиілік диапазонында - барлық үш компонент. Ішкі үйкелістің оқшауланған компоненттерінің мартенситті табиғаттың серпімсіз эсерлерінің жасалған үлгілеріне сәйкестігі көрсетілген. Q''T ауысу компонентінің m/ω аз мәндер диапазонында күрделі параметрге белгіленген бөлшектік-рационалды тәуелділігі Г.Гремонның феноменологиялық моделіне сәйкес келеді және бір мезгілде арасындағы тепе-теңдікпен байланысты. мартенситтік трансформациядан және кернеудің релаксациясынан туындаған тордың деформациясының жүретін процестері. Таңдалған құрамдас бөліктерге және тұтастай алғанда ішкі үйкелістің фазалық максимумына сыртқы факторлардың (тербеліс жиілігі, температураның өзгеру жылдамдығы, деформация амплитудасы, изотермиялық ұстау уақыты) әсерін жан-жақты талдау оны серпімді емес эсер ретінде түсіндіруге мүмкіндік берді. термосерпімді мартенситтік түрленуіне байланысты.

Mn-Cu жүйесінің қорытпаларында Ms жоғары температура диапазонында мартенситке дейінгі күшті құбылыстар анықталды, олар классикалық термосерпімді мартенситтік түрленуі бар қорытпаларға тән емес – 1 ϵ -әсерінің үлкен мәні (38-ге дейін) %) және T0 және TAF (20 -35 °C) температураларының айтарлықтай айырмашылығы. Магнит өрісінің түсуі ($H=2,5-104$ А/м) мартенге дейінгі эсерлердің температуралық диапазонының кеңеюіне

әкеледі. Ішкі үйкелістің таңдалған магниттік компоненті Ms-TAF интервалында. Алынған нәтижелер Mn-Cu жүйесінің қорытпаларындағы магниттік құрылымдық түрлендірудің даму механизмі туралы заманауи идеяларға сәйкес келеді. Тетрагональды бұрмаланулардың пайда болуын бастайтын, Ms температурасынан жоғары жергілікті аймақтарда антиферромагниттік реттіліктің қалыптасуы құрылымды мартенситті түрлендіруге дайындайды. Mn85-Cu45 қорытпасының легірленуі магниттік құрылымдық ауысудың түрі мен параметрлеріне әсер етеді: никельді легирлеу (4%-ға дейін) екінші ретті фазалық ауысу белгілерін күшейтеді, ал хромды легирлеу (3%) бірінші ретті күшейтеді. фазалық ауысу. Хромды және әсіресе никельді енгізу d-фазасын тұрақтандырады және магниттік құрылымдық өзгерістер температурасының 104-37 ° C-қа ығысуына әкеледі. Никельді енгізу (4%-ға дейін) Mn85-Cu45 және Mn85-Cu17-Cr3 қорытпаларымен салыстырғанда мартенсит ішілік шекараларды ауыстыру үшін қажетті критикалық кернеуді төмендетеді.

Марганецке бай гомогенді Mn-Cu қорытпалар жүйесіндегі ерекше физикалық қасиеттің пайда болуы, яғни жоғарғы демпферлік және псевдосерпімділік сияқты, Mn атомдарының магнит моменттерінің антиферромагнитті реттелуімен, сипаты жағынан термосерпімді мартенсит өте жақын, ГЦК ↔ ГЦТ өзгерістердің өтуімен тығыз байланысқан үрдістің өтуінен болады.

Жоғары температуралық ГЦК фазаға тән сипат, ол Tcr температураға жақындаған сайын реттелмеген тетрагональдық (бұрмалану) дәреженің шамасы өсіп отыратындығында. Тетрагональдық дәреженің (бұрмаланудың) центрі ретінде тетрагональды өзгеріске салыстырғанда өзінің тұрақтылығын жоғалтқан, өлшемі 1-2 нм болатын локальды алаптардың болуы. Қайсыбір тетрагональдық бұрмалану алаптарының локальды ось бағыттары ГЦК кристалл торының кубының үш ось бағытымен бағыттас болу ықтималдығы бірдей болады.

Бұл сияқты алаптардың матрицамен когерентті байланыста болу, кристалдарда статикалық ығысу толқындары пайда болуына алып келеді: қума толқындар векторы [100] бағытта болады да, көлденең толқындар векторы [110] бағытта, ал поляризация векторы [110] бағытпен бағыттас болады. Статикалық ығысу толқындарымен қатар динамикалық ығысу толқындары да, жылулық ығысу толқындары да болады, еске сала кететіні, серпімді анизотропияның әсерінен толқындар векторы [110] мен поляризация векторы [110] бағыттары айқын байқалады.

Mn-Cu қорытпаларды құрылымы γ -болатын алабынан шынықтырғанда, марганецтің үлесі 80% -дан жоғары қорытпаларда үй температурасында осьтер қатынасы $c/a < 1$ болатын ГЦТ құрылымы пайда болады. Бұл мартенсит фазасының құрылымы термосерпімді мартенсит өзгеріске түсетін қорытпалар құрылымына сипаттас болады. Қорытпада екі ығысу механизмінің негізінде, бастапқы ГЦК торға {110} параллель жазықтықтармен қосарланған шекарамен шектесетін жұқа және күрделі қосармен қосарланған құрылымдар қалыптасады. Бұл қосарланған құрылымның басқа құрылымнан ажырата алатын ерекшелігі, ол ығысу теориясына сүйенгендегідей күрделі мазаикалық құрылым қосарларының ішінде бір емес екі қосарлану жүйесі барлығында. Осының нәтижесінде кристалдардағы қосарлық шекаралардың бекітілуі әр түрлі болып келеді: сәйкессіздік дислокациясымен қатаң бекітілген шекаралармен қатар мазаика блоктарымен түйіскеннен пайда болатын бастау бекітілген шекаралар да кездеседі. Бастау бекітілген шекаралардың көлемдік үлесі ГЦК → ГЦТ өзгерісінің концентрациялық шекарасына жақындаған сайын өсе түседі.

ГЦК → ГЦТ өзгерісінің шекарасынан өткенде қорытпалардың демпферлік қасиеті өте жылдам артады (секірмелі түрде десе де болады), еске сала кететіні, ГЦК → ГЦТ өзгеріс аймағында демпферлік қасиет максимал мәнді болады. Сонымен демпферлік қасиет ГЦТ фазада өтетін үрдістермен тығыз байланысқан болады. Қорытпалардағы ГЦК фазалардағы реттелмеген тетрагональдық бұрмаланудың (искажений) болудың демпферлік қасиетке әсері шамалы болады.

Шыныққан жоғарғы марганец қорытпаларында демпферлік механизм төменде көрсетілген жағдайларда болады.

Мазаикалық қосар субструктуралардың гистерезистік қайта құрылуы

Сәйкессіздік дислокациясымен бекітілген қосарланатын дислокацияның тербелмелі қозғалысы

Сәйкессіздік дислокациясынан ажыратылу нәтижесіндегі қосарлық шекаралардың гистерезистік қозғалысынан болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Структура, физико-механические свойства и применение литейных кремний - марганцовистых бронз. Лисовский В.А., Лисовская О.Б., Предин К.С., 2012, Вятский государственный университет.
2. Курдюмов Г.В. Бездиффузионные мартенситные превращения в сплавах / Г.В. Курдюмов // ЖТФ.-1979.-Т.18.-№8.-С. 999-1025.
3. Ройтбурд А.Л. Современное состояние теории мартенситных превращений. В кн.: Несовершенства кристаллического строения и мартенситные превращения. М., 2002.-С.7-32.
4. Ройтбурд А.Л. Теория формирования гетерофазной структуры при фазовых превращениях в твердом состоянии / А.Л. Ройтбурд // Успехи физ. Наук.- 2007.-Т.113.-Вып.1.-С. 105-128.
5. Ройтбурд А.Л. Особенности развития фазовых превращений в кристаллах. В кн.: Проблемы современной кристаллографии. М., 1975.- С. 345369.
6. Курдюмов Г.В. Превращения в железе и стали / Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.М.- М.: Наука, 1997.-238 с.
7. Christian J.W. Theory of transformation in metals and alloys.- Pergamon Press.-2005.-973 p.
8. Nishijama Z. Martensitic transformation.- Acad, press. 2010.-467 p.
9. Варлимонт Х. Мартенситные превращения в сплавах на основе меди, серебра и золота/ Х. Варлимонт, Л. Дилей М.:Наука, 2000.-208 с.
10. Лысак Л.И. Физические основы термической обработки стали / Л.И. Лысак, Б.И.Николин.- Киев: Техника, 2005.-304 с.
11. Ройтбурд А.Л. Мартенситные превращения / А.Л. Ройтбурд, Э.И. Эстрин.// Итоги науки и техники. Металловедение и термическая обработка.-ВИНИТИ, 1998.-С.5-102.
12. Коваль Ю.Н. Управление характеристиками мартенситных превращений в металлах и сплавах / Ю.Н. Коваль // Структура реальных металлов. -Наукова думка, 2011.- С. 132-159.
13. Хачатурян А.Г. Некоторые вопросы теории фазовых превращений в твердом теле / А.Г. Хачатурян // ФТТ.-2004.-№8.-С.2709-2717.

REFERENCES

1. Struktura, fiziko-mekhanicheskiye svoystva i primeneniye liteynykh kremniy - margantsovistykh bronz. Lisovskiy V.A., Lisovskaya O.B., Predin K.S., 2012, Vyatskiy gosudarstvennyy universitet.
2. Kurdyumov G.V. Bezdiffuzionnyye martensitnyye prevrashcheniya v splavakh / G.V. Kurdyumov // ZHTF.-1979.-Т.18.-№8.-S. 999-1025.
3. Roytburd A.L. Sovremennoye sostoyaniye teoreticheskikh preobrazovaniy. V kn.: Nesovershenstva kristallicheskogo stroitel'stva i martensitnyye preobrazovaniya. M., 2002.-S.7-32.
4. Roytburd A.L. Teoriya formirovaniya geterofaznoy struktury pri fazovykh prevrashcheniyakh v tverdom sostoyanii / A.L. Roytburd // Uspekhi fiz. Nauk.- 2007.-Т.113.-Vyp.1.-S. 105-128.
5. Roytburd A.L. Osobennosti razvitiya perekhodnykh prevrashcheniy v kristallakh. V kn.: Problemy sovremennoy kristallografii. M., 1975.- S. 345369.
6. Kurdyumov G.V. Prevrashcheniya v stali i stali Kurdyumov G.V., Utevskiy L.M., Entin P.M.- M.: Nauka, 1997.-238 s.

7. Kristian Dzh.V. Teoriya prevrashcheniya v metallakh i splavakh.- Pergamon Press.-2005.-973 s.
8. Nishiyama Z. Martensitnoye prevrashcheniye.- Izd-vo akad. 2010.-467 s.
9. Varlimont X. Martensitnyye prevrashcheniya v splavakh na osnove medi, serebra i zolota/ X. Varlimont, L. Diley M.:Nauka, 2000.-208 s.
10. Lysak L.I. Fizicheskiye stali osnovy termicheskoy obrabotki / L.I. Lysak, B.I.Nikolin.- Kiyev: Tekhnika, 2005.-304 s.
11. Roytburd A.L. Martensitnyye Prevrashcheniya / A.L. Roytburd, E.I. Estrin.// Itogi nauki i tekhniki. Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka.-VINITI, 1998.-S.5-102.
12. Koval' YU.N. Upravleniye ozhidayemyimi martensitnymi prevrashcheniyami v metallakh i splavakh / YU.N. Koval' // Struktura obnaruzhennykh metallov. -Naukova dumka, 2011.- S. 132-159.
13. Khachatryan A.G. Nekotoryye voprosy teorii prevrashcheniy v tverdom tele / A.G. Khachatryan // FTT.-2004.-№8.-S.2709-2717.