

АБУОВА РЫСБУБИ ЖОЛДЫБАЕВНАНЫҢ

6D074000 – Наноматериалдар және нанотехнология мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған

«ДИССИПАТИВТІ ҚАСИЕТТЕРГЕ ИЕ БОЛАТЫН ХРОМ-НИКЕЛЬ-ВАНАДИЙ БОЛАТТАРЫН ТОЗУҒА ТӨЗІМДІ НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ TiN-Cu ЖАБЫНДАРДЫ МОДИФИКАЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ ТҰНДЫРЫП АЛУ»

тақырыбындағы диссертациясына:

АҢДАТПА

Жұмыстың мақсаты – нанокұрылымды төзімді TiN-Cu жабындарды модификациялау және диссипативті қасиеттері бар хром-никель-ванадий болаттарын жасау

Көрсетілген мақсатты жүзеге асыру үшін келесідей тапсырмалар мен міндеттер алға қойылды:

- жоғары демпферлік, діріл және акустикалық қасиеттері бар никель, хром және ванадиймен легирленген болаттардың жаңа құрамдарын өндіру;
- алынған болаттардан жасалған субстраттарға нанокұрылымдық керамикалық-металл жабындарды тұндыру режимдері мен құрылымдық зерттеулер кешенін орындау арқылы олардың құрамы мен құрылымы арасындағы өзара байланысты анықтау;
- жабындардың химиялық және фазалық құрамын зерттеу, олардың физика-механикалық қасиеттерін талдау;
- жабындардың трибологиялық қасиеттерін температураның кең интервалында, оның ішінде динамикалық қыздыру жағдайында зерттеу;
- керамикалық-металл нанокұрылымдық жабындардың олардың бетіне тұндырылған жаңа әзірленген болаттардың диссипативті, діріл және акустикалық қасиеттерін зерттеу;
- жоғары демпферлік қасиеттерге ие жаңа балқытылған қорытпаларды тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтан өткізу.

Зерттеу объектісі – нанокұрылымды жабындары бар керамикалық-металл (TiN-Cu) балқытылған болаттардың жаңа құрамдары болып табылады.

Зерттеу әдістері. Жұмыста заманауи талдамалы зерттеу әдістерінің кешені қолданылды: оптикалық микроскопия, сканерлеу және трансмиссиялық электронды микроскопия, рентгендік фазалық талдау, рентгендік фотоэлектрондық спектроскопия, микрорентгендік спектрлік талдау.

Жабындардың физикалық-механикалық және трибологиялық қасиеттері стандартты сертификатталған әдістер мен қазіргі дәлме-дәл жабдықтағы әдістерге сәйкес анықталды. Есте сақтау осциллографының көмегімен зерттелетін үлгінің соқтығысуынан болатын дыбыстық импульс суретке түсіріліп, демпферлік сипаттамалар анықталды.

Қорғауға шығарылатын қағидалар (дәлелденген ғылыми гипотезалар жаңа білім болып табылатын басқа да қағидалар)

1.Құрамында көміртек бар жаңа балқытылған ЭО5 болатты никелмен,

ванадиймен, хроммен легирленген; жоғары демпферлік қасиеттерге ие болатын ($Q^{-1}=1,54*10^{-2}$; ψ $9,66*10^{-2}$; δ $=4,83*10^{-2}$), соққы кезінде төмендетілген дыбыстық шығарумен ($LA=54$ дБА) және жеткілікті физикалық-механикалық қасиеттермен ($\sigma_b=1100$ МПа; σ_T 1000 МПа; $\delta_5 \geq 8\%$; $5 \geq \psi \geq 40\%$; $KCU \geq 110$ Дж/см²);). ЭО5 болатты термиялық өңдеу (830°C температурада шынықтыру арқылы ауада суыту және 500°C температурада жоғарғы босату) тростобейнит құрылымы сапалы беріктік және диссипация қасиеттерін жоғарлатады (ішкі үйкелістің өсуі $4,39 \times 10^{-2}$ тен $7,69 \times 10^{-2}$ дейін);

2. Жоғары икемділікті қалпына келтіру дәрежесі (> 50%), төмен үйкеліс коэффициенті (0.4), субстратқа беріктігі жоғары(46-50 ГПа), адгезиялы (> 35 Н) аса қатты керамикалық-металл нанокұрылымды TiN-Cu жабындары алынды; Жабындардың құрылымы, фазалық құрамы мен олардың трибологиялық сипаттамалары арасындағы тәуелділік түрлі температура диапазонында белгіленеді;

3. Вакуумды-доғалық әдіспен қалыңдығы (2,5) мкм тұндырылған TiN-Cu жабындардың орташа мөлшері 14-18 нм титан нитридінің кристаллды текше тор фазасының түйіршіктерінен тұратыны, ал металдық күйдегі мыс – TiN түйіршіктер шекарасында орналасуы механикалық шу шығуын 7-9дБ-ге қосымша төмендеуін қамтамасыз етеді.

4. «АЗТМ» АҚ және «Электроцилт» ЖШС Алматы зауыты өндірістерде ЭО5 (КМНЖ) (0,45-0,48% С; 1,0-1,2% Ni; 0,7-0,88% Mn; 0,5-1,2% Si; 0,35-0,45% V; 0,9 % Cr; қалғаны - Fe) тәжірибелік-өнеркәсіптік тексерістер жүргізіліп, токарлық автоматтың бағыттаушы құбырында қолданылатын төлке дайындалды. Шудың азаюы стандартты 25Х2НМФА болатпен салыстырғанда 9-16дБА азайды. Күтілетін жылдық экономикалық тиімділігі 1000000тг.

Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы:

Алғаш рет диссипативті, акустикалық, діріл қасиеттері жоғары Cr, Ni, V легирленген болаттардың жаңа құрамдары ЭО3 (0,22% С; 1,2 % Ni; 0,7 % Mn; 0,30 % Si; 0,35 % V; 0,8 % Cr; 0,1% Co, ост. - Fe), ЭО4 (0,35 % С; 2.5 % Ni; 0,8 % Mn; 0,2 % Si; 0,4 % V; 0,8 % Cr; 0,2% Co, ост. - Fe), ЭО5 (0,45-0,48 % С; 1,0-1,2 % Ni; 0,7-0,8 % Mn; 0,5-1,2 % Si; 0,35-0,45 % V; 0,9 % Cr; 0,3-0,4% Co, ост. - Fe), әзірленіп, бетіне жабындарды тұндыру арқылы олардың демпферлік қасиеттерін одан әрі арттыру тәсілі ұсынылды. Дыбыстық импульстің өшу осциллограммасын зерттеуге сәйкес, әзірленген ЭО5 $Q^{-1}=1,54*10^{-2}$; ψ $9,66*10^{-2}$; δ $=4,83*10^{-2}$; қорытпаларды стандартты болаттарымен салыстырғанда дыбыстың өшу жылдамдығының жоғарылауы және диссипативті сипаттамалары бар 20ХН марка үшін $Q^{-1}=0,79*10^{-2}$; ψ $=4,9*10^{-2}$; δ $=2,48*10^{-2}$ және 20ХН4ФА марка үшін ($Q^{-1}=0,72*10^{-2}$; ψ $=4,52*10^{-2}$; δ $=2,26*10^{-2}$); 25Х2НМФА марка үшін ($Q^{-1}=0,58*10^{-2}$; ψ $=3,64*10^{-2}$; δ $=1,82*10^{-2}$) болады. Шынығу кристалдық тордың деформациясының максималды мәні бар мартенситтік құрылымды құруды

қамтамасыз етеді, бұл қазіргі зерттеуде болаттар дыбысының ең төменгі деңгейін қамтамасыз етеді. Кейінгі босату кристалдық тор деформациясының кейбір аймақтарын жою арқылы дыбыс шығаруды арттырады. Жоғары температура зерттелетін болаттардың беріктігі мен акустикалық сипаттамаларының оңтайлы үйлесімін қамтамасыз етеді.

Алынған TiN-Cu жабындарда мыстың құрамы – 7 ат.% болғанда құрылымы мен фазалық құрамы растрлық электронды микроскоп арқылы зерттелді. Көлденең жартастарды зерттеу кезінде бағаналы құрылым анықталмаған. Жабындар тұтас, микрокеуектерсіз және микротүйіршіксіз болып табылады. TiN-Cu жабындарда мыстың құрамы – 14 ат.% болғанда жабындардың қалыңдығы 2,5 мкм болды және қабатты архитектурамен сипатталды. Жабындардың сынуы иілгіш сыну белгілеріне ие және микрорельефте талшықты-жолақты сынық шұңқырларының түзілуіне байланысты.

Алынған қаралау келген кескіндерге сәйкес, алынған жабындардың өлшемі орташа дән шамасында 15-30 нм болатындығы туралы қорытынды жасауға болады, сонымен қатар дән өлшемімен салыстырылатын қабат қалыңдығы бар көп қабатты архитектурамен сипатталады.

Трамиссиялық электронды микроскоп көмегімен жүргізілген жабындардың құрылымын талдау нанокұрылымның бар екенін көрсетеді. Жабындар құрылымының күңгірт және ашық түсті кескіндері бойынша бағаланған орташа өлшем ~ 100-ден (КМНЖ (TiN) үшін) ~ 15 нм-ге дейін өзгереді, мыс құрамы 14% - ға дейін (ат.) болған кезде. Жабындар бір-біріне қатысты кездейсоқ бағытталған кристаллиттерден тұрады. Мұны электронды диаграммалардағы дифракцияның сақиналары дәлелдейді. Нитридті фазаның елеулі текстурасының болмауы (111)-ге қатысты TiN (200) рентгендік дифракция сызығының жоғары қарқындылығын көрсететін рентгендік құрылымдық талдау деректерімен расталады. Мыс концентрациясының жоғарылауымен нитрид фазасының кристаллиттерінің мөлшерінің төмендеуі олардың нитрид фазасының дәндерінің өсу процесіне кедергі келтіретін әсерін көрсетеді

Трамиссиялық электронды микроскопия (ТЭМ) әдістерімен Ti–14 ат.% қалыптастырған жабындар анықталды. Cu бір-біріне қатысты кездейсоқ бағытталған кристалдардан тұрады. Мұны электронограммалардағы дифракцияның айқын сақиналары дәлелдейді. Микродифракциялық талдау жабындарда кристаллиттерінің δ -TiN титан нитридін екенін көрсетті. TiN-Cu жабындары үшін кристалл мөлшері 10-30 нм диапазонында; кристаллиттердің орташа мөлшері 14-18 нм.

Сызықтар TiN кристалдарының өсуін тоқтату үшін жеткілікті мыс қабатының әртүрлі қалыңдығына сәйкес келеді. TiN-Cu жабындардағы плюс - бұл мыс қабатының қалыңдығы (қалыңдығы 2,5 мкм), кристаллиттердің орташа мөлшері 1 нм және мыстың жалпы концентрациясы 14 ат.%.

Рентгендік дифрактограммалар және электронограммалар (30-сурет) құрамында 7 ат.% мыс бар TiN-Cu КМНЖ-да тек титан нитридінің бар екендігін дәлелдейді. Құрамында мыс бар фазалық дифракция сызықтары

рентгенограммалар мен электронды графиктерде жоқ. Бұл олардың рентген-аморфты екенін көрсетеді. Мыс мөлшері 10 ат.%-тан асады, атап айтқанда 14 ат.% TiN-Cu жабындардың рентгенограммаларында құрамында фазасы бар мыс рентгендік дифракция сызықтары пайда болады. Жабындарда бағаналы құрылым анықталмаған, жабындар үздіксіз, микрожарықтарсыз. TiN-Cu жабындысын вакуумды-доғалы әдіспен синтездеу кезінде титан нитридінің кристаллиттерінің өсуі олардың мыс қабаттарымен қоршалуына байланысты тежеледі.

Қорғаныс TiN-Cu жабындарын синтездеу процестерінің моделін құру үшін қажетті мәліметтерді алу мақсатында олардың кристалдық құрылымы мен жинақтағыштың ұнтақты дифракциясы және рентгендік-флуоресцентті элементтік талдау станцияларында элементтік құрамы бойынша зерттеулер жүргізілді.

КМНЖ қолдану жоғары диапазондағы дыбыс толқындарын демпферлеу арқылы шуды азайтады, бұл жалпы дыбыс деңгейін айтарлықтай төмендетеді. Бұл жабындардың вакуумдық доғалық бұрку кезінде өзі мен контактаралық фазалық аймақтың арасында нүктелік және сызықтық ақаулардың көп мөлшерімен жүзеге асады. Жабындар түйіршік ішілік және түйіршік аралық шекаралардың көп бөлігін қамтиды. Жабындар мен субстрат арасында кеуектер мен басқа да микро ақаулардың болуымен сипатталатын түйір шекаралар болады. Бұл жағдайда интерфейске жақын аймақтағы деформацияның өрісі, сондай-ақ дірілдің әсерінен релаксация әсерлері құрылымның діріл және акустикалық қасиеттерін жақсартады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығының және алынған нәтижелердің маңыздылығының негіздеу:

Алғаш рет диссипативті, акустикалық, діріл қасиеттері жоғары Cr, Ni, V легирленген болаттардың жаңа құрамдары әзірленіп, бетіне жабындарды тұндыру арқылы олардың демпферлік қасиеттерін одан әрі арттыру тәсілі ұсынылды.

TiN-Cu жүйесінде мыстың концентрациясына (7% және 14%) байланысты нанокөміршіктік жабындардың құрылымын қалыптастыру ерекшеліктері анықталды, бұл титан нитридінің фазалық кристаллиттерінің мөлшерінің азаюы мен жабындардағы мыс құрамының жоғарылауынан көрінеді;

Алғаш рет жаңа әзірленген болаттарға тұндырылған TiN-Cu нанокұрылымдық жабындарының физикалық-механикалық, трибологиялық, диссипативті, діріл және акустикалық қасиеттері арасындағы тәуелділіктері белгілі болды.

Ғылымның даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі.

Диссертациялық жұмыс ғылымның дамуының «Машина жасау, арнайы қасиеттері бар металдар мен қорытпалар, нанотехнологиялар мен наноматериалдар» басым бағыты және «Нанотехнологиялар мен наноматериалдар» мамандандырылған ғылыми бағыттар саласында орындалды.

Жұмыс Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарына сәйкес жүргізілді. Тіркеу нөмірі AP08956794. Тақырыбы: «Автомобиль көлігінің маңызды бөліктері үшін нанокұрылымдық жабындары бар демпферлік қорытпалардың физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу».

Автордың жеке үлесі. Диссертация тақырыбы бойынша ғылыми әдебиеттерге шолу жасау және талдау, жұмыстың эксперименттік бөлігін тікелей орындау. Алынған нәтижелерді өңдеу, түсіндіру және жалпылау, сонымен қатар мақалаларды, тезистерді жазуға және рәсімдеуге белсенді қатысу, республикалық және халықаралық конференцияларға қатысу.

Докторанттың әрбір жарияланымды дайындауға қосқан үлесінің сипаттамасы.

Диссертациялық материалдар 16 ғылыми еңбекте, оның ішінде Scopus деректер базасында нөлдік емес импакт-факторы бар бес мақалада, ҚР Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған жеті мақалада және Қазақстан Республикасының ғылымы, халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияларында бес баяндама тезисі жарияланған:

1. Uteпов E.B., Ten E.B., Zhumadilova Zh.O., Smailova G.A., Shevcova V.S., Isahanova A.B., **Abuova R.Zh.** [Damping Metallic Materials with a Nanostructured Coating](#) // [Metallurgist](#), Vol. 60 (9-10), January 2017, pp.961-966, Publisher: [Springer New York LLC](#) ISSN: 0026-0894 (print), ISSN:1573-8892 (online) **Citescore: 0,23, Percentile: 36**

2. UteповE.B, PotoskiiE.P., ShevcovaV.S., **Abuova R.Zh** Kattabekov E.N, Berkinbaeva A.S. Damping Steels for Sheet Stacker Components During Sheet Rolling // [Metallurgist](#), Vol. 63 (3-4), July 2019, pp.286-294 Publisher: [Springer New York LLC](#) ISSN: 0026-0894 (print), ISSN:1573-8892 (online)**Citescore: 0.40**

3. **Abuova R.Zh**, E.B. Ten, G. Burshukova Study of vibration properties of ceramic-metal nanostructural TIN-CU coatings with different copper content 7 and 14 at. % on chromium-nickel-vanadium steels // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences. Volume 5, number 449 (2021), pp.6-13 **Percentile: 40**

4. **Abuova R.Zh**, D.K. Suleyev, G.A. Burshukova Study of damping properties of alloyed steels with ceramic-metallic nanostructured coating for critical parts // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences ISSN 2224-5278 Volume 3, Number 453 (2022), 52-65 <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.179> (Print) **Percentile: 43**

5., G.A. Burshukova A.Ye. Kanazhanov **Abuova R.Zh** A.A. Zholdasov Analysis of using Damping Alloys to Improve Vibration and strength Characteristics in the Automotive Industry // Evergreen, June 2023 ISSN:2189-0420 **Percentile: 56**