

6D072300 – «Техникалық физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін
ТАБИЕВА ЕРКЕЖАН ЕРКІНБЕКҚЫЗЫНЫҢ
«Электролиттік-плазмалық беттік шынықтыру кезіндегі дөңгелекке арналған болаттың құрылымы мен қасиеттерінің өзгеруі»
тақырыбындағы диссертациясына

АННОТАЦИЯСЫ

Диссертация теміржол көліктерінің доңғалақ жұптарын жасау үшін қолданылатын 2 маркалы болатының жұқа құрылымының қалыптасу ерекшеліктерін, құрылымдық-фазалық күйлеріне электролиттік-плазмалық қатаюдан әсерін, трибологиялық және механикалық қасиеттерін зерттеуге арналған.

Өзектілігі. Заманауи машина жасау өнеркәсібінің дамуы жаңа материалдарды игерумен, инновациялық технологиялар мен жабдықтарды енгізумен, соның ішінде машина бөлшектері мен механизмдерінің пайдалану қасиеттерін жақсартудың жаңа тәсілдерін жасаумен байланысты. Машина бөлшектерінің негізгі эксплуатациялық қасиеттері - тозуға төзімділік, беріктік, коррозияға төзімділік көбіне олардың беткі қабатының күйімен, дайындау технологиясымен анықталады. Өйткені тозу кезінде бетінің бұзылуына байланысты машина жасау өнімдерінің 60-80% істен шығады. Темір жол көлігінің, құрылыстың, жол және ауылшаруашылық машиналарының, металлургиялық, пресс-жабдықтардың көптеген бөліктері үшін пайдаланудың ұзақ мерзімділігі мен сенімділігі - жұмыс беттерінің тозу және байланыста шаршау ақаулары негізгі фактормен шектеледі. Тозу технологиялық өнеркәсіптік жабдықтың функционалдық қасиеттері мен өнімділігінің төмендеуіне, істен шығу ықтималдығының жоғарылауына әкелетін бөлшектердің беттерінің пішінінің, өлшемі мен күйінің өзгеруімен бірге жүреді. Болаттар мен шойындар машина жасау өнімдерінің көпшілігінің материалы болып қала береді. Сондықтан темір қорытпаларының тозуға төзімділігін арттыру қазіргі металлургияның маңызды және кезек күттірмейтін міндеттерінің бірі болып табылады.

Бөлшектердің беттерінің сапасын жақсарту үшін әртүрлі технологиялық әдістердің бірнеше түрі бар. Олардың ең кең тарағандары гальваникалық және химиялық жабын әдістері, жабынмен қаптау, бүрку, химиялық-термиялық өңдеу, жоғары жиілікті токтармен бетті қатайту, концентрленген энергия ағындарымен (плазма, электронды сәуле және лазер) бетті шынықтыру және т.б. Темір қорытпаларын беттік шындаудың ең перспективалық әдісі - концентрленген энергия ағындары арқылы беттік шындау. Алайда, концентрленген энергия ағынымен бетті қатайтудың кейбір әдістерін кеңінен енгізу, атап айтқанда, лазерлік және электронды сәулемен қатайту, қажет құрылғылардың жоғары құны және күрделілігімен, оның сенімділігі мен өнімділігінің төмендігімен, вакуумды, жоғары пайдалану шығынды қажет ететін, арнайы талаптармен жабдықталған, білікті техникалық қызмет көрсетуді қажет ететін орын болуы керек. Сондықтан, техникалық-

экономикалық көрсеткіштері және салыстырмалы талдау нәтижелері бойынша жоғарыда аталған кемшіліктері жоқ плазмалық бетті қатайту әдісі ұсынылады. Плазма бетін шынықтыру соңғы жылдары табысты дамып келеді және әр түрлі салаларда кеңінен қолданылады, атап айтқанда, ол теміржол көлігінің бөлшектерін (жүк вагонының орталық тақтайшасы, арбаның тірегі және бүйір жақтауы, таңғыш және т.б.) термиялық өңдеу үшін кеңінен қолданылады.

Плазмалық қатаюдың бір түрі – электролиттік-плазмалық беттік қатаю соңғы уақытта қарқынды дамып, жүйелі түрде зерттелуде. Бұл әдіс энергияны аз тұтынумен, технологиялық жабдықтардың қарапайымдылығымен және шыңдалған аймақтың үлкен өлшемдерімен сипатталады. Әдістің артықшылығы - бұл процестің жеткілікті жоғары өнімділігі және үлкен салмақты, күрделі профильді бөлшектерді қатайту мүмкіндігі, ал қатайту дәрежесін плазмалық шынықтырумен салыстыруға болады.

Бәрімізге белгілі, болаттан жасалған бөлшектердің ресурсы олардың қызмет көрсету сипаттамаларының көрсеткіштерімен (материалдың химиялық құрамынан бастап, әртүрлі бөлшектердің қандай жағдайда жұмыс атқаратынына дейін) анықталатыны белгілі, оның көпшілік бөлігі материалдың құрылымдық-фазалық күйіне тікелей байланысты. Плазма бетінің қатаюы кезінде доңғалақ болатындағы құрылымдық-фазалық өзгерістерді зерттеуге арналған жұмыстар өте аз және олар құрылымды қалыптастыру мәселелерін толық қамтымайды. Сонымен қатар, доңғалақ болатын электролиттік плазмалық шынықтыру әдісімен өңдеу туралы әдебиеттерде деректер жоқ, бұл дөңгелек жұп шиналарды шынықтыру үшін осы әдісті одан әрі қолдануды анықтау үшін күрделі тәжірибелік жұмыстарды қажет етеді. Сонымен бірге, темір қорытпаларын электролиттік плазмалық өңдеу бойынша жұмыстар, электролиттік-плазмалық бетін шыңдаудан кейінгі болаттардың жұқа құрылымының сандық сипаттамалары жеткіліксіз зерттелген.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты доңғалақты болатты шыңдау әдісін әзірлеуге және электролиттік-плазмалық беттік қатаю кезінде 2 маркалы болаттың шыңдалған беттік қабаттың құрылымының, фазалық құрамының және трибологиялық қасиеттерінің қалыптасу заңдылықтарын зерттеуге арналған диссертациялық жұмыстың тақырыбы өзекті болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты: электролиттік-плазмалық беттік шынықтыру әдісін жасау, механикалық және трибологиялық қасиеттердің жоғарылауын қамтамасыз ететін оңтайлы қатаю режимін таңдау және 2 маркалы шынықтырылған болатының микроқұрылымын, фазалық құрамын және жұқа құрылымын одан әрі зерттеу.

Алдыға қойған мақсатқа сәйкес зерттеудің **негізгі міндеттері:**

1. 2 маркалы болаттан жасалған темір жол дөңгелегі материалының бетін электролиттік-плазмалық шынықтырудың әдісі мен оңтайлы режимін әзірлеу;
2. 2 маркалы болаттың беткі қабаттарының механикалық және трибологиялық қасиеттерінің электролиттік-плазмалық беттік шыңдауға дейін және одан кейінгі өзгерістерін зерттеу;
3. Электролиттік-плазмалық беттік шынықтыру кезінде 2 маркалы болаттың құрылымдық-фазалық құрамының қалыптасу ерекшеліктерін зерттеу;

4. Электролиттік-плазмалық шыныққан 2 маркалы болатының бастапқы және шыңдаудан кейінгі қалыптасқан жұқа құрылымының параметрлерін сандық шамасын анықтау.

Зерттеу пәні электролиттік-плазмалық беттік қатаюдан кейінгі 2 маркалы болаттың модификацияланған қабаттарының фазалық құрамы, жұқа құрылымы, механикалық және трибологиялық қасиеттері болып табылады.

Зерттеу нысаны электролиттік плазманың әсеріне дейінгі және өңдегеннен кейінгі 2 маркалы болаты, электролиттік-плазмалық өңдеу технологиясы.

Зерттеу әдістері. Алға қойылған міндеттерге сәйкес келесі талдау әдістері қолданылды: сканерлеуші электронды микроскопия (SEM), сәулелендіруші электронды микроскопия (TEM), рентгендік-құрылымдық талдау (XRD), микроқаттылықты өлшеу, тозуға төзімділік және коррозияға төзімділік сынақтары.

Ғылыми жаңашылдығы:

- Электролиттің сулы ерітіндісінде электролитті-плазмалық беттік шынықтыру арқылы дөңгелекті болатты өңдеу тәсілі әзірленді.

- 2 маркалы болаттың құрылымдық-фазалық күйіне электролиттік-плазмалық беттік шынығудың әсері туралы жаңа эксперименттік деректер алынды.

- Алғаш рет электролитті-плазмалық беттік шынығудан кейін 2 маркалы болаттың беткі және өтпелі қабаттарының жұқа құрылымын қалыптастыру ерекшеліктері зерттелді және құрылымдық-морфологиялық компоненттердің сандық сипаттамалары есептелді.

Қорғауға шығарылатын негізгі қағидалар:

1. 10% карбамид $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ және 20% натрий карбонаты Na_2CO_3 бар электролиттің сулы ерітіндісінде дөңгелекті болатты 300 В кернеуде және 10-12А / см^2 ток тығыздығында электролитті-плазмалық катодты қыздыру болаттың тозуға төзімділігі 2,5 – 3,8 есе арттыратын және қаттылығы 3,5 ГПа-ға дейін жеткен модификацияланған беткі қабатын алуға әкеледі.

2. 2 маркалы болатта электролиттік-плазмалық беттік шынығудан кейін көлемдік үлесі тиісінше ~ 60%, ~ 10% және ~ 30% пакеттік, пластиналы төмен температуралы және пластинкалы жоғары температуралы мартенсит, сондай-ақ оның бөлшектері түзіледі. Мартенсит кристалдарының шекарасында орналасқан, орташа өлшемі ~5 нм болатын ерекше типті M_{23}C_6 карбидтері түзіледі.

3. 2 маркалы болаттың электролиттік-плазмалық беттік шынықтырудан кейін беткі қабаттың жұқа құрылымының параметрлерінің сандық сипаттамалары өзгереді: жалпы алғанда материалдағы дислокация тығыздығы $2,1 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ -ден $2,24 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ дейін артады, $\rho > \rho_{\pm}$ және $\sigma_{\text{Л}} > \sigma_{\text{D}}$ шарттары орындалып, материалда микрожарықтардың пайда болуына әкелмейтін

Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы.

Зерттеу нәтижелерін 2маркалы дөңгелектің болатынан жасалған темір жол шинасының материалының сулы электролит ерітіндісінде бетін қатайту үшін

пайдалануға болады, ол эксплуатациялық қасиеттердің жоғарылауын қамтамасыз етеді, бұл ҚР МПҚ С21D N5365 1/09(2020/0348.2). патентімен расталған.

2 маркалы болаттың жұқа құрылымы мен қасиеттерін зерттеу нәтижелері, болаттың беткі қатаюына айтарлықтай әсер ететін осы жұмыста анықталған субструктура параметрлері конденсацияланған күй физикасы, материалтану және болаттардағы құрылымдық-фазалық өзгерістер теориясын дамыту үшін материалдардың беттік қатаюы туралы дәріс барысында оқу материалы ретінде пайдаланылуы мүмкін (Д.Серікбаев атындағы ШҚТУ «Техникалық физика» БББ бойынша бакалаврлар мен магистранттарды дайындау процесіне енгізілген 25.01.2022 ж. оқу процесіне енгізу актісі).

Жұмыстың ғылыми- зерттеу жобалармен байланысы. Диссертациялық жұмыс «Д.Серікбаев атындағы ШҚТУ» ҚЕАҚ, «С.Аманжолов атындағы ШҚУ» ҚЕАҚ және Томск мемлекеттік сәулет-құрылыс университетінде мемлекеттік бюджеттік гранттық қаржыландыру жобасы аясында «Машина жасау өнімдеріне тозуға төзімді материалдарды алудың инновациялық технологияларын зерттеу және әзірлеу» тақырыбында қаржыландырылған, мемлекеттік тіркеу №0118RK00989, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің 2018 жылғы 16 наурыздағы No 197 келісім-шарты бойынша.

Автордың жеке үлесі тәжірибелік және теориялық зерттеулердің көпшілігін жүргізуден, өлшеу нәтижелерін өңдеуден және конденсацияланған күй физикасы мен физикалық материалтанудағы тұжырымдамаларға сүйене отырып, талдаудан тұрады.

Сенімділік және негізділік. Зерттеулер заманауи жабдықтар мен инновациялық тәсілдерді қолдана отырып, бірнеше рет дәлелденген зерттеу әдістері арқылы жүргізілді. Зерттеудің әр кезеңінде алынған нәтижелерді талқылау кафедраның ғылыми семинарларында, сондай-ақ нәтижелер осы саланың жетекші мамандарының қатысуымен халықаралық және аймақтық конференцияларда, симпозиумдарда ұсынылды. Алынған нәтижелер Thomson Reuters және Scopus базаларына кіретін мерзімді Халықаралық ғылыми журналдарда және халықаралық конференциялардың баяндамаларында рецензиялау арқылы тексерілді. Сондай-ақ зерттеу нәтижелері Қазақстан Республикасының Патенттік бюросында тексеруден өтті, соның негізінде автор пайдалы модельге патент алды.

Диссертациялық жұмыстың апробациядан өтуі. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер 5 ғылыми-техникалық конференция мен семинарда баяндалды және талқыланды, соның ішінде:

1. «XXXVIIIth Autumn Tribology School» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы (2019, Вроцлав);
2. 11-ші Халықаралық ғылыми конференция «Бейсызық жүйелердегі хаос және құрылымдар. Теория және эксперимент» (2019, Қарағанды);
3. «Қазіргі әлемдегі ғылым мен білім: XXI ғасырдың сын-қатерлері» атты VI Халықаралық ғылыми-практикалық конференция (2020, Нұр-сұлтан);

4. Студенттердің, аспиранттар мен жас ғалымдардың «Іргелі ғылымдарды дамыту перспективалары» атты XVII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (2020, Томск);

5. «Конденсацияланған ортадағы ақаулы құрылымдардың эволюциясы» XVI Халықаралық мектеп-семинары (2020, Барнаул).

Сонымен қатар, негізгі нәтижелер Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ докторанттарының ғылыми семинарларында баяндалды және талқыланды.

Жарияланымдар. Диссертациялық жұмыстың материалдары негізінде 12 баспа жұмысы жарияланды: 4-і PhD докторы дәрежесін алу үшін диссертацияның негізгі нәтижелерін жариялау үшін ҚР БҒМ БҒСБК тізіміндегі журналдарда және 2 мақала рецензияланған ThomsonReuters және Scopus деректер базасына енгізілген импакт-факторлы шетелдік ғылыми журналдарда; Халықаралық және Республикалық ғылыми конференциялар материалдарында 5 жұмыс және Қазақстан Республикасының пайдалы моделіне 1 патент.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінің 144 атауынан тұрады, оның ішінде 119 бет негізгі компьютерлік мәтінді қамтиды, 61 сурет және 12 кесте бар.