

6D072300 – Техникалық физика мамандығы бойынша философия (Ph.D)  
докторы ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған диссертацияға

## АҢДАТПА

### Жылдам кесетін болаттардың беттік қабаттарын электролиттік плазмалық азоттау

РАХАДИЛОВ БАУЫРЖАН ҚОРАБАЕВИЧ

**Жұмыстың өзектілігі.** Қазіргі замандағы машинажасау саласындағы маңызды мәселелердің бірі металл өндейтін аспаптардың максималды қажалуға төзімділігін қамтамасыз ету болып табылады. Аспаптың өміршеңдігі оның бетінің қасиеттеріне көп жағдайда тәуелді. Соңғы кездері қорғаныш жабындар мен беттік өңдеулерді қолданудың арқасында жылдам кесетін болаттар кеңінен өндірілуде және қолданылуда. Бұл бағалы қатты қорытпаларға кететін шығынды азайтуға мүмкіндік берді. Жылдам кесетін болаттардан жасалатын аспаптардың қажалуға төзімділігін арттыру үшін химико-термиялық өңдеу процестері, соның ішінде азоттау процесі кеңінен қолданылады. Болашағы зор, ресурс үнемдейтін, қанығу процесін белсенділендіретін әдістердің бірі электролиттік плазмада азоттау болып табылады. Осыған байланысты жылдам кесетін болаттардың қажалуға төзімділігін арттыру мақсатында электролиттік плазмалық азоттаудың қалптасқан әдестерін жетілдіру және жаңа әдістерін жасау және азотталған қабаттардың трибологиялық қасиеттеріне жауап беретін құрылымдық-фазалық күйлерді зерттеу өзекті болып табылады.

**Зерттеу нысаны** электролиттік плазмалық технология және стандарттық термиялық өңдеуден өткен Р6М5, Р9 және Р18 аспаптық жылдам кесетін болаттар болып табылады.

**Жұмыстың мақсаты** жылдам кесетін болаттарды электролиттік плазмалық азоттаудың ресурс үнемдейтін әдісін жасау және электролиттік плазмалық азоттаудың жылдам кесетін болаттардың беттік қабаттарының құрылымдық-фазалық күйлері мен трибологиялық қасиеттеріне әсерін зерттеу болып табылады.

Диссертацияда қойылған мақсатқа жету үшін келесі **мәселелер** алға қойылды:

- төмен температуралы плазманың түзілу ерекшеліктерін және карбамид негізіндегі электролитте электролиттік плазмалық азоттау кезінде жылдам кесетін болаттарда түрленген қабаттардың қалыптасу ерекшеліктерін зерттеу;
- жылдам кесетін болаттардың беттік қабаттарының трибологиялық сипаттамаларын жоғарылауын қамтамасыз ететін карбамид негізіндегі электролитте жылдам кесетін болаттарды катодтық электролиттік плазмалық азоттау әдісін жасау;

- эксперименталды түрде азоттау параметрлері мен жылдам кесетін болаттардың азотталған қабаттарының құрылымдық-фазалық күйлерінің арасындағы тәуелділікті орнату;

- электролиттік плазмалық азоттаудың P6M5, P9 және P18 жылдам кесетін болаттардың бетінің микроқаттылығына, жылулық төзімділігіне және қажалуға төзімділігіне әсерін зерттеу;

- азотталған қабаттың құрылымының және фазалық құрамының ерекшеліктері мен азотталған жылдам кесетін болаттардың трибологиялық қасиеттерін байланыстыратын заңдылықтарды анықтау;

- карбамид негізіндегі электролитте электролиттік плазмалық азоттаумен жылдам кесетін болаттардан жасалған кесу құралдарын беріктендірудің технологиялық процесін жасау.

**Зерттеу әдісі.** Жұмыста азотталған қабаттардың құрылымдық-фазалық күйлерін зерттеу үшін эксперименталдық зерттеудің келесідей әдістері қолданылды: металлографиялық талдау, электрондық растрлық және жарық өткізгіш микроскопия, рентгендік құрылымдық талдау. Азотталған қабаттың механикалық және трибологиялық сипаттамалары микроқаттылықты және жылуға төзімділікті өлшеумен, «шар-диск», «штифт-диск» схемалары бойынша және скретч-тест әдәсі бойынша қажалуға сынаумен, сонымен қатар абразивтік қажалуға сынаумен анықталды.

**Жұмыстың ғылыми жаңалылығы:** бірінші рет электролиттік плазмалық азоттаудың жылдам кесетін болаттардың беттік қабаттарының құрылымына, фазалық құрамына және трибологиялық қасиеттеріне әсері жайында жүйеенген эксперименталдық мәліметтер алынды. Жылдам кесетін болаттардың қажалуға төзімділігін арттыру мақсатында азотаудың жаңа әдісі жасалды. Ол әдіс катодтық режимде екі деңгейлі электролиттік плазмалық қыздырумен 20% карбамидтен және и 10% натрий карбонатынан тұратын электролитте электролиттік плазмалық әсермен болат бетін азотпен қанықтырудан тұрады. Жылдам кесетін болатты 550°C температурада электролиттік плазмалық азотаудан кейін фрагменттелген субқұрылымды азотталған  $\alpha'$ -фазадан,  $\gamma'$ -фаза бөлшектерінен және ұсақ дисперсті хром нитридінен тұратын қатты және қажалуға төзімді түрленген беттік қабат түзілетіндігі анықталды.

#### **Қорғауға шығаратын негізгі жағдайлар:**

1. Карбамид негізіндегі электролитте төмен температуралы плазманың әсерімен бетті азотпен белсенді қанықтыратын жылдам кесетін болаттарды катодтық электролиттік плазмалық азоттаудың ресурс үнемдейтін әдісі. Төмен температуралы плазма диффузиялық қанықтыру процесін белсенділендіреді. Төмен температуралы плазманы 180-200 В кернеуі кезінде алу процестің энергиялық шығынын төмендетеді. Карбамид негізіндегі электролитті қолдану түрлендіру процесін экологиялық қауіпсіздендіреді. Жалпы, әзірленген әдіс трибологиялық сипаттамалары жоғары түрленген беттік қабаталуға мүмкіндік береді.

2. Анықталған жылдам кесетін болаттың түрленген беттік қабатының құрылымдық-фазалық күйлерінің азоттау температурасына тәуелді түрде өзгеру заңдылықтары. 450°C температура кезінде электролиттік плазмалық азоттаудан

кейін  $\alpha'$ -фаза ( $\text{Fe}_{\alpha(\text{N})}$ ) мен карбидтерден тұратын түрленген қабат түзіледі, температураны  $450^{\circ}\text{C}$ -ден  $500^{\circ}\text{C}$ -ге жоғарылатқанда түрленген қабатта  $\gamma'$ -фаза ( $\text{Fe}_4\text{N}$ ) бөлшектері пайда болады, азоттау температурасы  $550^{\circ}\text{C}$  кезінде хром нитридінің ( $\text{CrN}$ ) ұсақ дисперсті бөлшектері түзіледі.

3. Анықталған электролиттік плазмалық әдіспен азотталған жылдам кесетін болаттардың беттік қабатының қажалуға төзімділігінің жоғарылығын камтамасыз ететін негізгі механизмдері.

**Зерттеудің ғылыми-практикалық маңыздылығы.** Алынған теориялық және эксперименталдық зерттеулердің нәтижелері электролиттік плазмалық азоттау кезіндегі легіріленген болаттардың түрленген беттік қабатының қалыптасу процесі және оның құрылымы, құрамы және қасиеттері жайында жаңа, біршама терең түсінік береді. Сонымен қатар, бұл жұмыста анықталған электролиттік плазмалық азоттау кезінде жылдам кесетін болаттарда түрленген қабаттардың қалыптасу заңдылықтарын зерттеушілер легіріленген болаттарды электролиттік плазмалық өңдеудің режимдерін таңдау кезінде және жылдам кесетін болаттардың құрылымдық түрленулерін талдау кезінде қолдануы мүмкін.

Бұл жұмыс үлкен практикалық маңызға ие, себебі әзірленген электролиттік плазмалық азоттау әдісі жылдам кесетін болаттарды физико-механикалық қасиеттері жоғары түрленген беттік қабат алуға мүмкіндік береді. Аспаптардың өміршеңдігін жоғарылататын әзірленген әдісті машина жасау өндірісіне ендіру қарапайым қондырғыны қолданумен, карбамид негізіндегі электролитті қолданумен, қанықтыру процесінің ұзақтығын қысқартумен, еңбек өнімділігін жоғарылатумен және қоршаған ортаға экологиялық қысымды азайтумен технико-экономикалық және экологиялық эффект береді.

**Шығарылымдар.** Диссертацияның негізгі нәтижелері бойынша 21 жұмыс шығарылды, олардың 4-і ҚР БЖҒМ білім және ғылым салсындағы бақылау Комитетімен ұсынылған баспаларды шығарылды, 3-і Scopus базасына кіретін шет елдік ғылыми баспаларда шығарылды, 10-ы Халықаралық конференциялар материалдарында, оның ішінде 6-ы шет елдік конференциялар материалдарында шығарылды. Сонымен қатар диссертация нәтижелері бойынша 3 өнертабысқа инновациялық патент және 1 пайдалы үлгіге патент алынды.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Жұмыс кіріспеден, бес бөлімнен, қорытындыдан және қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады. ол 144 беттен, 72 суреттен, 14 кестеден және 202 қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады.