

МАРАТҰЛЫ БАУЫРЖАННЫҢ

8D071 - "Машина жасау" білім беру бағдарламасы бойынша, 8D071 - "Инженерия және инженерлік іс" даярлау бағыты бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертациясының

АҢДАТПАСЫ

МАГНЕТРОНДЫҚ БҮРКУ ӘДІСІМЕН ҚОРҒАНЫШ МЕТАЛЛ ЖАБЫНДАРДЫ ҚАПТАУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН НЕГІЗДЕУ

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі. Қазіргі машинажасау металл өңдеу жабдықтары мен бағдарламалық басқаруы бар прецизионды станоктарды қарқынды пайдаланумен сипатталады, олардың сенімділігі мен беріктігі қолданылатын майлау-салқындату сұйықтықтарының (МСС) сапасына тікелей байланысты. Сумен араласатын МСС микроорганизмдердің дамуы үшін қолайлы орта болып табылады. Зерттеулер көрсеткендей, рециркуляция жүйелерінің бактериялық ластануы тез арада жоғары мәндерге жетеді, бұл эмульсияның бұзылуына әкеледі.

Жабдықтар мен бөлшектердің беттерінде тұрақты биопленкалар қалыптасуы ерекше қауіп төндіреді. *Pseudomonas aeruginosa* штаммдары басым болатын биопленкалар МСС құрамындағы стандартты биоцидтік қоспаларға жоғары төзімділікке ие. Бактериялардың тіршілік әрекеті өңдеу сапасын нашарлатып қана қоймайды, МСС беру арналарының бітелуіне әкеліп соғады, сонымен қатар коррозияның пайда болуына жағдай жасайды. Бұдан басқа, биоөсу МСС өткізу жүйелерінің тар арналарын бітеп тастайды, бұл кесудің температуралық режимін бұзады және бөлшектерді өңдеу дәлдігін төмендетеді.

МСС көлеміне биоцидтерді мерзімді енгізуге негізделген дәстүрлі күрес әдістері тек уақытша әсерге ие және тікелей жанасатын беттердің биоөсуінің алдын ала алмайды. Оның үстіне, олар экологиялық қауіптермен және оператор денсаулығына ықтимал зиянмен байланысты, себебі өңдеу кезінде түзілетін биоаэрозольдар кәсіби тыныс алу ауруларының себебі болып табылады.

Осыған байланысты машиналар мен жабдықтардың бөлшектерінің беттерінің өзіне бактерицидтік қасиеттер беруден тұратын түбегейлі жаңа тәсілдің қажеттілігі туындайды. Перспективалы шешім болып, бактерияларды тікелей жанасу аймағында үздіксіз басуды қамтамасыз ететін функционалдық жабындарды жағу табылады.

Машиналар мен жабдықтардың бөлшектерінің беттерінің микробиологиялық зақымдануы мәселесін шешу тек тиімді жабын материалын таңдауды ғана емес, сонымен қатар оны жағу технологиясына негізделген тәсілді де талап етеді. Жабындарды тұндырудың физикалық және химиялық әдістерінің ішінде магнетронды бүрку (МБ) әдісі машинажасау мәселелерін шешуге ең технологиялық және өнеркәсіптік бейімделген әдіс ретінде ерекшеленеді.

Жоғары температураны қажет ететін бу фазасынан химиялық тұндыру әдістерінен айырмашылығы, МБ төмен температуралы процесс болып табылады. Бұдан басқа, әдіс гальваникалық өндірістерге тән улы ағынды сулардың түзілуін болдырмай, экологиялық таза болып табылады.

Тантал – мыс (Ta–Cu) бинарлы жүйесі ерекше қызығушылық тудырады, мұнда тантал химиялық төзімді және балқымайтын матрица ретінде механикалық беріктік пен коррозияға төзімділікті қамтамасыз етеді, ал дәлелденген бактерицидтік әсері бар мыс белсенді компонент функциясын атқарады. Танталдық және мыстық магнетрондардағы қуатты тәуелсіз реттеу мүмкіндігі жабынның құрамын, микроқұрылымын және соның салдарынан функционалдық қасиеттерін мақсатты түрде басқаруға мүмкіндік береді. Бұл ретте, жаһандық статистикаға сәйкес, тозу мен үйкеліс салдарын жоюға әлемдік энергия тұтынудың шамамен 23% жұмсалады, ал өнеркәсіптік дамыған елдердегі жиынтық шығындар ЖІӨ-нің 1,5–4% жетеді, бұл тозуға төзімді бактерицидтік жабындарды әзірлеуді экономикалық маңызды міндетке айналдырады. Осылайша, магнитронды бүрку әдісімен Ta–Cu бактерицидтік металлжабындарды жағудың параметрлерін негіздеу және инновациялық технологиясын әзірлеу машиналар мен жабдықтардың пайдалану сенімділігін арттыруға бағытталған өзекті ғылыми-техникалық бағыт болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың негізгі идеясы майлау-салқындату сұйықтығының көлеміне биоцидті қоспаларды енгізудің орнына түбегейлі басқа тәсілмен – машиналар мен жабдықтар бөлшектерінің беттерінің өзіне тантал–мыс жүйесі негізіндегі жабынды орнату арқылы тұрақты бактерицидтік, тозуға төзімділік және коррозияға қарсы қасиеттер берумен ауыстыру болып табылады.

Диссертациялық жұмыста шешімі ұсынылған мәселе микробиологиялық ластанған майлау-салқындату сұйықтықтарымен жұмыс істейтін машиналар мен жабдықтар бөлшектерінің беттеріне арналған ғылыми негізделген технологиялық шешімдердің болмауы болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың негізгі болжамы тантал–мыс жабындарын қалыптастыру үшін МБ қолдану машина бөлшектерінің беттерінде тозуға төзімді, коррозияға төзімді және бактерицидтік қабатты жасауға мүмкіндік береді. Танталды және мысты нысаналардағы қуатты тәуелсіз реттеу есебінен жабынның химиялық құрамын, микроқұрылымын және эксплуатациялық қасиеттерін басқаруға болады деп күтілуде.

Зерттеудің мақсаты – трибологиялық және қорғаныш қасиеттерінің кешеніне ие Ta–Cu бактерицидті жабындарын қалыптастыру үшін МБ технологиялық процесінің оңтайлы режимдерін негіздеу және эксперименттік жолмен анықтау.

Зерттеу міндеттері:

- Тантал–мыс жабындарын бүрку процесінің параметрлерін оңтайландыруды жүргізу.
- Бүрку режимдерінің қалыптасатын жабындардың микроқұрылымына, морфологиясына және элементтік құрамына әсерін зерттеу.

- Қалыптасатын беттердің механикалық және трибологиялық сипаттамаларына баға беру.
- Жабындардың коррозияға төзімділігін бағалау үшін сынақтар жүргізу.
- Магнетронды қондырғының жұмыс торабының жаңартылған құрылымын әзірлеу.
- Қорғаныш қасиеттері бар жабындарды орнатудың технологиялық процесін әзірлеу.

Зерттеу объектісі – машинажасау жабдықтарының бөлшектерінде МБ әдісімен жұқақабықшалы қорғаныш металл жабындарын қалыптастырудың технологиялық процесі.

Зерттеу пәні – тантал–мыс жабындарын қалыптастырудың технологиялық параметрлері мен алынатын жабындардың трибомеханикалық, коррозиялық және қорғаныш қасиеттері арасындағы заңдылықтар мен өзара байланыстар.

Ғылыми жаңалық:

- Алғаш рет бөлшектерді қорғау үшін МБ әдісімен қалыптастырылған тантал–мыс жабындарының композициялық жүйесінде танталдың жоғары коррозияға төзімділігі мен мыстың антибактериалдық қасиеттерін үйлестіру тұжырымдамасы ғылыми тұрғыдан негізделді.
- МБ процесі параметрлерінің қалыптасатын жабынның химиялық құрамы, механикалық қасиеттеріне әсерінің жаңа сандық заңдылықтары анықталды.
- Жұмыс газының қысымы 0,18–0,28 Па және нысанадағы қуат тығыздығы 8–15 Вт/см² болған кездегі магнетронды бүрку процесінің «технологиялық терезесі» математикалық түрде айқындалып, сипатталды. Бұл тантал фазасы басым болатын тығыз, кеуексіз тантал–мыс құрылымының қалыптасуын қамтамасыз етеді.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы:

- бактерицидтік жабындарды қалыптастыру үшін тұрақты токпен магнетрондық бүрку процесінің технологиялық регламентін әзірлеуде және ғылыми негіздеуде;
- өнеркәсіптік өндіріс жағдайында оңтайлы технологиялық параметрлерді анықтауда және нәтижелердің қайталанымдылығында;
- бөлшектерді өңдеудің өнімділігі мен өзіндік құнын болжауға мүмкіндік беретін EPOS-PVD-440 қондырғысы үшін процестің кинетикалық параметрлерін есептеудің инженерлік әдістемесін жасауда;
- жоғары вакуумды қамтамасыз етуге арналған магнетронды қондырғының тығыздағыш торабының конструкциясын әзірлеуде және дайындауда.

Қорғауға келесі ғылыми қағидалар шығарылады:

- Тантал-мыс жабындарының композициялық құрылымының біркелкі таралуын қамтамасыз ететін және қабаттардың кеуектілігін барынша азайтатын тұрақты токтағы магнетрондық бүркудің технологиялық режимдері.

- Мыс нысанасындағы токтың 0,6–1,4 А диапазонындағы өзгерісін жабындағы мыстың 3,2%-дан 19,6%-ға дейінгі түпкілікті мөлшерімен байланыстыратын сандық тәуелділіктер мен регрессиялық модель.

- EPOS-PVD-440 қондырғысында 1,46 нм/айн жылдамдықпен бүркуді қамтитын тантал-мыс қорғаныш жабындарын орнатудың технологиялық процесін ғылыми-техникалық негіздеу.

Қысқаша мазмұны. Диссертацияның бірінші тарауында суыту-майлау сұйықтықтарының (СМС) микробиологиялық ластану мәселесінің қазіргі жай-күйіне және металл өңдеу жабдықтарының беттерінде тұрақты биоүлдірлердің қалыптасу механизмдеріне талдау жасалды. Күресудің дәстүрлі әдістері тек уақытша әсер беретіні және айналым жүйелерінің қайта ластануын болдырмайтыны анықталды. Жабындарды орнатудың әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізілді, оның негізінде ең өнімді, ауқымдылығы кеңейтілетін, төмен температуралы және экологиялық қауіпсіз әдіс ретінде магнетрондық бүруге таңдау негізделді. Зерттеудің мақсаты мен міндеттері тұжырымдалды.

Екінші тарауда иондық-плазмалық бүрудің теориялық негіздері, жабындардың пайда болуы, өсу механизмдері, адгезиялық қасиеттердің қалыптасуы, сондай-ақ магнетрондардың жұмыс принциптері мен магниттік өрісінің конфигурациясы қарастырылды. Жабындардың микроқұрылымын гомологиялық температура мен жұмысшы газдың қысымына байланысты болжауға мүмкіндік беретін Торнтонның құрылымдық аймақтар моделі ұсынылды. Механикалық тұтастықты, коррозияға төзімділікті және бактерицидтік мыс иондарының бақыланатын диффузиясын қамтамасыз ету үшін «Т аймағы» типті тығыз, кеуексіз құрылымды қалыптастырудың пайдасы негізделді.

Үшінші тарауда зерттеулер жүргізу және жабындардың қасиеттерін бағалау әдістемелері берілген. Трибологиялық сынақтардың, энергия-дисперсиялық талдауы бар сканерлеуші электрондық микроскопияның, электрохимиялық сынақтардың, адгезияны бағалаудың жабдықтары мен әдістемесі, сондай-ақ бактерицидтік белсенділікті бағалау әдістері сипатталған. Төсемдердің бетін дайындау әдістемесі баяндалған.

Төртінші тарауда жабындарды орнатудың технологиялық процесін әзірлеу бойынша эксперименталды зерттеулер ұсынылған. Тантал магнетронының тұрақты қуаты мен 0,18 Па жұмыс қысымы кезінде мыс нысанасындағы токты өзгерте отырып, EPOS-PVD-440 қондырғысында эксперименттің қойылымы сипатталған.

Бесінші тарауда EPOS-PVD-440 өнеркәсіптік қондырғысына қатысты жабындарды орнатудың технологиялық процесі әзірленді. Кинематикалық параметрлерге: төсемдердің қозғалысының сызықтық жылдамдығына, технологиялық беріліске, тұнудың массалық қарқындылығына, нысана материалдарының шығынына, үлестік тұтынылатын қуатқа және электр энергиясына жұмсалатын тікелей шығындарға егжей-тегжейлі инженерлік есептеу жүргізілді. Магнетронды қондырғының жұмыс торабының жаңартылған конструкциясы ұсынылды.

Диссертанттың жеке үлесі. Диссертациялық жұмысты автор жеке өзі орындады. Автор зерттеудің келесі негізгі кезеңдерін жүзеге асырды:

- СМС-ның микробиологиялық зақымдану мәселесі, функционалдық жабындарды орнату әдістері және магнетрондық тозандатудың физикалық негіздері бойынша ғылыми-техникалық әдебиеттерге дербес талдау жасау;
- оператор ретінде EPOS-PVD-440 магнетрондық бүрку қондырғысында эксперименттерді тікелей жүргізу: вакуумдық жүйені дайындау, бүрку режимдерін басқару, жану разрядының тұрақтылығын бақылау;
- төсемдерді жабындарды орнатуға дайындау;
- магнетронды қондырғының жұмыс торабын жаңартуға қатысу: торапты құрастыру және герметизациялау;
- алынған жабын үлгілерін физика-механикалық және құрылымдық талдауларға дайындау;
- алынған тәжірибелік деректерді өңдеу және интерпретациялау, статистикалық талдау, регрессиялық модельдеу, заңдылықтарды тұжырымдау;
- Та–Си жабындарын бүрку процесінің параметрлерін есептеудің технологиялық регламенті мен инженерлік әдістемесін әзірлеу.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс 171 бет машинкамен басылған мәтінде баяндалған, белгілер мен қысқартулардан, кіріспеден, 5 бөлімнен және қорытындыдан тұрады, 39 суретті, 11 кестені, 140 атаудан тұратын пайдаланылған дереккөздер тізімін және 4 қосымшаны қамтиды.

Зерттеу нәтижелері және негізгі қорытындылар. Диссертациялық жұмыста қазіргі заманғы машина жасау үшін маңызды мәні бар өзекті ғылыми-техникалық міндет шешілді. Жүргізілген теориялық және эксперименталды зерттеулер келесі нәтижелер мен қорытындыларды тұжырымдауға мүмкіндік береді:

1. СМС-ның және металл өңдеу жабдықтары беттерінің микробиологиялық зақымдану мәселесінің қазіргі жай-күйіне талдау жасалды. Биологиялық шөгінділердің жиналуымен күресудің дәстүрлі әдістері уақытша әсер беретіні анықталды. Жабындарды орнату әдістерінің салыстырмалы техника-экономикалық талдауы негізінде ең өнімді, ауқымдылығы кеңейтілетін және экологиялық қауіпсіз әдіс ретінде тұрақты тоқтағы МБ таңдау негізделді.

2. Та–Си жабындарын бүркудің технологиялық процесі үш негізгі кезеңді қамтиды: бетті дайындау, магнетрондық бүрку үдерісі және одан кейінгі сапаны бақылау. Қажетті қасиеттердің қайталанымдылығын қамтамасыз ететін процесті тұрақты жүргізудің технологиялық терезесі тәжірибе жүзінде анықталды. Тантал магнетронының қуаты 2,0–2,1 кВт-ты құрады, мыс магнетронының қуаты 0,33 кВт, 0,46 кВт, 0,80 кВт болып өзгерді, жұмыс қысымы 0,18 Па-ны құрады.

3. Технологиялық параметрлердің жабындардың пайдалану сипаттамаларына әсер ету заңдылықтары анықталды. Энергия-дисперсиялық спектроскопия тантал фазасы басым және мыс біркелкі таралған жабынның қалыптасқанын растады. Жабындағы мыс мөлшері мыс магнетронындағы

токпен 0,6–1,4 А диапазонында сызықты түрде корреляция құрайды. Трибологиялық сынақтар жабындардың үйкеліс коэффициенті 100 метр қашықтықта 0,6–0,7 диапазонында тұрақтанатынын көрсетті. Ең жақсы антифрикциялық қасиеттерге мыс мөлшері аз жабын көрсетті, ал бактерицидтік әсер үшін қажетті мысты енгізу үйкеліс коэффициентін заңды түрде арттырады.

4. EPOS-PVD-440 өнеркәсіптік қондырғысына қатысты технологиялық параметрлерге егжей-тегжейлі инженерлік есептеу жүргізілді. Төсемдердің қозғалысының сызықтық жылдамдығы 10,05 м/мин болғанда, технологиялық беріліс 1,46 нм/айн құрады. Нысана материалдарының шығыны 21–35 г, ал үлестік энергия шығыны 13,95 кВт·сағ/м² құрады. Электр энергиясына жұмсалатын шығындарға есептеу жүргізілді, оңтайлы TaCu-2 режимі үшін 215 теңге/м² анықталды.

5. Регрессиялық талдау әдісімен процестің технологиялық параметрлері мен Ta–Cu жабындарының қасиеттері арасындағы сандық тәуелділіктер анықталды. Үлестік тұтынылатын қуат мыс магнетроны қуатының артуымен сызықты түрде өседі. Мыс мөлшерінің артуы үйкеліс коэффициентінің қатаң сызықты түрде өзгеруіне әкелмейді. Жабындардың бактерицидтік белсенділігі шектік сипатқа ие.

6. Магнетрондық бүрку әдісімен Ta–Cu бактерицидтік жабынын орнатудың әзірленген технологиясы «ВК ПРОМЭНЕРГОРЕМОНТ» ЖШС жағдайында СМС айналым жүйесінің батырмалы сорғыларының қабылдау торларында өндірістік сынақтардан өтті.

7. EPOS-PVD-440 магнетронды қондырғысының жұмыс торабының жаңартылған конструкциясы әзірленді және дайындалды, бұл нысананың диаметрі 40 мм магнетронды қолдануын қамтамасыз етеді.