

АҢДАТПА

8D071 – «Инженерия және инженерлік іс» дайындау бағыты,
8D07101 – «Машина жасау» білім беру
бағдарламасы бойынша

КИМ АННА СТАНИСЛАВОВНАНЫҢ

философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертациясы

ҚАЙТА ПАЙДАЛАНУ ҮШІН МАЙЛАУ-САЛҚЫНДАТУ СҰЙЫҚТЫҒЫН УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ РЕГЕНЕРАЦИЯЛАУ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі. Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылымды дамытудың басым бағыты – «Энергия, озық материалдар және көлік», «Машина жасау және көлік» кіші бағытына сәйкес орындалған және 8D071 – «Инженерия және инженерлік іс» даярлау бағыты, 8D07101 – «Машина жасау» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған.

Диссертациялық зерттеудің мемлекеттік ғылыми-техникалық бағдарламалармен байланысы оның практикалық бағыттылығын және қолданбалы маңыздылығын айқындайды. Диссертациялық жұмыстың тақырыбы 2025–2027 жылдарға арналған жас ғалымдардың зерттеулерін гранттық қаржыландыруға негіз болған «Жас ғалым» жобасының (AP25794035) «Майлау және салқындату сұйықтығын қайта пайдалану үшін ультрадыбыспен тазарту әдісін әзірлеу және зерттеу» тақырыбына арқау болып, алынған ғылыми нәтижелердің сұранысқа ие екендігін көрсетеді.

Машина жасауда металдарды кесу арқылы өңдеу кезінде майлау-салқындату сұйықтықтары (МСЖ) кеңінен қолданылады. МСЖ қолданудың негізгі мақсаты – дайындама мен кескіш құрал арасындағы үйкеліс күшін азайту, өңдеу процесінде дайындаманың деформациясын төмендету, металкескіш құралдың төзімділік мерзімін ұлғайту және металөңдеу өнімділігін арттыру.

МСЖ жұмыс ерітінділерінің қызмет ету мерзімі әдетте 2 аптадан 3–6 айға дейінгі аралықты құрайды. Осы мерзім аяқталғаннан кейін, егер ерітінділер тиісті регенерациядан өткізілмесе, олар жарамсыз деп танылып, қымбат залалсыздандыру және кәдеге жарату технологияларына жіберіледі. Экологиялық жағдайдың қолайсыздығы жағдайында МСЖ-ны кәдеге жарату қазіргі заманғы машина жасаудағы маңызды экологиялық мәселе болып табылады. Бұл ретте технологиялық процеске МСЖ концентратының жаңа партиялары мен тұщы судың едәуір көлемі тартылып, процесс қайтадан қайталанады.

Станоктардың бағыттаушы сырғымаларынан майлардың шайылып кетуі (МСЖ кесу аймағына берілген кезде) қолданылатын МСЖ-ның барлық дерлік түрлерін қауіпті техногендік майқұрамды қалдықтарға айналдырады.

МСЖ құрамына түсетін бөгде майлар мен мұнай өнімдері әртүрлі бактериялар мен микроағзалардың дамуына қолайлы қоректік орта болып табылады, бұл олардың жылдам биологиялық зақымдануына және шіруіне әкеледі. Ластанған МСЖ жұмысшылардың денсаулығына елеулі зиян келтіреді.

Қазіргі уақытта МСЖ тазалаудың бірнеше әдістері бар: флотациялау, сүзгілеу және күш өрістерінде тазалау. Тазалау әдісін таңдауда регенерация тиімділігінің көрсеткіштері ескеріледі: қоспалардың тығыздығы, өнімділік, тазалау дәрежесі мен дәлдігі, сепарация коэффициенттері, қоспа бөлшектерінің орташа өлшемі, жасушалардың биотөзімділігі, тұтынылатын қуат және экономикалық көрсеткіштер. Алайда аталған регенерация әдістерінің барлығы төмен өнімділікпен, тазалау тиімділігінің жеткіліксіздігімен, еңбек сыйымдылығымен және құрылымдық күрделілігімен сипатталады. Осы кемшіліктерден ада жаңа әдісті әзірлеу қажеттілігі туындайды. Сонымен қатар, МСЖ тазалау процесін сипаттайтын тәуелділіктер мен регенерация бойынша эксперименттік нәтижелер жеткіліксіз. Осыған байланысты МСЖ-ны ультрадыбыстық сәулелену арқылы тазалаудың тиімділігін дәлелдеу және оны практикалық іске асыру үшін негізгі сипаттамалар мен параметрлерді анықтау өзекті болып табылады.

Зерттеу гипотезасы ультрадыбыстық әсер параметрлерін оңтайлы таңдау арқылы майлау-салқындату сұйықтығын кавитация, коагуляция және диспергирлеу процестерінің жүруі есебінен тиімді регенерациялауға болады деген болжамға негізделген.

Зерттеу мақсаты - майлау-салқындату сұйықтықтарын ультрадыбыстық әдіспен тазалау әдісін әзірлеу және осы процесті сипаттайтын тәуелділіктерді анықтау.

Қойылған мақсатқа жету үшін **келесі міндеттер** шешілді:

- майлау-салқындату сұйықтықтарының құрамын және қолданылуын аналитикалық шолу;
- МСЖ тазалаудың қолданыстағы әдістеріне, патенттер мен өнертабыстарға сыни талдау жүргізу;
- МСЖ ластану дәрежесін анықтайтын датчиктің жұмыс принципін, құрылымын әзірлеу және оның жұмысын эксперименттік зерттеу;
- МСЖ-ны ультрадыбыстық әсермен тазалау бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу;
- ультрадыбыстық регенерация процесін математикалық модельдеу және процестің физикалық негізін сипаттау;
- тазалау жүргізілетін ыдыстың көлемі мен материалына байланысты тазалау дәрежесінің тәуелділігін эксперименттік анықтау;
- ультрадыбыстық тазалаудың тиімділігін эксперименттік растау;
- зерттеу нәтижелерін өнеркәсіптік практикаға енгізу;
- сапаны бақылау, еңбек қауіпсіздігі және экологиялық талаптарды ескере отырып, өнеркәсіптік енгізу бойынша ұсынымдар әзірлеу;
- МСЖ-ны ультрадыбыстық регенерациялаудың экономикалық

тиімділігін бағалау.

Зерттеу барысында келесі әдістер қолданылды:

- зерттеу нәтижелеріне аналитикалық шолу;
- патенттік талдау;
- математикалық модельдеу;
- экспериментті жоспарлау және нәтижелерін өңдеу;

Зерттеудің ғылыми жаңалығы төмендегідей:

- майлау-салқындату сұйықтықтарын ультрадыбыстық әсермен тазалау әдісінің тиімділігі мен қажеттілігі алғаш рет дәлелденді;
- ультрадыбыстық толқындардың МСЖ-ның тұтқыр-пластикалық ортасына әсер етуінің физикалық көрінісі сипатталды;
- МСЖ-ның электрөткізгіштігі мен оның ластану дәрежесі арасындағы тәуелділіктер анықталды;
- ультрадыбыстың жиілігіне, қуатына, әсер ету уақытына, сұйықтық көлеміне және ыдыс материалына байланысты МСЖ тазалау дәрежесінің эксперименттік тәуелділіктері алынды;
- тазалау сапасына байланысты МСЖ-ны ультрадыбыстық өңдеудің тиімді режимдері анықталды.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми қағидалар:

1. Ультрадыбыстық толқындардың әсерінен кавитация және коагуляция процестері арқылы МСЖ регенерациясының физикалық механизмі.
2. Регенерация тиімділігінің ультрадыбыстық қуат пен әсер ету уақытына тура, ал сұйықтық көлеміне кері пропорционал тәуелділігі.
3. МСЖ ластану дәрежесін оның электрлік кедергісі бойынша анықтауға мүмкіндік беретін датчиктің әзірленуі.
4. Ыдыс материалы мен көлеміне, ультрадыбыстық параметрлерге және әсер ету уақытына байланысты МСЖ тазалау дәрежесін анықтайтын тәуелділіктер.
5. Өнеркәсіптік өндіріс жағдайларында технологиялық процестерді әзірлеу кезінде регенерацияланған МСЖ пайдалану мүмкіндігі бойынша ұсынымдар

Автор қорғайды:

- майлау-салқындату сұйықтықтарын ультрадыбыстық әсермен тазалау әдісін;
- ультрадыбыстың МСЖ-ның тұтқыр-пластикалық ортасына әсер етуінің физикалық процесінің сипаттамасын;
- электрлік кедергіні пайдалана отырып, датчик арқылы МСЖ тазалық дәрежесін анықтау бойынша эксперименттік нәтижелерді;
- МСЖ-ны ультрадыбыстық тазалау бойынша эксперименттік зерттеу нәтижелерін.

Зерттеу объектісі – майлау-салқындату сұйықтығын ультрадыбыстық тазалау процесі.

Зерттеу пәні – майлау-салқындату сұйықтығына ультрадыбыстық әсер.

Практикалық маңыздылығы ультрадыбыстық әдіспен МСЖ тазалаудың технологиялық процесін жобалауға арналған ұсынымдар мен есептік тәуелділіктерді әзірлеумен айқындалады.

Диссертацияның негізгі нәтижелері «Maker (Мэйкер)» ЖШС өндірістік

процесіне, сондай-ақ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ-тың 6B07104 – «Машина жасау» білім беру бағдарламасының 2-курс бакалавр студенттеріне арналған «Кесу теориясы» пәнінің оқу процесіне енгізілген.

Диссертациялық қорытындылардың сенімділігі қойылған міндеттердің дұрыстығымен, барабар зерттеу әдістерін қолданумен және эксперименттік нәтижелердің аналитикалық деректермен сәйкестігімен қамтамасыз етілген. Диссертацияның негізгі қағидалары ғылыми мақалалар мен баяндама тезистерінде жарияланған, сондай-ақ пайдалы модельге патент және авторлық құқық объектілеріне мемлекеттік тіркеу туралы куәлік алынған.

Қысқаша мазмұны.

Бірінші тарауда металдарды кесу арқылы өндеу кезінде машина жасауда қолданылатын майлау-салқындату сұйықтықтарын тазалау және регенерациялау мәселесінің қазіргі жағдайына талдау жасалған. МСЖ-ның пайдалану процесінде деградацияға ұшырау себептері қарастырылған. МСЖ-ны тазалаудың қолданыстағы әдістеріне шолу жасалып, олардың салыстырмалы талдауы жүргізілген.

Екінші тарауда майлау-салқындату сұйықтықтарының күйін бақылау және мониторингтеу мәселелері қарастырылған. МСЖ сапасын бағалаудың дәстүрлі әдістеріне талдау жүргізілген. Екі электродты жүйе мен цифрлық мультаметрді пайдалана отырып, электрлік кедергіні өлшеуге негізделген МСЖ ластану дәрежесін бағалау әдістемесі әзірленіп, эксперименттік түрде апробацияланған. Металдық қоспалардың концентрациясына байланысты МСЖ-ның электрлік кедергісінің өзгеру тәуелділігі эксперименттік түрде анықталған.

Үшінші тарау майлау-салқындату сұйықтықтарын ультрадыбыстық регенерациялау әдісін әзірлеуге және оның теориялық негіздемесіне арналған. Ультрадыбыстық толқындардың МСЖ-ның тұтқыр-пластикалық ортасына әсер етуінің физикалық мәні, соның ішінде кавитация, коагуляция, диспергирлеу және ластаушы қоспаларды сепарациялау процестері қарастырылған. Ультрадыбыстық энергияның сұйық ортаға берілу механизмдері және олардың ерітіндінің ағу режимдеріне әсері сипатталған. Тазалау процесінің тиімділігі берілетін энергия мөлшерінің, сұйықтық көлемінің және ультрадыбыстық әсер ету шарттарының арақатынасымен анықталатыны көрсетілген.

МСЖ-ны ультрадыбыстық тазалауға арналған эксперименттік қондырғы әзірленіп, ультрадыбыстың жиілігі, қуаты, әсер ету уақыты, сұйықтық көлемі және ыдыс материалының әртүрлі мәндерінде эксперименттер жүргізілген. Аталған шарттарда МСЖ тазалау дәрежесін сипаттайтын эксперименттік тәуелділіктер алынған.

Төртінші тарауда эксперименттік зерттеулер нәтижелерін өндірістік практикаға енгізу бойынша ұсынымдар әзірленіп, тиісті құжаттама жасалған. Машина жасау кәсіпорны жағдайында МСЖ-ны ультрадыбыстық тазалау қондырғысын енгізудің экономикалық тиімділігі бағаланған. Жаңа МСЖ

сатып алуға, пайдаланылған сұйықтықтарды кәдеге жаратуға және пайдалану шығындарына жұмсалатын шығындарды азайту есебінен жылдық экономикалық тиімділік есептелген. Өзірленген әдісті қолдану металкескіш станоктар паркінің жұмыс істеуі кезінде елеулі экономикалық тиімділік беретіндігі көрсетілген.

Диссертанттың жеке үлесі

Диссертациялық жұмыс автордың жеке өзі орындаған. Автор майлау-салқындату сұйықтықтарын тазалаудың қолданыстағы әдістеріне талдау жүргізіп, патенттік шолу жасаған. Зерттеу міндеттері қойылып, зерттеу әдістемесі әзірленген. Электрлік кедергіні өлшеу негізінде майлау-салқындату сұйықтығының ластану дәрежесін мониторингтеу әдістемесі жасалып, эксперименттер жүргізілген және тиісті датчик әзірленген. Майлау-салқындату сұйықтығын ультрадыбыстық әдіспен регенерациялау тәсілін әзірлеу бойынша эксперименттік зерттеулер орындалған, сондай-ақ МСЖ-ны ультрадыбыстық тазалауға арналған эксперименттік қондырғы жасалған.

Жұмыстың жариялануы және апробациялануы Диссертацияның негізгі нәтижелері орыс және ағылшын тілдерінде жарияланған 11 ғылыми еңбекте көрініс тапқан, оның ішінде Scopus деректер базасына енгізілген 2 мақалада (Journal of Measurements in Engineering – 28 %, Applied Mechanics – 61 %), Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған 3 мақалада, Қазақстан Республикасының пайдалы модельге арналған 1 патентінде, авторлық құқық объектілеріне мемлекеттік тіркеу туралы 1 куәлікте және халықаралық ғылыми-практикалық конференциялардың 4 тезисінде жарияланған.

Диссертацияның негізгі нәтижелері төмендегі ғылыми іс-шараларда баяндалып, талқыланды:

- «XV Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндірісті интеграциялау» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция, Қарағанды қ., 2023 ж.;
- «XVI Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндірісті интеграциялау» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция, Қарағанды қ., 2024 ж.;
- «Машина жасау саласын дамыту және жаңа формациядағы жоғары білікті кадрларды даярлау (жағдайы, проблемалары және оларды шешу жолдары)» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция, Астана қ., 2005 ж.;
- «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының ғылыми семинарларында (2021–2026 жж.);
- 8D07101 «Машина жасау», 8D07102 «Көлік, көлік техникасы және технологиясы» мамандықтары бойынша докторлық диссертацияларды қорғау жөніндегі Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің Диссертациялық кеңесінің ғылыми семинарларында (2024–2026 жж.).

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс 125 бет машинкамен терілген мәтінде баяндалған, шартты белгілер мен қысқартулар тізімінен, кіріспеден, 4 тараудан және қорытындыдан тұрады, 38

суретті, 6 кестені, пайдаланылған әдебиеттер тізімін және қосымшаларды қамтиды.

Диссертациялық жұмыста машина жасау саласындағы өзекті ғылыми-практикалық міндетті — металдарды механикалық өңдеу процестерінде қайта пайдалану үшін майлау-салқындату сұйықтығын ультрадыбыстық регенерациялау әдісін әзірлеуді шешуге бағытталған ғылыми тұрғыдан негізделген жаңа теориялық және эксперименттік нәтижелер алынған.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде қолданбалы сипаттағы маңызды ғылыми-практикалық міндет шешілді, бұл келесі қорытындыларды жасауға мүмкіндік береді:

1. Майлау-салқындату сұйықтықтарының құрамы, пайдалану шарттары мен функцияларына аналитикалық шолу және оларды тазалаудың қолданыстағы әдістеріне сыни талдау негізінде дәстүрлі регенерациялау тәсілдерінің (флотациялау, сүзгілеу, күш өрістерінде тазалау және т.б.) тиімділігінің шектеулі екені, энергия сыйымдылығының жоғары және құрылымдық күрделілігі бар екені, сондай-ақ МСЖ-ны ұзақ мерзімді пайдалану кезінде ластаушы қоспаларды кешенді түрде жоя алмайтыны анықталды.

2. Майлау-салқындату сұйықтықтарын тазалау саласындағы патенттер мен техникалық шешімдерге жүргізілген талдау қазіргі заманғы әзірлемелердің негізінен механикалық, химиялық және магниттік әсерлерді қолданатын көпсатылы және біріктірілген регенерациялау сұлбаларына бағытталғанын көрсетті. Сонымен қатар ультрадыбыстық әсерді МСЖ регенерациясының дербес және негізгі әдісі ретінде мақсатты қолдануға негізделген тәсілдердің жоқтығы анықталды.

3. МСЖ күйін бақылаудың қолданыстағы әдістеріне жүргізілген талдау визуалды, зертханалық және аспаптық тәсілдердің өндірістік жағдайларда ластану дәрежесін әмбебап және жедел бақылауды қамтамасыз етпейтінін көрсетті. Осыған байланысты нақты пайдалану жағдайларына бейімделген МСЖ сапасын бақылаудың қарапайым әрі қолжетімді экспресс-әдісін әзірлеудің орындылығы негізделді.

4. Электрлік кедергіні өлшеуге негізделген майлау-салқындату сұйықтығының ластану дәрежесін жанама бақылауға арналған датчик әзірленіп, осы параметрді МСЖ-ның пайдалану барысындағы күйін бағалау үшін қолдану мүмкіндігі эксперименттік түрде дәлелденді.

5. Майлау-салқындату сұйықтығының электрлік кедергісінің оның ластану дәрежесіне тәуелділігі эксперименттік түрде анықталып, ұсынылған әдістің МСЖ сапасын жедел бақылау және регенерациялау қажеттілігі туралы шешім қабылдау үшін қолдануға жарамдылығы расталды.

6. Майлау-салқындату сұйықтығын ультрадыбыстық регенерациялау әдісі әзірленіп, оны іске асыруға арналған эксперименттік қондырғы жасалды. Ультрадыбыстық әсер ластаушы бөлшектердің кавитация, коагуляция және диспергирлеу процестерінің бірлескен әсері есебінен МСЖ-ны тиімді тазалауды қамтамасыз ететіні анықталды.

7. Майлау-салқындату сұйықтығын тазалау дәрежесінің ультрадыбыстың жиілігіне, қуатына және әсер ету уақытына, сондай-ақ сұйықтық көлемі мен ыдыс материалына тәуелді эксперименттік тәуелділіктері алынды, бұл энергия шығындарын оңтайландыру жағдайында тазалаудың барынша жоғары тиімділігін қамтамасыз ететін ультрадыбыстық өңдеудің оңтайлы режимдерін анықтауға мүмкіндік берді.

8. Ультрадыбыстық тербелістер әсерінен тұтқыр-пластикалық ортаны тазалаудың физикалық механизмдерін сипаттайтын және режимдік параметрлер өзгерген кезде процестің тиімділігін болжауға мүмкіндік беретін майлау-салқындату сұйықтығын ультрадыбыстық регенерациялау процесінің математикалық моделі әзірленді.

9. Регенерацияланған майлау-салқындату сұйықтығын металдарды механикалық өңдеудің технологиялық процестерінде қайта пайдалану мүмкіндігі эксперименттік түрде расталып, әзірленген әдісті өнеркәсіптік практикаға енгізудің орындылығын көрсетті.

10. Сапаны бақылау, еңбек қауіпсіздігі, өнеркәсіптік қауіпсіздік және экологиялық нормативтер талаптарын ескере отырып, майлау-салқындату сұйықтықтарын ультрадыбыстық регенерациялау әдісін өндірістік жағдайларда енгізу бойынша ұсынымдар әзірленді.

11. Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы олардың «Maker (Майкер)» ЖШС өндірістік процесіне енгізілуімен, сондай-ақ Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінде «Машина жасау» бағыты бойынша мамандар даярлау барысында оқу процесінде қолданылуымен расталды.

Осылайша, диссертациялық жұмыста қойылған барлық міндеттер шешілді, зерттеу мақсатына қол жеткізілді, ал алынған нәтижелер ғылыми жаңалығымен және практикалық маңыздылығымен сипатталады.