

8D071 – «Техника және инженерия» дайындау бағыты, 8D07101 – «Машина жасау» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін диссертацияға
АНДАТПА

БЕРГ АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВНА

**ҰЗЫН ӨЛШЕМДІ ЦИЛИНДРЛІК БЕТТЕРДІ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН
ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ**

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі. Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасында машина жасауды дамытудың мемлекеттік бағдарламасы (2010-2014 ж.ж.) және Қазақстанның 2010-2014 жылдарға арналған «Индустрияландыру картасына» енгізілген инвестициялық жобаларды жүзеге асыру шеңберінде орындалды. Қазақстан Республикасын (ҚР) индустриялық-инновациялық дамытудың 2015-2019 және 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы, сондай-ақ осы саладағы PhD философия докторы дәрежесін алу үшін «Орталық Азиядағы өнеркәсіптік қауіпсіздікті нығайту жобасы» 8D071 – «Техника және инженерия» мамандығы бойынша, 8D07101 – «Машина жасау» білім беру бағдарламасы бойынша.

Қажетті техникалық деңгейді, сондай-ақ станок өндірісінің экономикалық тиімділігін қамтамасыз етумен тікелей байланысты мәселе машина жасаудың жалпы мәселесінің бір бөлігі болып табылады. Бүгінгі таңда Қазақстандағы машина жасау саласының кең ауқымды дамуына және ұзын цилиндрлік бөлшектерге қойылатын жоғары талаптарға байланысты, барған сайын дәл және сапалы өнімдер алу қажеттілігі туралы мәселе өзекті болды. Мұның бәрі бөлшектерді өңдеудің дәлдігі станоктың өнімділігіне, оның дірілге төзімділігіне, құрылымының қаттылығына және онда пайда болатын ауытқуға тікелей байланысты болатындығына байланысты. Машина жұмыс істеп тұрған кезде машинаның жеке элементтері - төсек, негіз, тіректер ауыр жүктемелерге ұшырайды. Осыған байланысты станок элементтерін жасау үшін жаңа технологиялар мен материалдарға қажеттілік артты.

Металл кесетін станок құрылымдарының жеткіліксіз қаттылығымен күресудің әртүрлі әдістері бар. Бағыттауыштарды тұғырдың қабырғаларына қосудың құрылымдық формалары станоктың серпімді қозғалыстарының тепе-теңдігіне, сондай-ақ тұғырдың қабырғалары мен бағыттағыштардың біркелкі салқындауына байланысты құймалардағы меншікті кернеулерге айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Сондай-ақ, бар мәселелерді шешу үшін құрылымдық арматура қолданылады. Мұндай құрылымдарда арматура созылу күштерін сіңіреді. Мұндай арматура үшін жоғары берік болат пайдаланылады, содан кейін есептеуді қолдана отырып, арматура мөлшері туралы шешім

кабылданады. Көлденең шыбықтар немесе үзеңгілер арқалықтың бүйірлік жүктемесін көтереді. Арматура торлары тоқылған сыммен жалғанған кезде дәнекерленген арматуралық торлар да қолданылады. Қазіргі уақытта темірбетон конструкциялары үшін арматураның негізгі түрі дәнекерленген арматуралық жақтаулар мен торлар болып табылады, олар арнайы дәнекерлеу машиналарында жасалады.

Мұндай әдістердің кемшіліктеріне шойын мен болаттан металл кесетін станоктарды жасаудың стандартты технологиясын қолдану кезінде үлгілер мен өзек қораптарын алдын ала дайындау қажеттілігіне байланысты станокты өндіру уақытының ұзартылуы жатады, сондай-ақ ішкі кернеулерді азайту үшін механикалық өңдеу басталғанға дейін құйманы ұзақ уақыт ұстау да жатады. Құюдың мүмкін ақаулары және кейбір ақаулар тек өңдеу кезінде анықталады, құйманың өңделген беттерінде жеткілікті үлкен бос орындар қалдыру қажеттілігі - бұл металды көп тұтынуға және, тиісінше, шығындардың өсуіне әкеледі. Құймаларды ұзақ сақтаған кезде кәсіпорынның айналым қаражатының айналымы баяулайды және аяқталмаған өнімнің өзіндік құны артады. Болат пен алюминийден жасалған станоктардың да бірқатар кемшіліктері бар, атап айтқанда, бұл материалдарды пайдалану кезінде үлкен көлемдегі материалды тұтыну, өйткені жеткілікті құрылымдық қаттылықты сақтау және салмақты азайту мүмкін емес.

Станоктардың тірек жүйелері талап етілетін қызмет ету мерзімі ішінде дұрыс орналасуын және жұмыс істемеу кезінде және кесу кезінде құрал мен бұйымдардың дәл және тегіс өзара қозғалысы мүмкіндігін қамтамасыз етуі және қамтамасыз етуі керек.

Осы талаптарды қанағаттандыру үшін жақтаулар мен корпус бөліктерінің конструкциясы қазіргі уақытта бағыттағыштардың қаттылық пен тозуға төзімділік критерийлеріне, сондай-ақ өндірістік жағдайларға бағынады. Әдетте, берілген өлшемдерге сәйкес олардың өлшемдері мен материалын таңдау кезінде бұл бөлшектердің беріктік шарттары автоматты түрде қанағаттандырылады. Дірілге төзімділікке арналған жүк көтергіш жүйелердің есептеулері мен конструкциялары әлі әзірленбеген.

Осыған байланысты оңтайландырылған геометриясы бар металл кесетін станоктың ұзын тұғырының конструкциясын және оны полимерлі бетоннан жасау технологиясын зерттеу мен жетілдіруге бағытталған жұмыс өзекті болып табылады.

Зерттеу гипотезасы ұзын өлшемді металл кесетін станоктың құрылымдық қаттылығын арттыру және айнымалы кадаммен қайталанатын қаттылық қабырғалары түрінде геометриясы оңтайландырылған полимербетон материалын қолдану арқылы ауытқуды азайту және газотермиялық бүрку арқылы станоктың бағыттағыштарының тозуға төзімділігін арттыру туралы болжам болып табылады.

Зерттеудің мақсаты ұзын цилиндрлік беттерді өндеуге арналған полимербетоннан жасалған технологиялық жабдықты әзірлеудің параметрлері мен тәуелділіктерін белгілеу болып табылады.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді:

- Қолданыстағы жабдықтардың ерекшеліктерін талдау;
- Полимербетонды зерттеу бойынша алдыңғы зерттеулерді талдау және осы түрдегі композиттің ұзын бөлшектерді дайындаудағы ерекшеліктерін анықтау;
- Ұзын өлшемді бөлшектерді дайындаудың негізгі құрамдас бөлігі ретінде полимербетонның сипаттамаларын зерттеу;
- Металды қолданбай беріктігі мен қаттылығы жоғары металл кесетін станок тұғырының оңтайландырылған геометриясын әзірлеу;
- Ұзын өлшемді тұғырды жасау мүмкіндігін қамтамасыз ету және бағыттағыштардың тозуға төзімділігін арттыру;
- Ұзын өлшемді тұғырдың құнын және материалды тұтынуды азайту.

Зерттеу әдістері. Диссертациялық зерттеуге ғылыми зерттеудің кешенді әдісі негіз болды. Теориялық зерттеулер компьютерлік технологиялар мен модельдеуді пайдалана отырып, математикалық есептерді сандық шешу теориясының әдістерін, сондай-ақ теориялық механика мен физикалық модельдеудің ғылыми принциптерін қолдануға негізделген.

Эксперименттік зерттеулер модельдеу нәтижелерін және шағын үлгілердің эксперименттік нәтижелерін және Excel бағдарламасындағы деректерді талдауды пайдалана отырып, пассивті көп нұсқалы эксперимент жүргізуден тұрды.

Диссертациялық зерттеуді жүргізу барысында келесі қолданбалы пакеттер пайдаланылды: AutoCAD, KOMPAS-3D Viewer, EXCEL, Autodesk Inventor, BETA CAE жүйесі, ABAQUS, META/ANSA.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы төмендегідей:

- Ұзын бөлшектерді өндеуге арналған қадамы өзгермелі қисық катаятқыштар негізінде металл кескіш станоктың тұғырының оңтайлы геометриясын анықтайтын тәуелділіктерді орнату;
- Қисық сызықты қабырғалардың геометриялық параметрлерінің тұғырдың қаттылығына әсер етуінің тәуелділігін белгілеу;
- Полимербетон қоспасының құрамдас бөліктерінің араласу уақытының әсерінің, араластырғыштың жұмыс органының айналу жылдамдығының металл кесетін станоктың ұзын тұғырының геометриясына тәуелділігін белгілеу;
- Полимербетонды беттерге тозуға төзімді жабындарды жағу кезінде технологиялық тәуелділікті орнату.

Қорғауға ұсынылған ғылыми ережелер:

– Металл кесетін станоктың ұзын тұғырын жасау үшін әртүрлі полимерлі бетон құрамдарының беріктік қасиеттерін тәжірибелік зерттеу нәтижелері.

– Сығылудағы металл кескіш станоктың статикалық анықталмаған ұзын тұғырын тәжірибелік зерттеу нәтижелері.

– Ұзын металл кесетін станоктың бағыттағыштарына термиялық бүркуді қолданудың технологиялық процесі.

– Металл кескіш станоктың оңтайлы геометриясының қатайтқыштардың геометриялық параметрлеріне, полимербетон қоспасының құрамдас бөліктерін араластыру уақытына және араластырғыштың жұмыс органының айналу жылдамдығына тәуелділігі.

– BETA CAE жүйесін, ABAQUS бағдарламалық пакетін қолданып, ақырлы элементтер әдісін қолдана отырып, металл кесетін станоктардың ұзын тұғырларының әртүрлі конструкцияларын модельдеу нәтижелері.

Автор қорғайды:

1. Конструктивті шешімдер
2. Математикалық модель
3. Эксперименттік нәтижелер
4. Бүрку әдістемесі

Зерттеу объектісі ұзын өлшемді беттерді өңдеуге арналған металл кесетін станоктың тұғыры ретінде қызмет етеді.

Зерттеу пәні - Ұзын өлшемді беттерді өңдеуге арналған металл кесетін станок тұғырының оңтайлы геометриясы.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы бұл:

– Полимербетоннан жасалған жаңа тұғыр конструкциясын қолдану ұзын бұйымдарды шығаруға мүмкіндік береді;

– Металл тұғырлар жасау мүмкіндігі жоқ мүдделі кәсіпорындар жағдайында технологиялық жабдықты өндіру мүмкіндігін алу;

– Термиялық бүрку металл кесетін станок тұғырының бағыттауыштарының тозуға төзімділігін арттырады.

Зерттеу нәтижелері сәйкес әдіспен ресімделді және HansaFlex – Gidravlik ЖШС жұмыс процесіне енгізілді.

Қысқаша мазмұны.

Бірінші тарауда ұзын цилиндрлік беттерді өңдеуге арналған технологиялық жабдықтар мәселесінің жай-күйіне талдау жасалған. Ұзын цилиндрлік беттерді өңдеу үшін қолданылатын металл кесетін станоктың тұғыр құрылымдарының геометриялары зерттелді. Ұзын бөлшектерді өңдеу кезінде туындайтын мәселелер зерттеледі. Металл кесетін станок тұғырларын дайындаудың әртүрлі материалдары мен технологияларының қолданылуына талдау жасалды.

Екінші тарауда ұзын металл кесетін станоктың тұғырының оңтайлы геометриясы жобаланып, полимербетон мен термиялық тозаңдаудың ұтымды композициялары табылды. Геометрияны оңтайландыру параметрлерін тандау

және ұзын металл кескіш станоктың тұғырының оңтайлы құрылымын таңдау жасалды. Ішкі күш факторларының әсері есептеліп, ұзын металл кесетін станоктың тұғырының қауіпті учаскелері анықталды. Оңтайландырылған геометриясы бар ұзын металл кесетін станоктың тұғырын жобалау технологиясы әзірленді. Металл кесетін станоктың ұзын қабатын жасауға арналған полимерлі бетонның ұтымды құрамы табылып, соңғы элементтер әдісімен үлгілердің беріктік қасиеттері зерттелді. Ұнтақ қоспаларының композицияларын таңдау, жабынды қолдану бойынша тәжірибелік зерттеулер және ұзын металл кескіш станоктың бағыттаушыларында газ-термиялық бүрку нәтижесінде пайда болатын қабаттардың қасиеттерін зерттеу жүргізілді.

Үшінші тарауда оңтайландырылған геометриясы бар полимербетоннан жасалған металл кескіш станоктың ұзын тұғырын математикалық модельдеу жүзеге асырылады. Полимерлі бетоннан және сұр шойыннан жасалған металл кесетін станоктың төсек корпустарына модальды талдау жүргізілді. BETA CAE System, ABAQUS бағдарламалық пакетін пайдалана отырып, соңғы элементтер әдісімен металл кесетін станоктың ұзын тұғырының статикалық талдауы жүргізілді. Модельдеу кезінде максималды деформациялар анықталды және үлгілердің жергілікті кернеулері анықталды және метал кесетін станок тұғырының әртүрлі геометриялары үшін алынған нәтижелер бір-бірімен салыстырылды.

Төртінші тарауда эксперименталды зерттеулердің әдістемесі мен нәтижелері берілген. Толық факторлық экспериментті жоспарлау жүргізілді, спираль қадамының, араластырғыштың жұмыс органының айналу жылдамдығының және қоспаны араластыру уақытының құрылымның беріктігіне металдың ұзын қабырғасының ауытқуына әсері, кесу машинасы қарастырылды.

Бесінші тарауда оңтайландырылған геометриялы полимербетоннан жасалған металл кескіш станоктың ұзын қаңқасын айнымалы кадаммен қатайтқыштар түрінде жасауға техникалық-экономикалық есеп жасалды. Өнімнің жалпы өзіндік құны есептеліп, кәсіпорынның пайдасы мен өнімнің өтелу мерзімі анықталды.

Диссертанттың жеке үлесі. Жұмысты автордың жеке өзі жүргізді, автор белгілі конструкцияларға патенттік талдау жасады, металл кескіш станоктар саласындағы теориялық зерттеулерге шолу жасады. Міндет қойылды және зерттеу әдістемесі әзірленді, металл кесетін станоктың ұзын тұғырының геометриясы жобаланып, үлгіленді, полимербетон мен термиялық тозаңдаудың оңтайлы құрамдары анықталды, тәжірибелік зерттеулер ұйымдастырылып, анықтау үшін жүргізілді. Оңтайландырылған геометриясы бар полимербетоннан жасалған металл кескіш станоктың ұзын тұғырының беріктік қасиеттері анықталды.

Жұмысты жариялау және сынақтан өткізу. Диссертацияның негізгі ережелері бойынша орыс және ағылшын тілдерінде 11 ғылыми мақалада

жарияланды, оның ішінде: Clarivate деректер базасына сәйкес халықаралық ғылыми басылымда 2 мақала немесе Scopus деректер базасына енгізілген (Applied Sciences (Швейцария) 75% (Q1), Қаптамалар 64% (2-тоқсан)), Қазақстан Республикасы Білім және ғылым сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 2 мақала. Ұсынылған жұмыстың баяндамалары 5 халықаралық конференцияда қаралды. Пайдалы модельге Қазақстан Республикасының 1 патенті және авторлық құқық объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы 1 куәлік алынды. Барлық жарияланымдарда полимербетоннан жасалған металл кесетін станоктың ұзын төсенішін жасаудың теориялық және эксперименттік зерттеулерінің материалдары мен нәтижелері берілген. Сонымен қатар, диссертациялық материалдар халықаралық ғылыми-практикалық және ғылыми-әдістемелік конференциялардың 6 тезистерінде ұсынылған. Зерттеу нәтижелері халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалып, талқыланды: «Халықаралық инновациялық зерттеулер» XIX Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы, (Пенза, 2019 ж.), «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – ғылымды жүзеге асырудың негізі» халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция. Ұлт жоспары» (Сағыновский оқулары №11), (Қарағанды, 2019 ж.), «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» (Сағынов оқулары №12) халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы, (Қарағанды, 2020 ж.), «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция (Сағынов оқулары №13), (Қарағанды, 2021 ж.), X Халықаралық ғылыми-практикалық конференция. «Машина жасау инженериясы және технологиялары» (Омск, 2021 ж.), «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» (Сағынов оқулары № 15), (Қарағанды, 2023 ж.) Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс машинамен басылған мәтіннің 154 бетінде баяндалған, белгілеулер мен қысқартулардан, кіріспеден, 5 бөлімнен және қорытындыдан тұрады, олар 64 суреттермен, 34 кестемен, 128 атаудан тұратын әдебиеттер тізімімен түсіндіріледі.

Автор ғылыми бағытты таңдауға, есептеу әдістемесін меңгеруге көмектескені үшін, құнды ұсыныстар мен ғылыми қолдау көрсеткені үшін, талдамалық зерттеулерді ұйымдастыруға және жүргізуге және жұмысты орындауға әдістемелік көмек көрсеткені үшін, шетелдік ғылыми тағылымдамадан өтуді ұйымдастырып, өтуге көмек көрсеткені үшін шетелдік ғылыми кеңесші т.ғ.д., профессор **Витаутас Турле** мен ғылыми кеңесшісі, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының меңгерушісі, PhD **В.В. Юрченкоға** алғысын білдіреді.

Автор зерттеулерге көмек көрсеткені және құнды ғылыми кеңестер үшін техника ғылымдарының докторы, «Көліктік инженерия және логистикалық жүйелер» кафедрасының профессоры **А.С.Қадыровқа** алғысын білдіреді..

Автор ғылыми қолдауы, құнды кеңестері мен пікірлері үшін, сондай-ақ докторантурада оқудың және диссертация жазудың бүкіл кезеңінде қолдау көрсеткені үшін техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық жабдық, машина жасау және стандарттау» кафедрасының профессоры **Жаркевич О.М.**, т.ғ.к., «Технологиялық жабдық, машина жасау және стандарттау» кафедрасының доценті **Т.Ю. Никоноваға** алғысын білдіреді.

Зерттеу нәтижелері және негізгі қорытындылар. Диссертацияда жаңа ғылыми негізделген нәтижелер бар, оларды пайдалану металл кесетін станоктың ұзын тұғырының оңтайлы конструкциясын жасаудың маңызды қолданбалы мәселесін шешуді қамтамасыз етеді:

1) Металл кесетін станоктардың ұзын тұғырының конструкцияларының қолжетімді түрлері зерттелді. Оңтайлы құрылым оңтайландырылған геометриямен айнымалы қадаммен қатайтқыштар түрінде таңдалды.

2) Металл кескіш станоктың ұзын тұғырының материалын ауыстыру мүмкіндіктері зерттелді. Оңтайлы материал ретінде құрамы №2 полимерлі бетон таңдалды.

3) Ұзын металл кесетін станоктардың бағыттаушыларының тозуға төзімділігін арттыру және кернеуді азайту үшін термиялық бүркуді қолдану мүмкіндіктері зерттелді. Оңтайлы композиция ретінде таңдалған композиция - Ni-7Cr-3Fe + 60% WC.

4) Спиральдың қадамына, араластырғыштың жұмыс органының айналу жылдамдығына және қоспаны араластыру уақытына байланысты ауытқуды анықтау үшін эмпирикалық еселік регрессия теңдеуі алынды және ол теңдеу келесі түрге ие: $Y = Y = -0,029 + 0,002X_1 + 2,468X_2 - 0,0001X_3$.

5) Оңтайландырылған геометриясы бар ұзын токарь станогының конструкциясы полимербетоннан жасалған айнымалы қадаммен қатаю қабырғалары түріндегі конструкциясы жобаланды, кернеуді азайту үшін тұғырлардағы арқалық тіректердің түйіскен жеріндегі конструкция өзгертілді. Оңтайландырудың арқасында шойын конструкцияларының қаттылығының жеткіліксіздігінен туындаған кернеулер азайды.

6) Полимерлі бетоннан оңтайландырылған геометриясы бар ұзын металл кесетін станокты жасаудың оңтайлы технологиясы әзірленді.

7) Ұзын металл кесетін станоктың бағыттаушыларына термиялық бүркуді қолданудың оңтайлы технологиясы әзірленді.

8) Ұсынылған дайындау әдісін қолданудан алынатын жылдық экономикалық тиімділік 4 524 008 теңгені құрайды. Өз құнын өтеу мерзімі 2 жыл болады.