

Сагитов Алмат Ардаковичтің

**6D071200 «Машинажасау» мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін
дайындалған диссертация
АҢДАТПАСЫ**

**ЖАНАСУШЫ ТЕТІКТЕРДІҢ БЕТТЕРІН КӨПЖҮЗДІ РОТАЦИЯЛЫҚ
ӨҢДЕУДІҢ ҚҰРАМАЛЫ ТӘСІЛІН ЖАРАТУ**

Зерттеу жұмысының өзектілігі

Машинажасау кез-келген индустриальды дамыған мемлекет экономикасының маңызды саласы болып табылады. Барлық құрылғыларды, машиналарды, білдектерді, аспаптарды, сонымен қоса, халыққа керекті тауарларды шығара отырып, машинажасау саласы агрокешендік комплекс, энергетикалық пен металлургиялық сектор, транспорт және экономиканың басқа да салаларының жұмысының тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Сол себепті ауыл шаруашылық және өндірістік машинажасау саласын дамыту Қазақстан Республикасының машинажасауды дамыту бойынша Мемлекеттік бағдарламасының басты мақсаты болып табылады.

Бөлшектерді механикалық өңдеу оларды өндірудің жалпы еңбек сыйымдылығының 60% құрайды. Сонымен қатар, дәл штамптау және құю, ұнтақ металлургиясы және т.б. сияқты машина бөлшектерін өндірудің прогрессивті әдістерін кеңінен қолдануға қарамастан, ұзақ уақыт бойы материалдарды кесу арқылы өңдеу ең әмбебап әдіс болып отыр, ал көптеген жағдайларда белгілі бір пайдалану қасиеттері бар бөлшектерді алуды қамтамасыз ете алатын жалғыз мүмкін болған әдіс екендігін көруге болады. Өңдеу өнімділігін арттыруға негізінен механикалық өңдеуге арналған жаңа құралдар мен оларды қатайту әдістерін қолдану, кесу құралының жұмыс бұрыштарын оңтайландыру, жаңа майлау және салқындату технологиялық құралдарын (сұйықтарын) пайдалану және оларды кесу аймағына беру тәсілдерін даярлау арқасында қол жеткізіледі.

Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, жанасушы беттері бар бөлшектерді дайындау механикалық өңдеу саласында ең қиын мәселе болып табылады. Машина жасауда бөлшектердің жанасушы беттерінің сапасы негізінен технологиялық процестің әрлеу операцияларында – ажарлау, ысқылап өңдеу, жылтырату, жетілдіру және т.б. қамтамасыз етіледі. Айналу денесі бар бөлшектердің жанасушы беттеріне мойынтіректер, тістегеріштер, тісті дөңгелектер және т. б. орнатылатын сыртқы цилиндрлік беттерді жатқызуға болады. Жанасушы беттерді механикалық өңдеудің типтік технологиялық процесі келесі операциялардан тұрады: токарлық (дөрекі, таза), ажарлау (дөрекі, таза), жылтырату.

Мұндай әртүрлі өңдеу операцияларын пайдаланудың көптеген кемшіліктері бар екені белгілі. Оларға беттің тазалығы мен дәлдігіне теріс әсер ететін әртүрлі операцияларды орындау үшін әртүрлі станоктарды пайдалану кезінде орнатудағы

ауытқулардың пайда болуы және қажетті бетке қойылатын талаптарды қамтамасыз ету үшін көптеген процестерді орындау қажеттілігі жатады. Бұл бөлшектің өңдеу құнын арттырады. Осыған байланысты, жоғарыда аталған мәселелерді шешу үшін көпжүзді ротациялық-фрикциялық өңдеудің тиімді құрамалы әдісін жарату **өзекті** болып табылады.

Құрамалы көпжүзді ротациялық-фрикциялық өңдеу кезінде екі түрлі операция орындалады: өңделетін беттің қабатын қыздыру және кесу. Өңделетін бетті қыздырғаннан кейін кесу процесінің орындалуына жақсы жағдай жасалады және бұл өңделген беттің кедір-бұдырлығы мен дәлдігіне жағымды әсер етеді.

Зерттеу мақсаты.

Жұмыстың мақсаты сапа көрсеткіштерін арттыруды және технологиялық процестің механикалық операцияларын қысқартуды қамтамасыз ететін бөлшектердің жанасушы беттерін көп жүзді ротациялық – фрикциялық өңдеудің құрамалы әдісін әзірлеу болып табылады.

Зерттеу міндеттері:

- Отандық машина жасау өндірістері жағдайында сыртқы жанасушы цилиндрлік беттері бар бөлшектерге қойылатын талаптарды қамтамасыз ету мәселесін талдау;

- Бөлшектердің сыртқы цилиндрлік жанасушы беттерін өңдеудің қолданыстағы тәсілдері мен әдістерін талдау;

- Сыртқы цилиндрлік беттерді өңдеу үшін өңделетін қабатты қыздыру мүмкіндігіне ие болған құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өңдеу әдісін және құралдың құрылымын әзірлеу;

- Арнайы компьютерлік бағдарламалардың (Apm Winmachine, ANSYS, Solidworks) көмегімен құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық құралдың бөлшектерінің кернеулік-деформацияланған күйін зерттеу және олардың параметрлерін оңтайландыру;

- Сыртқы жанасушы цилиндрлік беттердің өңделетін қабатын қыздыру мүмкіндігіне ие болған құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өңдеу процесін эксперименттік зерттеу;

- Ротациялық табақшалы кескіштің тозуға төзімділігін зерттеу және оны ысқылап қалыптастыру тәсілін қолдану арқылы арттыру;

- Құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өңдеу процесі кезінде қыздырушы табақшалы кескіш пен өңделетін беттің және кесуші табақшалы кескіш пен кесілуші қабаттың түйісу аймақтарында температураның пайда болуын, сондай-ақ, табақшалы кескішті ысқылап қалыптастыру процесін ANSYS және LS Pre-Post бағдарламаларының көмегімен модельдеу;

- Әзірленген технологияның экономикалық тиімділігін есептеу және өндіріске енгізуге ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу объектісі. Бөлшектердің сыртқы цилиндрлік жанасушы беттерін өңдеу технологиясы.

Зерттеу пәні. Өңделетін қабатты қыздыру арқылы құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өңдеудегі кесу процесінің заңдылықтары.

Зерттеу әдістемесі.

- Материалдарды кесу теориясы, металдар технологиясы және материалтану негіздері және машина жасау технологиясы туралы ғылым негіздеріне сүйене отырып теориялық зерттеулер жүргізілді.

- Эксперименттік зерттеулер А. Сағынов атындағы ҚарТУ «ТЖМС» және С. Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ «ТМЖ» кафедраларының ғылыми зертханалық базалары жағдайында жүргізілді.

- Өңделген беттердің сапалық көрсеткіштері электронды құрылғылардың көмегімен өлшенді: TR 100 портативті кедір-бұдырлық өлшегіш және MET У1 шағын өлшемді динамикалық қаттылық өлшегіш. Кесу процесінде және өңдеу процесі тоқтағаннан кейін температура мультиметрмен және пирометрмен өлшенді.

- Арнайы құрал бөлшектерінің кернеулік-деформацияланған күйін зерттеу және олардың параметрлерін оңтайландыру, құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өңдеу процесі кезінде қыздырушы табақшалы кескіш пен өңделетін беттің және кесуші табақшалы кескіш пен кесілуші қабаттың түйісу аймақтарында температураның пайда болуы, сондай-ақ, табақшалы кескішті ысқылап қалыптастыру процесі ANSYS және LS Pre–Post бағдарламаларының көмегімен анықталды.

Ғылыми жаңалығы:

1. Бөлшектердің сыртқы жанасушы цилиндрлік беттерін көпжүзді ротациялық – фрикциялық өңдеудің құрамалы технологиясын кешенді әзірлеуде, оған мыналар кіреді:

- өңделетін қабатты қыздыруға мүмкіндік беретін көпжүзді ротациялық – фрикциялық өңдеудің құрамалы әдісі;

- арнайы құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық құралының (АҚКЖРФҚ) құрылымы;

- арнайы құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық құралының табақшалы кесуші кескішінің кесу жиегінің тозуға төзімділігін арттыру әдісі.

2. Төмендегілер анықталды:

- құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өңдеу кезінде өңделетін қабатты қыздыру температурасы 180°C жетеді, бұл кесу механизмін жүзеге асыруға жағымды әсер етеді;

- ысқылап қалыптастырудың оңтайлы режимдерін қолданған кезде ($n_{\text{шп}} = 40$ айн/мин; $\beta = 100$; $S = 0,81$ мм/айн; $t = 0,5$; $\tau_n = 3$ мин) табақшалы кескіштің төзімділік периоды 25–30 минутқа артады.

3. Тәуелділіктер анықталды:

- өңделген беттің кедір-бұдырлығын бағалау үшін $Ra = 18,137 + 0,0002n^2 - 0,18n - 0,855\beta + 0,014\beta^2 - 16,07t + 6,12t^2 + 0,87t\beta$.

- табақшалы кескіштің тұрақтылық периодын анықтау үшін $T = 119,13 + 0,816\tau_n - 3,42S + 0,83n_{\text{шп}}$.

4. Табақшалы кесуші кескіштердің тозуға төзімділігін арттыру әдісі ретінде алғашқы рет ысқылап қалыптастыру тәсілі ұсынылды, сонымен бірге ANSYS және LS Pre-Post БК қолдана отырып, процесті модельдеу және АҚЖРФҚ құрылымын оңтайландыру жүргізілді.

Қорғауға шығарылатын ережелер жиынтығы:

1. Бөлшектердің жанасушы беттерін көпжүзді ротациялық – фрикциялық өндеудің құрамалы әдісі. Құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық құралдың құрылымы.

2. Бөлшектердің жанасушы беттерін өнделетін қабатты қыздыру мүмкіндігі бар құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өндеу әдісін эксперименттік зерттеу нәтижелері.

3. Құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық құралдың табақшалы кесуші кескішінің тозуға төзімділігін арттыру үшін орындалған эксперименттік зерттеу нәтижелері.

4. Өнделетін қабатты қыздыруға мүмкіндік беретін құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өндеуден кейінгі беттің кедір-бұдырлығының кесу режимдеріне тәуелділік теңдеуі және табақшалы кесуші кескіштің тұрақтылық периодының ысқылап қалыптастырудың режимдеріне тәуелділік теңдеуі.

5. Құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өндеу процесін және табақшалы кескішті ысқылап қалыптастыру процесін ANSYS және LS Pre-Post бағдарламаларының көмегімен модельдеу нәтижелері.

Практикалық құндылығы мен зерттеу нәтижелерін қолдану:

Практикалық құндылығы – құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық құралының арнайы құрылымын жобалау және оның тәжірибелік үлгісін даярлау, жанасушы бөлшектердің өнделетін бетінің қажетті сапасын қамтамасыз ету үшін құрамалы көпжүзді ротациялық – фрикциялық өндеудің кесу режимдерінің оңтайлы мәндерін анықтау. Табақшалы кесуші кескіштің тұрақтылық периодын ұлғайту үшін ысқылап қалыптастыру режимдерінің оңтайлы мәндерін анықтау. Өндеу процесінде жылу құбылыстарын арнайы компьютерлік бағдарламаларда зерттеу әдістемесін әзірлеу, сондай-ақ құралдың құрылымын оңтайландыру.

Ғылыми ережелердің, қорытындылардың және ұсыныстардың сенімділігі расталады:

ғылыми ережелер, тұжырымдар мен нәтижелер тапсырманы дұрыс қоюмен, теориялық және эксперименттік зерттеулердің үйлесімділігімен және жеткіліктілігімен расталады. Ротациялық-фрикциялық өндеу тәсіліне және табақшалы кескіштің конструкциясына Қазақстан Республикасының (ҚР) патенттері алынды. ANSYS WB ортасында көп жүзді ротациялық-фрикциялық құралдың құрылымын есептеу әдістемесіне зияткерлік меншікке авторлық құқық объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы ҚР куәлігі алынды.

Жұмыстың орындалуы.

Диссертация бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстары «Бісқылап қалыптастыру әдісімен металл кескіш құралдардың тозуға төзімділігін арттыру (Тіркеу №AP14972884)» гранттық тақырыбы аясында орындалды. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері «Механикалық зауыт РАПИД» ЖШС өндірісіне (Астана қ., 2023ж.), және С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті механика және металл өңдеу бағдарламасы бойынша бакалаврларды оқыту процесіне енгізілген.

Автордың жеке үлесі міндеттерді қоюдан және зерттеу әдістемесін әзірлеуден; құрамалы көпжүзді ротациялық-фрикциялық құралдың арнайы конструкцияларын әзірлеуден және тәжірибелік үлгілерін дайындаудан, өңдеудің оңтайлы режимдерін анықтаудан, жанасушы беттерді құрамалы көпжүзді ротациялық-фрикциялық өңдеудің эксперименттік зерттеулерін жоспарлап ұйымдастырудан және жүргізуден тұрады.

Жұмысты мақұлдату (апробациялау)

Докторлық диссертацияның негізгі ережелері баяндалды және талқыланды:

- халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы Сағынов оқулары (Қарағанды қ., 2018-2020жж.);

- «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ ТЖМС кафедра отырысында (2023 ж.);

- Ю.А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университетінің «Машина жасау технологиясы» кафедрасының және оның филиалы Энгельс технологиялық институтының «Материалдарды өңдеу жабықтары мен технологиялары» кафедрасының ғылыми семинарларында (Саратов және Энгельс қ., Ресей, 2018ж.);

- «ИНТЕХКОМ» ЖШҰ-ның техникалық кеңесінде (Саратов қ., Ресей, 2018ж.).

Жарияланымдар.

Докторлық диссертацияның нәтижелері бойынша орыс, қазақ және ағылшын тілдерінде 18 жұмыс жарияланды, оның ішінде: Clarivate базасының деректері бойынша немесе Scopus базасына кіретін халықаралық ғылыми басылымда 4 мақала, ҚР Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған басылымдарда 5 мақала. Ұсынылған жұмыстың баяндамалары 5 халықаралық конференцияда қаралды. Пайдалы модельге ҚР 2 патенті, өнертабысқа ҚР 1 патенті және авторлық құқық объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы 1 куәлік алынды.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі.

Докторлық диссертация машинамен басылған мәтіннің 169 бетінде баяндалған болып кіріспеден, 5 тараудан және қорытындыдан тұрады, олар 102

суретпен, 18 кестемен, 108 атаудан тұратын әдебиеттер тізімімен және 8 қосымшамен түсіндіріледі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмысты орындау барысында отандық машинажасау өндірістері жағдайында жүргізілген ғылыми-зерттеу және талдау жұмыстары бөлшектердің жанасушы цилиндрлік беттерін өңдеу өзекті мәселе екендігін көрсетті. Бөлшектердің жанасушы цилиндрлік беттерін өңдеу үшін токарлық дөрекі және таза жону, дөрекі және таза ажарлау, жылтырату және әрлеу сияқты өңдеу операцияларын қолданады. Көп механикалық операцияларды қолдану өңдеу қателіктерін көбейтіп дәлдікті төмендететіндігі, өңдеу уақытын ұзартатындығы және бөлшекті даярлаудың өзіндік құнын арттыратындығы белгілі болды. Жоғарыда аталған мәселелерді шешу үшін орындалған ғылыми-зерттеу жұмыстары бойынша келесілерге қол жеткізілді.

1. Өңделетін бетті қыздыру мүмкіндігі бар құрамалы көпжүзді ротациялық–фрикциялық өңдеу әдісі әзірленді және оны жүзеге асыруға мүмкіндік беретін құрамалы көпжүзді ротациялық–фрикциялық құралдың құрылымы жобаланып тәжірибелік үлгісі даярланды.

2. Құрамалы көпжүзді ротациялық–фрикциялық құралдың кесуші табақшалы кескіштерінің тозуға төзімділігін арттырудың ысқылап қалыптастыру әдісі әзірленді.

3. Құрамалы көпжүзді ротациялық–фрикциялық құралды жобалау кезінде құралдың беріктігін қамтамасыз ететін параметрлері анықталды және оңтайландырылды.

4. Өңделетін бетті қыздыру мүмкіндігі бар құрамалы көпжүзді ротациялық–фрикциялық өңдеу әдісімен жанасушы цилиндрлік сыртқы беттері бар бөлшектерді өңдеу үшін кесу режимдерінің оңтайлы мәндері анықталды:

- болат 45 материалынан жасалынған дайындамаларды өңдеу үшін $n_{\text{айн}}=800$ айн/мин; $s=0,12$ мм/айн; $t=0,3$ мм, $\beta=15^\circ$;

- болат 40Х материалынан жасалынған дайындамаларды өңдеу үшін $n_{\text{айн}}=850$ айн/мин; $s=0,11$ мм/айн; $t=0,3$ мм, $\beta=15^\circ$.

5. Зерттеулер нәтижелерін өңдеу арқылы тәуелділіктер анықталды:

– өңделген беттің кедір-бұдырлығын бағалау үшін $Ra=18,137+0,0002n^2-0,18n-0,855\beta+0,014\beta^2-16,07t+6,12t^2+0,87t\beta$.

– құралдың тұрақтылық периодын анықтау үшін $T=119,13+0,816 \tau_n - 3,42S+0,83 n_{\text{мин}}$.

6. ANSYS WB бағдарламасында орындалған имитациялық зерттеудің нәтижелері бойынша болат 45 материалынан жасалған дайындаманың өңделетін бетін қыздыру кезінде шпиндельдің айналу жиілігінің ұлғаюы қыздыру аймағындағы температураның жоғарылауына тікелей әсер ететіні анықталды.

7. ANSYS/LS-DYNA (LS Pre-Post) бағдарламасын қолдана отырып, металды кесу процесін модельдеу нәтижелері бойынша дайындаманың өңделетін бетін қыздыру, кесуші табақшалы кескішпен өңдеу кезінде кесу аймағындағы температураның жоғарылауына және жалпы күштер мәнінің азаюына жағымды әсер ететіндігі анықталды.

8. Табақшалы кесуші кескіштерді ысқылап қалыптастырудың оңтайлы режимдері анықталды: болат 45 және болат 20Х жасалған дайындамаларды өңдеу кезінде $n_{\text{шп}} = 40$ айн/мин, $\beta = 10^0$, $S=0,81$ мм/айн, $t = 0,5$; $\tau_n = 3$ мин.

9. Ansys WB бағдарламасында орындалған имитациялық зерттеулер нәтижелері бойынша ысқылап қалыптастыру кезінде табақша кескіштің кесу жиегінде қатайтылған қабат пайда болатындығы және оның қалыңдығы болат 45 материалын өңдеуде 0,7 мм, ал болат 20Х материалын өңдеу кезінде 0,3 мм болатындығы анықталды.

10. Жанасушы беттері бар бөлшекті құрамалы көпжүзді ротациялық-фрикциялық өңдеу әдісі мен дәстүрлі өңдеу әдісін салыстырғанда, бөлшекті өңдеу құны 156,6% – ға, ал өңдеу еңбек сыйымдылығы 174,8% – ға азаятындығы анықталды.

11. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері «Механикалық зауыт Рапид» ЖШС өндірісіне енгізілді. Күтілетін экономикалық тиімділік жылына ~1,37 млн. теңгені құрайды.