

Карсакова Нургуль Жолаевнаның

8D071 – «Инженерия және инженерлік іс» бағыты,
8D07101– «Машина жасау» білім бағдарламасы бойынша,
(PhD) философия докторы дәрежесін алуға арналған диссертациясына

АҢДАТПА

ІРІ ГАБАРИТТІ ТЕТІКТЕРДІ ДАЯРЛАУ ДӘЛДІГІН ЖӘНЕ САПАСЫН АРТТЫРУ

Сұрақтың қойылуы және зерттеудің өзектілігі. Машина жасауды, оның ішінде ауыр машина жасауды дамытудың негізгі бағыттары Қазақстан Республикасында машина жасауды дамытудың мемлекеттік бағдарламасында (2010-2014 ж.) және 2010-2014 жылдарға арналған Қазақстанның «Индустрияландыру картасына» енгізілген инвестициялық жобалар шеңберінде, сондай-ақ Қазақстан Республикасын индустриялық-инновациялық дамытудың 2015-2019 және 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасында қарастырылған. Бұдан бөлек, Қазақстан Республикасының машина жасау саласын дамыту жөніндегі 2024–2028 жылдарға арналған кешенді жоспарында отандық машина жасаудың бәсекеге қабілеттілігін одан әрі арттыру мәселесіне ерекше назар аударылған және бұған мемлекет тарапынан да үлкен қолдау көрсетілуде.

Қазақстан Республикасының (ҚР) химия, мұнай, геологиялық барлау, металлургия және басқа да алдыңғы қатарлы өнеркәсіп салаларының дамуы машина тетіктері мен технологиялық жабдықтарды даярлау сапасына тікелей байланысты.

Қазіргі уақытта елімізде технологиялық жабдықтың ірі габаритті тетіктерін жасауды және жөндеуді негізінен ауыр машина жасау зауыттары, атап айтқанда «Петропавл ауыр машина жасау зауыты» АҚ (Петропавл қ.), «Алматы ауыр машина жасау зауыты» АҚ (Алматы қ.) және «Maker» (Мэйкер) – ҚҚМЗ ЖШС (Қарағанды қ.) іске асырады.

Отандық машина жасау зауыттарының жай-күйін талдау технологиялық жабдықтың ірі габаритті тетіктерін жасауда жауапты беттерді механикалық өңдеудің қажетті дәлдігі мен сапасын және бақылауын қамтамасыз етумен байланысты мәселелердің бар екенін көрсетті.

Мұндай тетіктердің бірі – батырылмалы сорғылардың тұғыры (станинасы). НП8 батырылмалы сорғысының тұғыры сорғының түйіндері мен бөлшектері орнатылатын тірек (базалық) бөлігі болып табылады және оған беріктік, қатандық, технологиялық жағынан аса жоғары талаптар қойылады.

Қарағанды өңірінде батырылмалы сорғылардың тұғырын негізгі өндірушілер «Maker» (Мэйкер) – ҚҚМЗ ЖШС және «QazKarbon» ЖШС болып табылады. Машина жасау кәсіпорындарында технологиялық қамтамасыз етілу деңгейінің әртүрлі болуына орай бұл кәсіпорындарда

батырылмалы сорғы тұғырын механикалық өңдеудің технологиялық процесі әзірлемелері де әртүрлі. Тесіктің сатылы беттерін механикалық өңдеудің сапасын және беттердің орналасу дәлдігін қамтамасыз етуге жоғары талаптар қойылады. Беттердің қажетті немесе талап етілетін өңдеу сапасын және осы беттердің орналасу дәлдігін қамтамасыз ету күрделі, ал кейде мүлдем қиын. Бұл қиындықтар тербелістердің пайда болуына, тетікті базалау мен технологиялық және құралдық жабдықтамаларды бекітудегі қателіктерге, кескіш құралдың тозуына, бақылау дәлдігіне және басқа да себептерге байланысты болуы мүмкін.

Мұнымен қоса, ірі габаритті тетіктерді өңдеу сапасы және кесуші құралдың дірілдері арасындағы, тетікті базалау қателігі және технологиялық жабдықтама мен құралдық жабдықтаманы бекіту, кесуші құралдың тозуы, бақылау дәлдігі арасындағы тәуелділіктерді анықтауға бағытталған зерттеулердің жеткіліксіздігі анықталды.

Сондықтан ірі габаритті тетіктердегі тесіктің сатылы беттерін өңдеу сапасын және беттердің орналасу дәлдігін қамтамасыз ету мәселесін шешуге бағытталған зерттеулер **өзекті міндет** болып табылады.

Жұмыстың мақсаты арнайы конструкцияға ие кескіш құрал мен бақылау-өлшеу құралдарын әзірлеу және қолдану арқылы ірі габаритті тетіктерді даярлаудың дәлдігі мен сапасын арттыру болып табылады.

Зерттеу объектісі: Ірі габаритті тетіктердегі тесіктің сатылы беттерін өңдеу технологиялары мен бақылау әдістері.

Зерттеу пәні: Ірі габаритті тетіктердегі сатылы тесікті кеңейте жону процесінің заңдылықтары.

Зерттеу әдістері: Зерттеуді іске асыруда келесі әдістер қолданылды: технологиялық жабдықтың ірі габаритті тетіктерін даярлаудың технологиясын талдау, тәжірибелік зерттеу, нәтижелерді жоспарлау және өңдеу, сатылы тесікті бақылау, арнайы конструкцияға ие борштанга мен құрамалы кеңейте жону құрылын компьютерлік модельдеу.

Зерттеу міндеттері:

1. Отандық машина жасау өндірістері жағдайында ірі габаритті тетіктерді даярлаудың дәлдігі мен сапасын қамтамасыз ету мәселесін талдау.

2. Ірі габаритті тетіктерді даярлауда қолданылатын механикалық өңдеу тәсілдері мен бақылау әдістерін, сондай-ақ кескіш құралдар мен бақылау-өлшеу құралдарының конструкцияларын зерттеу.

3. Ірі габаритті тетіктердегі сатылы тесікті бір уақытта өңдеуге арналған кеңейте жону құралының конструкциясын әзірлеу.

4. Кеңейте жону құралының конструкциясын статикалық қатаңдық пен беріктікке есептеу және оңтайландыру, сондай-ақ ANSYS Workbench

компьютерлік бағдарламасында модельдеу арқылы құралдың амплитудалық-жиілік сипаттамаларының өңдеу дәлдігіне әсерін зерттеу.

5. Арнайы кеңейте жону құралымен сатылы тесікті бір уақытта кеңейте жону процесін тәжірибелік зерттеу.

6. Ірі габаритті тетіктердегі тесікті бақылауға арналған арнайы ішөлшеуіштің тәжірибелік үлгісін сынау.

7. Әзірленген технологияның экономикалық тиімділігін есептеу және өндіріске енгізу бойынша ұсынымдарды әзірлеу.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесілермен тұжырымдалады:

1. Сатылы тесіктерді бір уақытта өңдеу кезінде өңделген беттің сапа көрсеткіштеріне кесу режимдерінің тигізетін әсері біржақты емес екендігі тәжірибе жүзінде анықталды:

- шпиндельдің немесе айналдырықтың айналу жиілігі мен кесу тереңдігін арттыру өңделетін беттің кедір-бұдырлығына оң әсер етеді, бірақ қаттылыққа теріс әсер етеді;

- беріліс шамасын арттыру кедір-бұдырлыққа теріс әсер етеді, ал өңделген беттің қаттылығына оң әсер етеді.

2. Кесу режимінің оңтайлы мәндерін ($S = 0,26$ мм/айн; $n = 1250$ айн/мин; $t = 1,0$ мм) қолданып сатылы тесікті бір уақытта өңдеу кезінде $Ra \leq 1,25$ мкм; $HV190$ кгк/мм² мәндерін қамтамасыз етуге болатындығы айқындалды.

3. Эксперименталды зерттеулер нәтижесінде келесі тәуелділіктер анықталды:

– өңделген беттің кедір-бұдырлығын бағалауға арналған тәуелділік

$$Ra = 2,6 \cdot \lg(X_1) + 1,35 \cdot e^{2,34X_2} + 9,42e^{-1,16 \cdot 10^{-3} \cdot X_3} - 3,868;$$

– өңделген беттің қаттылығын бағалауға арналған тәуелділік

$$HV = 50,344 \cdot X_1^2 - 66,81 \cdot X_1 + (X_2 / (2,2 \cdot 10^{-4} + 4,31 \cdot 10^{-3} \cdot X_2)) - 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot X_3^2 + 3,56 \cdot 10^{-2} \cdot X_3 + 416,58.$$

4. ANSYS Workbench компьютерлік бағдарламасын пайдалана отырып алғаш рет арнайы борштанганың конструкциясын статикалық қатаңдық пен беріктікке есептеу орындалды, сондай-ақ құрамалы кеңейте жону құралының амплитудалық-жиілік сипаттамаларының өңдеу дәлдігіне әсері зерттелді. Нәтижесінде:

- кескіш пластинаның ұшындағы деформация мәні осьтік бағытта 23,8 мкм және радиалды бағытта 36,2 мкм құрайтындығы;

- кеңейте жонатын кескіштердің консольдің шығымының 95 мм және 108 мм мәндерінде кеңейте жону құралының статикалық қатаңдық шарты орындалатындығы;

- кеңейте жону құралының кескішіндегі радиалды орын ауыстыру оңтайлы жиілікте ($v = 20,83$ Гц) 9,9 мкм құрайтындығы, ал резонансты жиілікте ($v_p = 1167,1$ Гц) алдыңғысынан 7 еседей жоғары, яғни 67,2 мкм құрайтындығы анықталды.

Қорғауға шығарылған қағидаттар:

1. Сатылы тесікті бір уақытта немесе қатар өңдеу әдісі және арнайы құрамалы кеңейте жону құралының конструкциясы.
2. Үлкен диаметрлі тесікті бақылау әдісі және арнайы ішөлшеуіштің конструкциясы.
3. Арнайы құрамалы кеңейте жону құралымен сатылы тесікті бір уақытта кеңейте жону процесін тәжірибелік зерттеу нәтижелері.
4. Арнайы құрамалы кеңейте жону құралымен өңдеуден кейінгі беттің кедір-бұдырлығы мен қаттылығының кесу режимдеріне тәуелділік теңдеулері.
5. ANSYS Workbench бағдарламасының көмегімен кеңейте жону құралының конструкциясын есептеу және құралдың амплитудалық-жиілік сипаттамаларының өңдеу дәлдігіне әсерін зерттеу нәтижелері.

Ғылыми қағидаттардың, тұжырымдар мен нәтижелердің **негізділігі мен дәйектілігі** міндеттің дұрыс қойылуымен, теориялық және тәжірибелік зерттеулердің барабарлығымен расталады. Арнайы борштанга конструкциясына Қазақстан Республикасының (ҚР) патенті алынды. Құрамалы кеңейте жону құралының амплитудалық-жиілік сипаттамаларының сатылы тесікті өңдеу дәлдігіне әсерін зерттеу, борштанганың конструкциясын статикалық қатаңдық пен беріктікке есептеу, сондай-ақ арнайы борштанганы сатылы тесікті өңдеу үшін оңтайландыру әдістемесіне авторлық құқықпен қорғалатын объектіге құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізуді растайтын ҚР куәлігі алынды.

Практикалық маңыздылық сатылы тесікті бір уақытта өңдеу әдісінің, арнайы борштанга мен құрамалы кеңейте жону құралы конструкцияларының, сондай-ақ құрамалы кеңейте жону құралының амплитудалық-жиілік сипаттамаларының сатылы тесікті өңдеу дәлдігіне әсерін зерттеу, борштанганың конструкциясын статикалық қатаңдық пен беріктікке есептеу, арнайы борштанганы сатылы тесікті өңдеу үшін оңтайландыру әдістемесінің әзірлемелерімен және өндіріске енгізуге арналған ұсынымдармен сипатталады.

Автордың жеке үлесі міндеттерді қоюмен және зерттеу әдістерін әзірлеумен, арнайы борштанганың конструкциясын әзірлеумен, арнайы құрамалы кеңейте жону құралы мен тесікті бақылауға арналған ішөлшеуіштің конструкциясын әзірлеумен және оларды даярлаумен, сатылы тесікті бір уақытта немесе қатар өңдеуді тәжірибелік зерттеуде оңтайлы өңдеу режимдерін, ұйымдастыру және жүргізу тәртібін анықтаумен сипатталады.

Диссертациялық жұмыстың бағыты Қазақстан Республикасын индустриялық-инновациялық дамытудың 2015-2019 және 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасында көрсетілген басты

міндеттердің орындалуына сәйкес келеді және «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» (ТЖМжәнеС) кафедрасының «Ірі габаритті тетіктерді өңдеудің ресурс үнемдейтін технологияларын әзірлеу» тақырыбындағы ынталы жобасы шеңберінде орындалды. Мұнымен қоса, диссертацияның негізгі нәтижелері «Maker» (Мэйкер) – ҚҚМЗ ЖШС өндірісіне және «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ (Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ) «Машина жасау» мамандығы бойынша бакалаврлар мен магистранттарды даярлауда қолдану үшін оқу процесіне енгізілді.

Жұмыстың апробациясы. Докторлық диссертацияның негізгі қағидаттары бойынша «Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ» КеАҚ ТЖМжәнеС кафедрасының отырыстарында (2019-2022 жж.), Саратов мемлекеттік техникалық университеті «Машина жасау технологиясы» кафедрасының отырысында (2021 ж.), Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ ДҚ жанындағы ғылыми семинар отырысында, сондай-ақ төменде көрсетілген халықаралық деңгейдегі конференциялар мен машина жасау кәсіпорындарының жұмыс бабындағы кеңестерінде баяндамалар жасалынды және талқыланды:

- «Зарафшан аймағының кешенді инновациялық дамуы: жетістіктері, проблемалары және келешегі» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция (Науаи қ., 2024 ж.);

- «Соңғы ғылыми зерттеулер» атты халықаралық көпсалалы ғылыми конференция (АҚШ, 2024 ж.);

- халықаралық қатысуымен «Механиктер ХХІ ғасырға» атты бүкілресейлік ғылыми-техникалық конференция (Братск қ., 2024 ж.);

- «Maker» (Мэйкер) – ҚҚМЗ ЖШС техникалық кеңесі, Қарағанды, 2020 ж.

Жарияланымдар

Докторлық диссертацияның нәтижелері бойынша орыс, қазақ және ағылшын тілдерінде 15 жұмыс, оның ішінде Clarivate немесе Scopus деректер базаларына кіретін халықаралық ғылыми басылымда 4 мақала, ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 3 мақала, басқа басылымда 1 мақала жарияланды. Ұсынылған жұмыстың баяндамалары 3 халықаралық конференцияда қаралды. Пайдалы модельге ҚР 1 патенті және авторлық құқық объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы 3 куәлік алынды.

Жұмыстың көлемі және құрылымы. Докторлық диссертация 69 суретпен, 16 кестемен, 113 атаудағы әдебиеттер тізімімен, 9 қосымшамен түсіндірілетін 154 бетті машинамен басылған мәтінде баяндалған кіріспеден, 5 бөлімнен және қорытындыдан тұрады.

Қорытынды

Отандық машина жасау өндірістерінің жағдайларында жүргізілген ғылыми зерттеулер ірі габаритті тетіктерді даярлауда мәселе бар екенін көрсетті. Үлкен диаметрлі сатылы тесіктерді өндеудің дәлдігі мен сапасын қамтамасыз ету еңбексыйымдылығының ең жоғары болатындығы анықталды. Осы мәселені шешуге бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау кезінде келесі нәтижелер алынды.

1. Сатылы тесіктерді бір уақытта өндеу әдісі әзірленді, арнайы борштанга мен құрамалы кеңейте жону құралының конструкциялары әзірленді, сондай-ақ құрамалы кеңейте жону құралының тәжірибелік үлгісі даярланды.

2. Үлкен диаметрлі тесіктерді бақылау әдісі және арнайы ішөлшеуіштің конструкциясы әзірленді, сондай-ақ тәжірибелік үлгі даярланды.

3. Кеңейте жонатын құралдардың конструкцияларын жобалау барысында ANSYS Workbench компьютерлік бағдарламасын пайдалана отырып арнайы борштанганың конструкциясын статикалық қатаңдық пен беріктікке есептеу орындалды, сондай-ақ құрамалы кеңейте жону құралының амплитудалық-жиіліктік сипаттамаларының өндеу дәлдігіне әсері зерттелді.

4. Сатылы тесіктерді бір уақытта өндеудегі кесу режимдерінің оңтайлы мәндері анықталды - $S=0,26$ мм/об; $n= 1250$ об/мин; $t=1,0$ мм.

5. Зерттеу нәтижелерін өндеу арқылы келесі тәуелділіктер анықталды:

– өңделген беттің кедір-бұдырлығын бағалауға арналған тәуелділік

$$Ra = 2,6 \cdot \lg(X1) + 1,35 \cdot e^{2,34X2} + 9,42e^{-1,16 \cdot 10^{-3} \cdot X3} - 3,868;$$

– өңделген беттің қаттылығын бағалауға арналған тәуелділік

$$HB = 50,344 \cdot X1^2 - 66,81 \cdot X1 + (X2 / (2,2 \cdot 10^{-4} + 4,31 \cdot 10^{-3} \cdot X2)) - 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot X3^2 + 3,56 \cdot 10^{-2} \cdot X3 + 416,58.$$

6. Батырымалы сорғының «тұғыры» тетігінің бір данасын даярлаудың ұсынылған технологиялық процесін қолданудың жылдық экономикалық тиімділігі 26375,325 теңгені құрайды. Мұнда «тұғыр» тетігінің жылдық өндіріс бағдарламасына экономикалық тиімділік 1055013 теңгені құрайды.

7. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері «Maker» (Мэйкер) – ҚҚМЗ ЖШС өндірісіне енгізілді. Күтілетін экономикалық тиімділік жылына ~ 1,2 млн. теңгені құрайды.