

DOI 10.54596/2958-0048-2023-1-94-99

ӘОЖ 621.9.06

ҒТАМА 55.29.33

КӨП МАҚСАТТЫ СТАНОКТАРДА ӨНДЕУ ДӘЛДІГІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

Калдыбеков Г.К.^{1*}, Хаймулдинова А.К.², Абильмажинова А.С.³

**КЕАҚ «М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті», Петропавл,
Қазақстан Республикасы*

**E-mail: gaziz.kaldybekov@mail.ru*

Аңдатпа

Мақалада бөлшектерді өндеудің дәлдігін қамтамасыз ететін негізгі фактор ретінде көп мақсатты машинаның қаттылығын эксперименттік зерттеу әдістері мен нәтижелері қарастырылады. Зерттеу нәтижелерін талдау серпімді қозғалыс механизмін анықтады, бұл машина жабдықтарын жобалау кезінде маңызды.

Түйін сөздер: Көп мақсатты станоктар, шпиндель басы, бөлшектерді өндеу, өндеу дәлдігі, қаттылық.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ

Калдыбеков Г.К.^{1*}, Хаймулдинова А.К.², Абильмажинова А.С.³

**НАО «Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева», Петропавловск,
Республика Казахстан*

**E-mail: gaziz.kaldybekov@mail.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются методы и результаты экспериментального исследования твердости многоцелевой машины как основного фактора, обеспечивающего точность обработки деталей. Анализ результатов исследования выявил механизм упругого движения, что важно при проектировании машинного оборудования.

Ключевые слова: Многоцелевые станки, шпиндельная головка, обработка деталей, точность обработки, жесткость.

EXPERIMENTAL STUDIES OF MACHINING ACCURACY ON MULTI-PURPOSE MACHINES

Kaldybekov G.K.^{1*}, Haimuldinova A.K.², Abilmazhinova A.S.³

**Non-profit limited company “M. Kozybayev North Kazakhstan University”, Petropavlovsk,
Republic of Kazakhstan*

**E-mail: gaziz.kaldybekov@mail.ru*

Abstract

The article discusses the methodology and results of experimental studies of the rigidity of a multi-purpose machine as the main factor ensuring the accuracy of machining parts. Analysis of the research results revealed the mechanism of elastic displacements, which is important when designing machine tools.

Keywords: Multi-purpose machines, spindle head, machining parts, precision machining, rigidity.

Кіріспе

Көп мақсатты сандық бағдарламалық қамтамасыз ету (СБҚЕ) станоктары шағын және жеке өндіріс жағдайларына арналған ең өнімді жабдықтардың бірі болып табылады. Бұрғылау-фрезерлеу-ысыру тобының көп мақсатты станоктарының ерекшелігі-станоктың неғұрлым күрделі механикалық бөлігімен қамтамасыз етілген өңдеудің мүмкін түрлері мен әдістерінің кең ауқымы. Алайда, жабдықтың осы түрін пайдалану кезінде геометриялық, кинематикалық және динамикалық параметрлердің өңдеу процесіне бірлескен әсері нәтижесінде қажетті өңдеу дәлдігін қамтамасыз ету проблемалары туындайды.

Өндіріс жағдайында пайдалану бұл машиналар параметрлерге сәйкес бұрғылау кезінде тесіктерді өңдеудің қажетті дәлдігін қамтамасыз етпейтінін көрсетті: диаметрдің дәлдігі және пішіннің дәлдігі. Өңдеу қателігінің негізгі себептері машинаның жеке бөліктері мен түйіндерінің жылжымалы қосылыстарындағы серпімді қозғалыстар болып табылады және бұл қозғалыстардың 70%-дан астамы құрал тармағында болады. Сондай-ақ, құрал тармағындағы ең әлсіз буын станоктың төсек және шпиндель басының жылжымалы буыны болып табылады, бұл қосылысты зерттеу осы мақалаға арналған.

Зерттеу әдістері

Станок блоктарының негізгі негіздеріне негізделген координаталық жүйелердің салыстырмалы бұрылыстары мен қозғалыстары олардың тірек нүктелерінің қозғалу функциялары болып табылады. Координаталық жүйелердің серпімді қозғалысын анықтау үшін тірек нүктелеріне әсер ететін күштерді және соңғысының қаттылығын білу қажет. Бөлшекті нақты координаталық жүйенің күштер мен моменттердің әсерінен басқа жүйеге қатысты қозғалысының нақты машинасында өндегенде, осы координаталық жүйелер арасында қоршалған барлық өлшем тізбегі буындарының серпімді қозғалыстарының нәтижесі болады. Сондықтан тірек нүктелерінің қаттылық коэффициенттерінің шамалары қарастырылып отырған координаталық жүйелерді байланыстыратын келтірілген буынмен біріктірілген буындардың жалпы немесе келтірілген қаттылығын көрсетуі керек. Сол сияқты, тірек нүктелерінің қаттылық коэффициенттерінің және эквивалентті схеманың басқа координаталық жүйелерінің шамалары анықталуы керек.

Осылайша, X арқылы тірек нүктелерінің серпімді қозғалыстарын белгілей отырып, мынаны жазуға болады

$X_y = f(P_i, C_{pi})$ мұндағы: P_i - i -ші тірекке әсер ететін күш; C_{pi} - i -ші тіректің келтірілген қаттылығы.

Жоғарыда айтылғандай, шпиндель басының түйініндегі серпімді қозғалыстар өңдеу дәлдігіне басым әсер етеді. Сондықтан, MC12-250M1 станогының түйіндерінің қаттылығын анықтау кезінде кинематикалық тізбектің осы бөлігіне ерекше назар аударылды, зерттелетін сипаттамалар әртүрлі параметрлерде станоктың төсегіне қатысты шпиндель басының серпімді қозғалыстары болды. Зерттелетін сипаттамалар шпиндель басының әр түрлі параметрлердегі станок төсегіне қатысты серпімді қозғалыстары болды. Металл кесетін станоктардың дәлдігін зерттеу кезінде жүктеме, әдетте, негізгі тораптардың ($X; Y; Z$) қозғалу бағыттары бойынша жүзеге асырылатындығына сүйене отырып, шпиндель басының тіректерінің қаттылығын анықтау кезінде жүктеме X және Y бағыттары бойынша жүргізілді. Әр түрлі параметрлер: шпиндель басының шығуы және жүктеме бағыты.

Жүктеме құрылғысы ретінде сериялық шығарылатын ДОСМ-0,2 динамометрі де, жұмыста көрсетілген әдістеме бойынша есептелген түпнұсқа жүктеме құрылғысы да пайдаланылды.

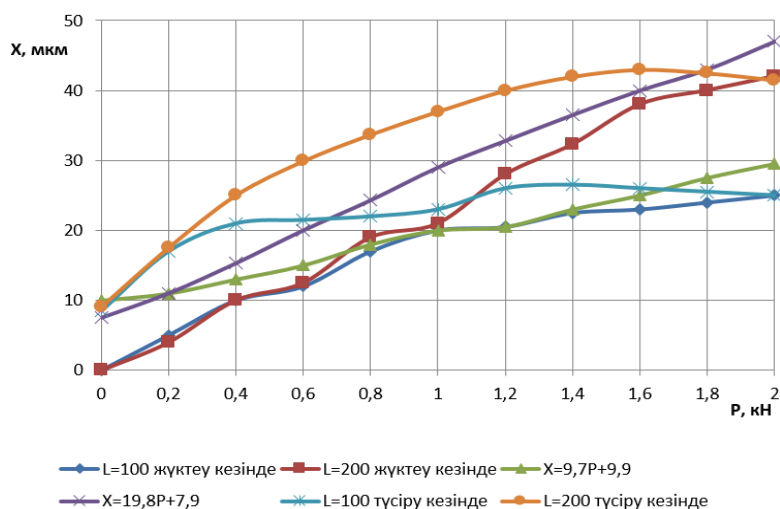
Бұрандалы ұяны жақтауға әртүрлі позицияларда орнату төрт бағытта жүктеме жасауға мүмкіндік береді. Жүктеме күшін өлшеу ДОСМ-02 динамометрімен жүргізілді. Шпиндель басының серпімді қозғалыстарының мөлшері 1 мкм бөлу бағасымен 1МИГП сағаттық типтегі әмбебап индикатор көмегімен анықталды. Барлық өлшеу құралдары алдын ала тексеруден өткен және жарамдылық рұқсаты бар. Сынақтар жұмыс істемейтін станокта жүргізілді.

Индикатор төсекке ШМ-II типті магниттік негізі бар штативтің көмегімен бекітілді, ал өлшеу ұшы шпиндель басының корпусына индикатор штангасының осі бұрандалы домкрат осімен бір түзу сызықта болатындай етіп бекітілді.

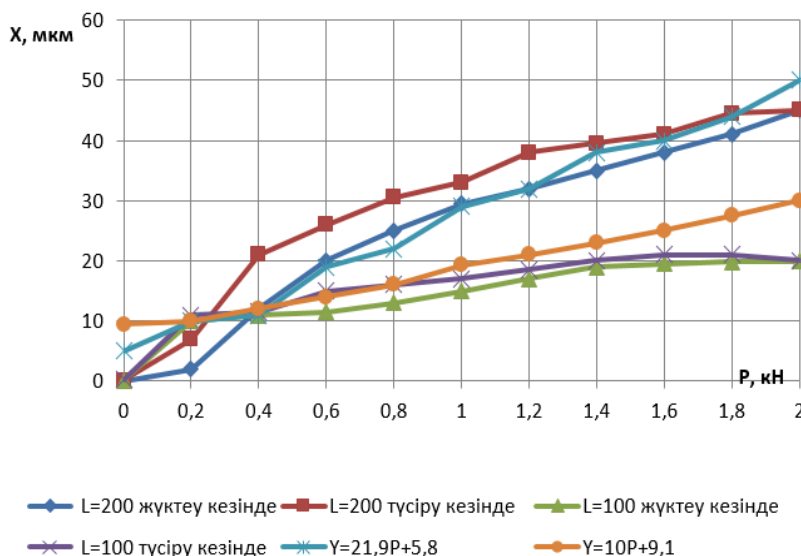
Жүктеме шпиндель басының алдыңғы ұшының жазықтығында жатқан және шпиндель осін кесіп өтетін түзу бойымен жүргізілді. Жүктеменің ұлғаюы 0-ден 2 кН-ге дейінгі аралықта, 0,2 кН қадаммен жүрді, содан кейін сатылы түсіру шпиндель басының әртүрлі ұшулары кезінде жүктеме-түсіру циклі әр бағытта үш рет жүзеге асырылды.



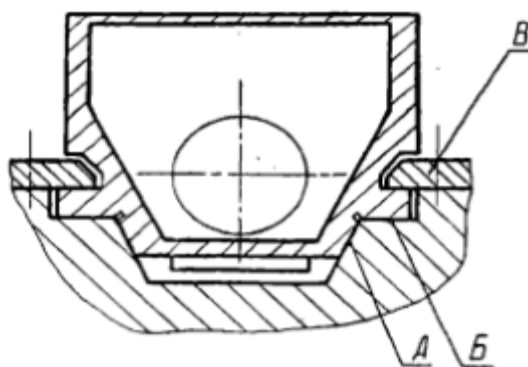
Сурет 1. MC12-250M1-2M көп мақсатты станок



Сурет 2. ОХ осі бойымен «оңға» қарай жүктелген кезде деформация



Сурет 3. ОУ осі бойымен «жоғары» қарай жүктелген кезде деформация



Сурет 4. Шпиндель басының бағыттаушылары

Шпиндель басының шығуы да 25 мм қадаммен 100-ден 200 мм-ге дейін өзгерді. жүктеме циклдары арасында шпиндель басының төсек бағыттаушыларына қатысты орнын тұрақтандыру үшін жеделдетілген қозғалыста қозғалуы жүзеге асырылды. Серпімді қозғалыстарды өлшеу 1 мкм дәлдікпен жүргізілді. Күш мәндері сынақтар кезінде алынған тиісті орын ауыстырулар суретте графикалық түрде берілген (сурет 2 және 3).

Шпиндель басының бағыттаушылары YOZ жазықтығына қатысты симметриялы, сондықтан көлденең жазықтықта екі бағытта жүктелген кезде деформация графиктері бірдей конфигурацияға ие. Шпиндель басы мен кереуеттің түйіскен жеріндегі салыстырмалы түрде аз үйкеліс күші шпиндель басының салмағымен анықталады, шамалы жүктеме күшімен (0,1-0,2 кН) бас көлденең бағытта саңылауды таңдап, күштің әсер ету бағытына ауысады. Күш 0,5-0,7 кН-ге дейін ұлғайған кезде (шпиндель басының ұшуына байланысты) түйіспеде икемділіктің төмендеуі байқалады, бұл бастың көлденең бағытта шекті сысуымен түсіндірілуі мүмкін, онда А бүйір көлбеу беттері жанасады (сурет 4).

Кесте 1

Жүктеме бағыты	Ұшу кезіндегі түзу қаттылық теңдеуі 1, мм				
	100	125	150	175	200
“оңға”	$X=9,7 \cdot P+9,9$	$X=12,1 \cdot P+9,5$	$X=14,4 \cdot P+9,6$	$X=17,6 \cdot P+10,3$	$X=19,8 \cdot P+7,9$
“солға”	$X=8,1 \cdot P+5,1$	$X=10,4 \cdot P+6,7$	$X=13,7 \cdot P+5,6$	$X=15,6 \cdot P+6,8$	$X=18,1 \cdot P+6,7$
“жоғары”	$Y=10 \cdot P+9,1$	$Y=12,8 \cdot P+8,8$	$Y=15 \cdot P+7,9$	$Y=18,8 \cdot P+7,4$	$Y=12,9 \cdot P+5,6$
“төмен”	$Y=3,9 \cdot P+1$	$Y=3,4 \cdot P+1,5$	$Y=6,6 \cdot P+0,6$	$Y=7 \cdot P+0,1$	$Y=9,1 \cdot P+0,7$

Жүктеме күшінің одан әрі артуы бағыттағыштардың көлбеу беттерінде сырғып кетеді, бұл хоу жазықтығында шпиндель басының айналуы туралы хабарлайды, бұл процесс жүктеме 1,2-1,4 кН дейін артқан кезде жалғасады. Осы күш-жігермен тік бағыттағы саңылауларды таңдау аяқталады. Жүктеме 2 кН-ға дейін одан әрі ұлғайған кезде буында серпімді деформациялар байқалады. Бұл учаскелерде қаттылық графиктері іс жүзінде сызықтық сипатқа ие.

Шпиндель басының созылуының жоғарылауы жүйенің икемділігінің жоғарылауына, графиктің сызықтық бөлігінің көлбеу бұрышының өзгеруіне әкеледі. Бұл сыртқы күш қолдану иығының ұлғаюына, демек, иілу моментіне және бағыттаушылардағы байланыс ұзындығының азаюына байланысты. Графиктердің түсіру тармақтарын талдау кезінде 2,0-ден 1,8 кН-ге дейін (көлденең учаске) жүктеме күші азайған кезде түйіспеде орын ауыстырулардың болмауы байқалады, бұл үйкеліс күштерінің әсерінен болады. Жүктемені одан әрі азайту шпиндель басының күштің әсеріне қарама-қарсы бағытта қозғалуына әкеледі, график тік құлау сипатына ие болады. Жүктемені толық алып тастаған кезде түйіспеде 3-тен 10 мкм-ге дейін (ұшуға байланысты) қалдықмещысулар байқалады, бұл көлденең бағыттағы алшақтықтың шамасын сипаттайды.

Қисықтың ілмектілігі (сипаттама айтарлықтай сызықтық емес) түйісудегі үйкеліс күштерінің әсерімен түсіндіріледі. Деформацияның өсуімен цикл енінің ұлғаюы үйкеліс күштерінің деформация шамасына пропорционалдығын сипаттайды (серіппелі үйкеліс).

Тік бағытта буынның қаттылығын қарастырған кезде шпиндель басының салмағының сыртқы күштің әсерінен оның қозғалысына айтарлықтай әсері байқалады. Шпиндель басының тікмещысуы тегіс көлденең бағыттағыштармен шектеледі Б (сурет.4) төменнен төсек және жоғарыдан алынбалы жолақтар. Бос күйде бас кереуеттің бағыттаушыларында жатыр, жолақтардың астында 5 мкм бос орын пайда болады (станоктың паспорты бойынша).

Жүктеменің бастапқы кезеңінде төменнен жоғары қарай 0,2 кН дейінгі күшпен буындағы күштердің қайта бөлінуі жүреді, бұл шпиндель басының алдыңғы бөлігінің 1-2 мкм-ге көтерілуіне әкеледі. Сыртқы күштің одан әрі 0,2-0,6 Кн дейін ұлғаюымен шпиндель басының алдыңғы бөлігі 10-20 мкм ұшуға байланысты біркелкі көтеріледі. Әрі қарай, бастың бағыттаушыларының жоғарғы беттері мен кереуеттің шектеу жолақтары жанасады және жүктеменің одан әрі артуы түйісудегі контактілі деформацияларға әкеледі. Бұл учаскелердегі графиктер іс жүзінде сызықтық болып табылады. Көлбеу бұрышы бастың көтерілуімен жоғарылайды, бұл икемділіктің жоғарылауын сипаттайды.

Графиктердің түсіру тармақтары, сондай - ақ XOZ жазықтығындағы жүктеме сияқты, 2-1, 8 хН аралықта көлденең бөлікке ие және қалдық орын ауыстырудың шамалы мөлшері 23 мкм құрайды. Жоғарыдан төменге жүктелген кезде қаттылық тәуелділіктері мүлдем басқа көрініске ие болады. Бұл бағытта түйіспеде бос орын жоқ болғандықтан, шпиндель басының алдыңғы жағында еркін қозғалыстар болмайды.

Жүктеме күші 0,8-1,2 кН дейін ұлғайған кезде буынның алдыңғы бөлігінде серпімді деформацияларға және шпиндель басының артқы жағындағы Саңылау мөлшеріне көтерілуге әкелетін күштердің қайта бөлінуі орын алады. 1,2 кН-ден астам сыртқы күшпен барлық ұшулар үшін графиктер сызықтық сипатқа ие болады, тек контактілі деформациялар байқалады. Сызықтық учаскелердің көлбеу бұрышы ұшудың жоғарылауымен артады, бұл буынның қаттылығының төмендеуін сипаттайды. Түсіру тармағында 2-1,8 кН аралықта көлденең учаске және шамалы қалдық орын ауыстыру бар.

Зерттеу нәтижелері компьютерде өңделді, ең кіші квадраттар әдісі бойынша сызықтық регрессия жүргізілді және түзу теңдеулер алынды (кесте 1) әртүрлі ұшулар мен жүктеме бағыттары үшін шпиндельдің айналу осі мен бастың алдыңғы ұшының қиылысу нүктесінде шпиндель басының түйінінің икемділігін сипаттайды.

Қорытынды

Шпиндель басы мен кереуеттің жылжымалы буынының қаттылығы бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келесі қорытындылар жасады:

- бұл түйін XOZ жазықтығында ең үлкен икемділікке ие;
- ең кішісі - YOZ жазықтығында, жоғарыдан төменге жүктелген кезде;
- ұшудың ұлғаюымен шпиндель басының түйінінің қаттылығы күштің иығының ұлғаюына және бағыттағыштардағы жанасу аймағының азаюына байланысты азаяды;
- серпімді қозғалыстардың сипатына жылжымалы буындағы саңылаулар айтарлықтай әсер етеді.

Әдебиет:

1. Белый В.Д., Гаврилов В.А. Дехнич А.А. Нагрузочное устройство для моделирования процесса растачивания на многооперационных станках. - ОмГТУ. - Омск, 1998, с. Деп. в ВИНТИ 30.10.98, № 3112-B98.

References:

1. Bely V.D., Gavrilov V.A. Dekhnich A.A. Loading device for modeling the boring process on multi-operation machines. - OmSTU. - Omsk, 1998, p. Dep. in VINITI 30.10.98, No. 3112-B98.