

І. Луців, докт.техн.наук; В. Шарик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДАЧ І ЗУСИЛЬ ПРИ ТОНКОМУ ТОЧІННІ БАГАТОРІЦЕВИМИ ГОЛОВКАМИ

Резюме. Запропоновано конструкції багаторіцевих головок адаптивного типу з пружними напрямними для тонкого точіння, в яких керування положення різця в процесі обробки відбувається через електромагнітний двонаправлений привод різцетримачів з мікроконтролерним інтелектуальним керуванням та гідроциліндрами. Доведено ефективність вирівнювання зусиль різання з допомогою розроблених головок на основі алгоритмів керування, що передбачають стабілізацію як рівнодійної осьових складових сил, так і сумарних переміщень різальних елементів.

Ключові слова: багатолезова обробка, мехатронні інструментальні головки, мікропроцесорна система керування, прецизійна механіка.

I. Lutsiv, V. Sharyk

FEED AND POWER CHARACTERISTICS IN THE PROCESS OF FINE TURNING USING MULTIEDGE CUTTING HEADS

Summary. The paper deals with the feed and power characteristics in the process of fine turning using multiage heads. The modern problems of fine turning as well as the problems of machining accuracy and continuous chip breakage are analyzed and search directions of manufacturing and constructive design solutions are defined.

In addition to machining technology and tools improvement the conceptually new mechatronic heads are developed on the base of precession mechanics, electronics, electro engineering techniques integration with particularly regard to the multi edge machining of adaptive type. Constructive design combination of operational and driving units of cutting machines linear and rotational motion mechanisms that realize the direct-action drive conception allows improving the accuracy, response speed and reducing capacity losses. The presence of automatic control system and manufacturing process control sensing elements incorporated in the given design makes the head intellectual and autonomous that allows creating advanced designs of metal cutting machine units.

The designs of fine turning multi edge heads of adaptive type with elastic guides are considered. The turning tool position control in the process of machining is performed by the bidirectional electromagnetic drive of tool holders with intellectual control system based on microcontrollers.

As a result the proposed control system gives the possibility to response quickly to the material extraneous impurities while machining as well as redistribute cutting forces in the process of cutting edges wear in the multi edge tools. The information data recording to the independent memory is also available with the following computer analyzing.

Two control algorithms for operation of proposed multi edge fine turning cutting heads with elastic guides are proposed. In this way the multi edge turning process control is performed by electronic devices in a form of the programmed CNC system. The input signals of the tool position are submitted to the above system in which they are operated using the necessary algorithm. The signals to control the cutting edges drives are gone out of the CNC system. The dynamical position of the cutting tools is fixed by the feedback sensors communication system. The output signals are sent to the regulatory inconsistencies system to correct the input signals.

To prove the mentioned above algorithms operation the determination of feed and forces characteristics are developed. These characteristics deals with two conditions of the work piece multi edge turning: in a case of eccentricity work piece machining and in case of machining of the work piece with a radial run out. Three edge cutting heads designs with elastic guides and electromagnetic and hydro drives are developed to equalize the axial as well as radial components of cutting forces. The effectiveness of equalizing of cutting forces using the developed multi edge heads on the base of control algorithms is proved. These algorithms provide stabilization of summarized axial components of cutting forces as well as summarized cutting elements displacements.

Key words: multi edge machining, mechatronic tool heads, microprocessor-based control system, precession mechanics.

Постановка проблеми. Сучасний стан машинобудування в Україні потребує уважного ставлення до випуску технологічного оснащення металообробного обладнання. В даний час у зв'язку з забезпеченням конкурентоспроможності вітчизняної продукції як на внутрішньому, так і світовому ринку, до її якості ставляться високі вимоги.

Підвищення якості машинобудівної продукції пов'язане з удосконаленням технології її виготовлення й упровадженням у виробництво прогресивних методів обробки [1]. Особливу увагу при цьому приділяють забезпеченню точності обробки і наданню поверхневому шару деталей машин необхідних фізико-механічних властивостей. При цьому тонке точіння є однією з фінішних і найважливіших операцій обробки у сучасному машинобудуванні. Точність обробленого вала та якість його поверхні є важливою передумовою надійності роботи як окремих механізмів, так і машин у цілому. Цей метод точіння широко застосовують в авіаційній, тракторній і автомобільній промисловості при обробці циліндричних і конічних поверхонь (зовнішніх та внутрішніх), а також торцевих поверхонь, виступів та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При обробці поверхонь обертання для підвищення її ефективності й забезпечення вимог до точності виготовлення деталей доцільно застосовувати автоматизоване верстатне оснащення й оснащення адаптивного типу [2]. Суть самоналагоджувального різання при цьому полягає в тому, що однакоvim різальним лезам, які розміщені симетрично відносно оброблюваної поверхні, забезпечено по одному ступеню вільності в напрямку, який співпадає з напрямком подачі, а зазначені леза пов'язані між собою в цьому напрямку з допомогою механізмів чи засобів, які здійснюють кінематичний міжінструментальний зв'язок адаптивного типу [3]. В загальній структурі технологічної системи різання таке верстатне оснащення носить визначальний характер [4].

При розробленні і проектуванні багаторізцевого оснащення виникає велика кількість можливих варіантів функціональних схем і конструкцій. Мета проектування полягає у пошуку й виконанні оптимальної конструкції багаторізцевого оснащення на основі вибору структурної схеми, що буде відповідати підвищенню продуктивності на точності верстатів і оснащення [5].

Синтез механізмів кінематичних міжінструментальних зв'язків (КМІЗ) повинен передбачати відсутність надлишкових кінематичних в'язей і забезпечувати кількість ступенів рухомості, що дорівнює числу різальних елементів, зменшеному на одиницю. При цьому загальна кількість ступенів рухомості системи багатолезового оснащення в цілому дорівнюватиме числу різальних елементів. Звільнення технологічної багатолезової структури від надлишкових в'язей перетворює її в самоприспосувальну систему [4].

Мета роботи – аналіз наявних і пошук нових конструкцій та схем різання, для автоматизації процесу обробки поверхонь обертання, а саме точінням, що дозволить скоротити основний та допоміжний час і збільшити загальну продуктивність процесу при забезпеченні необхідної якості оброблюваної поверхні.

Постановка задачі. З допомогою зміни подачі як параметра керування можна організувати надзвичайно тонкий і чутливий механізм керування пружними переміщеннями. Зміна подачі, пов'язана зі зміщенням уздовж осі X (уздовж верстата), не впливає негативно на якість оброблюваної поверхні деталі. Так як вектор сили різання практично не змінює свого напрямку в просторі при коливаннях, то, керуючи осьовою складовою P_x сили різання шляхом зміни подачі за рахунок переміщення в осьовому напрямку, можна керувати силою різання в цілому, в тому числі її радіальною складовою P_r . Тому компенсувати пружні переміщення деталі в процесі токарної обробки можна, надавши кожному із різців по одному ступеню вільності в осьовому напрямку, і зв'язати їх між собою в цьому напрямку з допомогою вирівнювальних

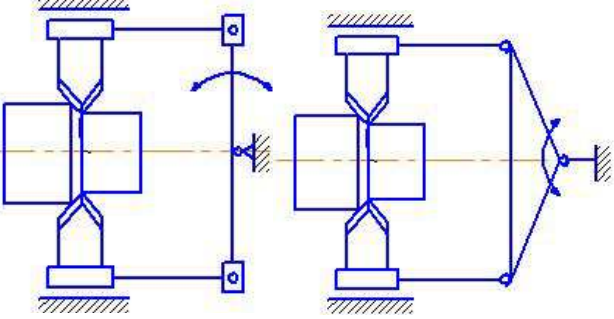
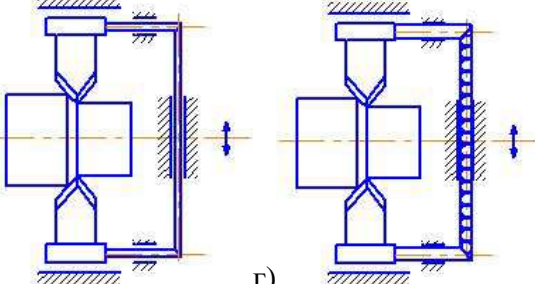
механізмів [5]. Вирівнюючі механізми виконані таким чином, щоб сили на вході й виході були рівні між собою [3].

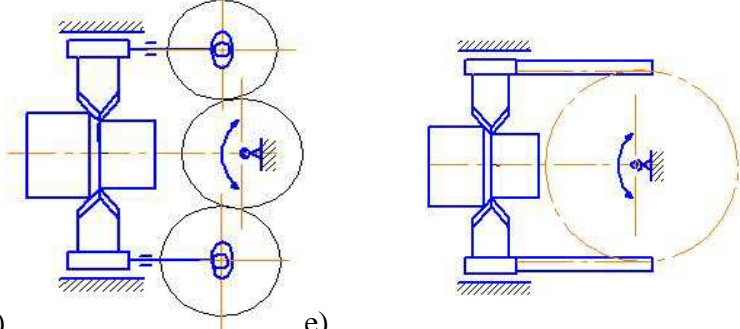
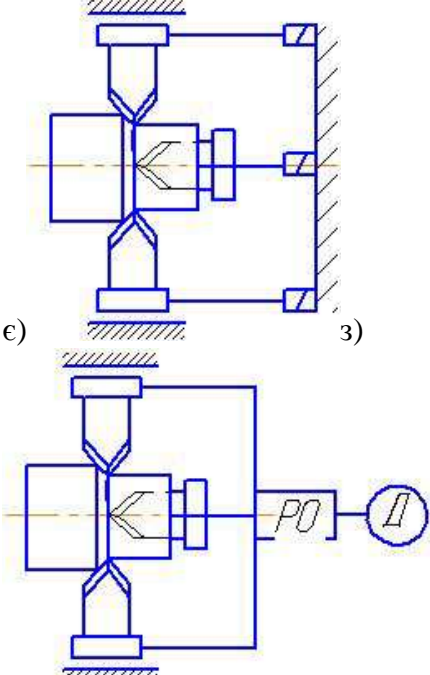
Для забезпечення ефективності тонкого точіння багаторізцевими головками адаптивного типу з відповідним керуванням положення різців у процесі обробки слід визначити характеристики подач і зусиль при такому регулюванні. Ці дані є основою алгоритмів поточного керування процесами різання при використанні цих головок.

Результати досліджень. Кінематичний міжінструментальний зв'язок (КМІЗ) може бути організований засобами різних механізмів: важільних, клиново-пальцевих, шарнірних, кульково-конусних; зубчастих і фрикційних передач; парою рейка–зубчастий сектор та інших (табл.1).

Таблиця 1

Способи організації КМІЗ за допомогою механізмів: а) важільних, б) шарнірних, в) клиново-пальцевих, г) кульково-конусних; д) зубчастих і фрикційних передач; е) парою рейка–зубчастий сектор, є) електромагнітні, з) електромеханічні

№ з/п	Принцип вирівнювання	Схеми вирівнювання
1	Важільні	 <p>a) б)</p>
2	Клинові	 <p>в) г)</p>

3	Зубчасті і зубчато-рейкові	
4	Немеханічні	

Перевагами електромагнітних систем вирівнювання є висока швидкодія, невеликі розміри, можливість регулювання сили та швидкості вирівнювання, виключення сил тертя в механізмі, простота конструкції, висока перевантажувальна здатність, надійність. Окрім того, використання немеханічних КМІЗ дає можливість забезпечувати високу чутливість до миттєвих змін складових сил різання на різцях, стабілізацію сил різання, а також можливість керування зміною подач на кожному з різців й отримання вібраційного високоточного різання. Висока динамічна якість характеристик електромагнітних елементів дозволяє підвищити продуктивність обробки. Застосування електромагнітних елементів вирівнювання зусиль різання впливає на те, що жорсткість технологічної обробної системи значно підвищується, тому що головка служить додатковою опорою та запобігає прогину деталі та зменшенню похибок при обробці довгомірних деталей.

Конструктивні системи багатолезового оснащення характеризуються розмаїттям напрямних, які забезпечують необхідне взаємне розміщення і можливість відносних переміщень елементів, що несуть різальний інструмент. Система поверхонь напрямних повинна допускати лише одну ступінь рухомості елемента. Виключення всіх інших ступенів рухомості досягається відповідним розміщенням поверхонь ковзання-кочення або шляхом силового замикання. З метою регулювання зазорів передбачають регулюючі елементи (клини, планки, гвинти та інші) [3].

Аналіз різних типів напрямних у системі регулювання рухів багатолезового оснащення показує, що недоліком напрямних ковзання є висока сила тертя, яка

зменшує швидкість переміщення, викликає швидке зношення напрямних, а також скачкоподібність на початку руху і на малій швидкості не дозволяє здійснювати точне позиціонування вузлів. Напрямні кочення мають менший коефіцієнт тертя, плавність переміщення, високу швидкість. Проте ці напрямні мають і певні недоліки: низьке демпфування, швидкість руху тіл кочення у 2 рази менша, ніж швидкість руху робочого органу, підвищена чутливість до бруду, непостійна жорсткість напрямних та висока вартість. У пружинних напрямних майже відсутня сила тертя, вони стійкі до забруднень, мають низьку вартість виготовлення та високу швидкість переміщення і плавність руху. Тому для тонкого точіння в багаторізцевому оснащенні пропонується використання пружинних напрямних.

На основі структурно-схемного синтезу розроблено ряд трирізцевих самоналагоджувальних головок з адаптивним КМІЗ. Авторами запропоновано ряд конструкцій багаторізцевих головок адаптивного типу з пружними напрямними для тонкого точіння [6,7,8].

Зокрема на рис. 1 представлено конструкцію багаторізцевої головки з пружними напрямними адаптивного типу [7], з електромагнітним мікроконтролерним керуванням. Головка працює наступним чином. Спочатку її встановлюють у крайньому правому положенні, щоб вершини різців 4 знаходилися біля заднього центра пінолі. Потім головку налагоджують, використавши програмне забезпечення, за допомогою якого на електромагніти 5 подають струм і якори переміщують у напрямі подачі (справа наліво) і при цьому деформують пружні пластинчасті напрямні 10, що призводить до переміщення вершин різців у радіальному напрямі від центра до периферії. При досягненні контакту різців, в яких головний задній кут строго однаковий (забезпечується одночасним загостренням різців при їх базуванні у спеціальному пристрої), починається процес різання. У випадку, коли на одному з різців, наприклад, через збільшення локального припуску (a , отже, і глибини різання), чи локального збільшення твердості, виникає осьова складова сили різання P_{x1} , яка більша від осьових складових на двох інших різцях, то при цьому порушується стан рівноваги, тобто відбувається переміщення різця зліва направо. Це призводить до деформації пружної пластини і разом з нею й тензометричного давача сигнал, з якого у вигляді збільшення сили електричного струму подається на тензопідсилювач 5, а після цього підсилений сигнал подається на мікропроцесорну систему керування, яка, в свою чергу, через систему погодження й підсилення 6 подає сигнал більшої сили струму на два інші електромагніти, примушуючи цим самим переміщувати їх якори справа наліво та збільшуючи подачу на різцях. Це дозволяє вирівнювати їхні осьові складові сил різання, а значить і радіальні складові P_{y1} , P_{y2} , P_{y3} , що діють на заготовку, забезпечуючи при цьому рівнодійну P_y , яка дорівнює нулю. Таким чином, використання запропонованої головки дає можливість не допустити радіальної деформації вала під час обробки й забезпечити високу точність та низьку жорсткість обробленої поверхні.

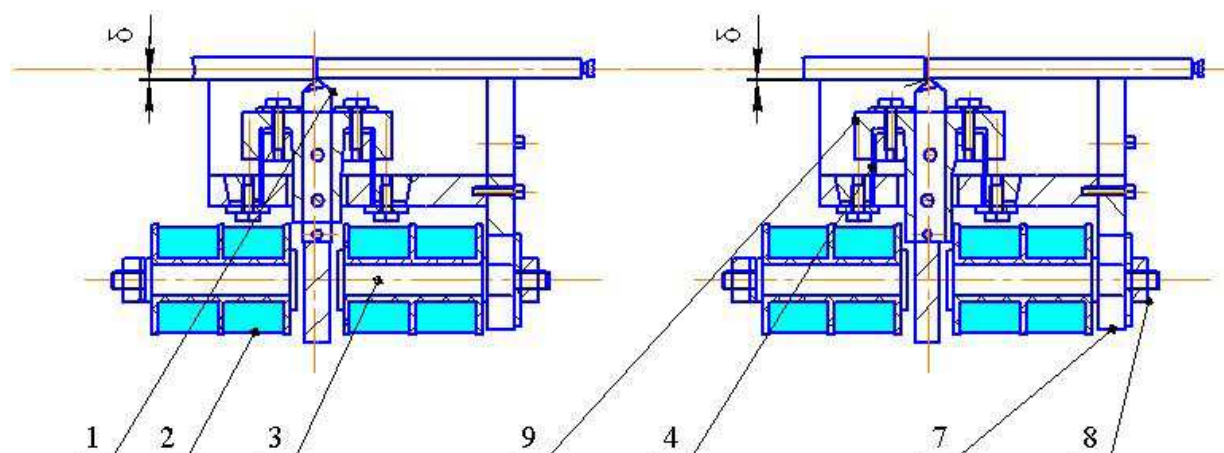


Рисунок 1. Конструкція багаторізевої головки для тонкого точіння з пружними напрямними та електромагнітним приводом

Figure 1. Design of multi edge head for fine turning with the elastic guides and electromagnetic drive

Схожим до попереднього є принцип роботи головки, показаної на рис. 2 [6].

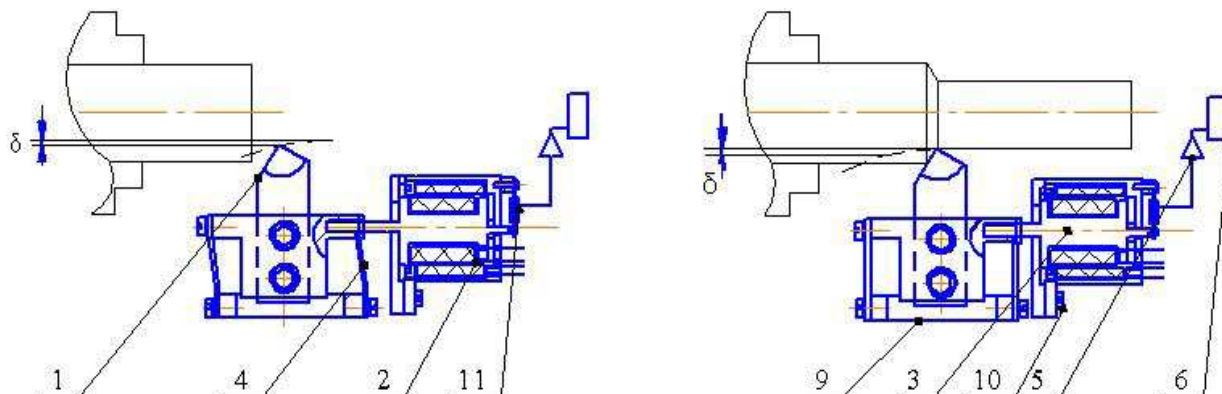


Рисунок 2. Конструкція багаторізевої головки для тонкого точіння з пружними напрямними та електромагнітним приводом

Figure 2. Design of multi edge head for fine turning with the elastic guides and electromagnetic drive

Відмінністю головки (рис.2) [7] є конструктивні особливості кріплення електромагніта. В першому випадку (рис.1) різцетримачі 9 жорстко з'єднані з якорями 3 електромагнітів 2 з допомогою гвинтів, і ці електромагніти нерухомо прикріплені до корпусу за допомогою фланця 7 та гвинтів 8. На якорях встановлені пружні елементи у вигляді пластин зі штангами, що кріпляться до корпусу. В іншій конструкції (рис.2) різцетримачі 9 жорстко з'єднані з якорями 3 двонаправлених електромагнітів 2, які нерухомо прикріплені до корпусу головки з допомогою чотирьох гвинтів 10. На протилежному від різцетримачів 9 боці електромагнітів 2, на якорях 3 встановлені пружні елементи у вигляді пластин 11, що закріплені іншим кінцем до корпусів електромагнітів.

Багаторізева головка для точіння з гідроприводом (рис.3) [8] працює таким чином. При взаємодії різців 1 із заготовкою 2 виникають осьові зусилля, в результаті яких різцетримачі 3 переміщуються в осьовому напрямку на пружних напрямних 4. Зусилля від різцетримачів 3 передається штокам гідроциліндрів 5. У результаті дії зусилля з боку різцетримачів гідрокамера переміщується відносно корпусу головки в осьовому напрямку, протилежно подачі, до контакту кришки з упорами 6. Так як кожен з різцетримачів жорстко контактує з гідроциліндрами 7 через рідину 8, вони пов'язані між собою, і система є замкненою та завжди прагне знаходитися в рівновазі. Такий стан можливий тільки у випадку рівності осьових зусиль, що діють на різці. Якщо, наприклад, опір одного різця в осьовому напрямку зростає, то різцетримач переміщує шток гідроциліндра 7 вправо, і зусилля передається на інші штоки, в результаті чого вони переміщуються вліво, штовхаючи різцетримачі, в яких закріплені різці. Це призводить до збільшення подачі різців і, як наслідок, до автоматичного вирівнювання між собою складових осьових зусиль. Після завершення проходку, в момент відведення головки вправо, пружини 9 розтискаються, гідрокамера переміщується вліво відносно корпусу головки. При цьому штоки 5 відводять вліво різцетримачі, закріплені на пружних напрямних 4, і різці автоматично відводяться в радіальному напрямі від деталі. Цим забезпечується відсутність рисок на заготовці при відведення головки. Далі головку відводять із зони обробки у вихідне положення і процес повторюється.

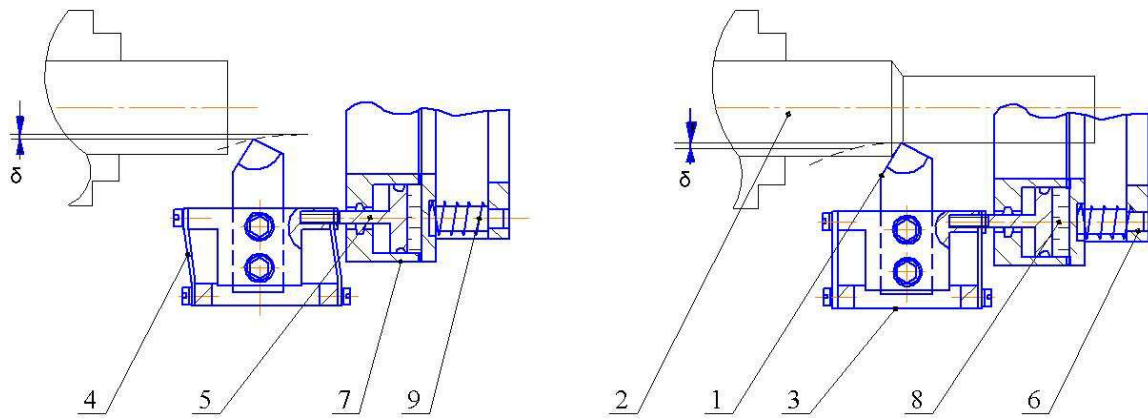


Рисунок 3. Принцип роботи багаторізевої головки з гідроприводом

Figure 3. The principle of operation of the multi edge head with hydrodrive

Для вищенаведених багаторізових головок тонкого точіння з пружними напрямними пропонується два алгоритми керування.

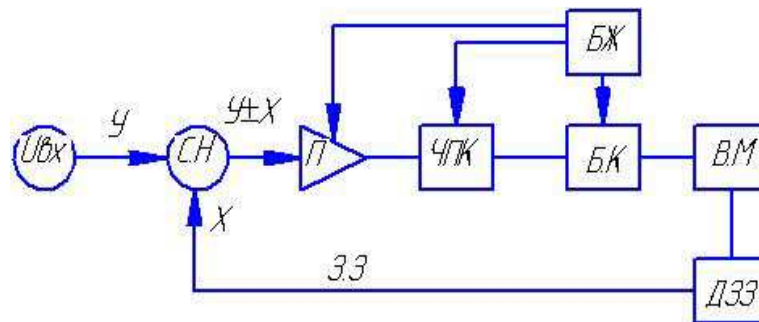


Рисунок 4. Блок-схема системи керування (БК – блок керування, БЖ – блок живлення, П – підсилювач)

Figure 4. Block diagram of control system (БК – control block, БЖ – power block, П – amplifier)

При цьому керування процесом багаторізового точіння здійснюється електронними пристроями у вигляді запрограмованої системи ЧПК (рис.4), до якої подаються вхідні сигнали $U_{вх}$ положення інструменту, де вони обробляються за необхідним алгоритмом. Із системи ЧПК виходять керуючі сигнали до приводів різців, положення яких в динаміці фіксуються датчиками зворотного зв'язку ДЗЗ, вихідні сигнали X котрих надходять на систему регулювання неузгодженостей СН для корекції вхідних сигналів.

Через блок керування сигнал подається до виконавчих механізмів (ВМ), положення яких через ДЗЗ задають корекцію $Y \pm X$ вхідного сигналу таким чином, щоб у будь-який момент часу різальні леза головки в процесі обробки займали середнє положення. При цьому ($\sum P_x = 0$; і $\sum x = 0$ ($\Delta x_2 = \Delta x_3 = -\Delta x_1 / 2$)), або знаходиться в одній площині різання ($\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x_3$) і таким чином сприймали однакові зусилля різання.

Для підтвердження ефективності спрацювання зазначених алгоритмів розглянемо визначення характеристик подач і зусиль для двох випадків багаторізового точіння заготовки: із похибкою ексцентриситету та за умови наявності радіального биття. Візьмемо глибину точіння $t_0 = 0,1$ мм, подачу $S_0 = 0,3$ мм/об, частоту обертання шпинделя $n_0 = 1000$ об/хв. Тоді значення статичного зусилля різання дорівнюватиме

$$P_x = \alpha K t_0 S_0^y, \quad (1)$$

де α – питомий коефіцієнт осьового зусилля у сумарній силі різання,
 K – коефіцієнт різання, або при підстановці табличних значень для випадку обробки латуні отримаємо $P_x=0,2 \cdot 250 t_0 (S_0)^{0,75}=2,027$ Н.

При цьому глибини різання за умови наявності ексцентриситету заготовки

$$t_1(t)=t_0+t_z \cos(\omega t); \quad (2)$$

$$t_2(t)=t_0+t_z \cos(\omega t+0,66\pi); \quad (3)$$

$$t_3(t)=t_0+t_z \cos(\omega t+1,33\pi), \quad (4)$$

де $t_z=0,2t_0$, $\omega=2\pi n_0/60$ – кутова швидкість обертання заготовки.

Глибини ж різання за умови наявності радіального биття заготовки

$$t_1(t)=t_0+t_z \cos(2\omega t); \quad (5)$$

$$t_2(t)=t_0+t_z \cos[2(\omega t+0,66\pi)]; \quad (6)$$

$$t_3(t)=t_0+t_z \cos[2(\omega t+1,33\pi)]. \quad (7)$$

Значення подач при рівності осьових зусиль визначають за формулою

$$S_i(t)=[P_x/50t_i(x)]^{1,33}, \quad \text{де } i=1,2,3. \quad (8)$$

При цьому усереднена подача різання $S_d(t)=(s_1(t)+s_2(t)+s_3(t))/3$.

Швидкості осьових переміщень при вирівнюванні осьових зусиль можна визначити як $x_i(t)=(s_i(t)-s_0)n_0/60$, а швидкості осьових переміщень при вирівнюванні переміщень $x_{ni}(t)=x_i(t)-x_{\alpha}(t)/3$, де змінені значення подач при цьому дорівнюватимуть $S_{ni}=S_0+60x_{ni}(t)/n_0$.

Враховуючи, що миттєві значення осьових зусиль при обробці з похибками при їх вирівнюванні $P_{xi}(t)=0,2 \cdot 250 t_i(t)(S_i(t))^{0,75}$ можемо порівняти зі значеннями зусиль при вирівнюванні переміщень: $P_{nxi}(t)=0,2 \cdot 250 t_i(t)(S_{ni}(t))^{0,75}$.

При цьому усереднене значення зусиль різання $P_{dx}(t)=(P_{xn1}(t)+P_{xn2}(t)+P_{xn3}(t))/3$.

$P_{x0i}(t)=0,2 \cdot 250 t_i(t)(S_0)^{0,75}$.

Будуємо графіки порівняння осьових зусиль для розглянутих умов вирівнювання.

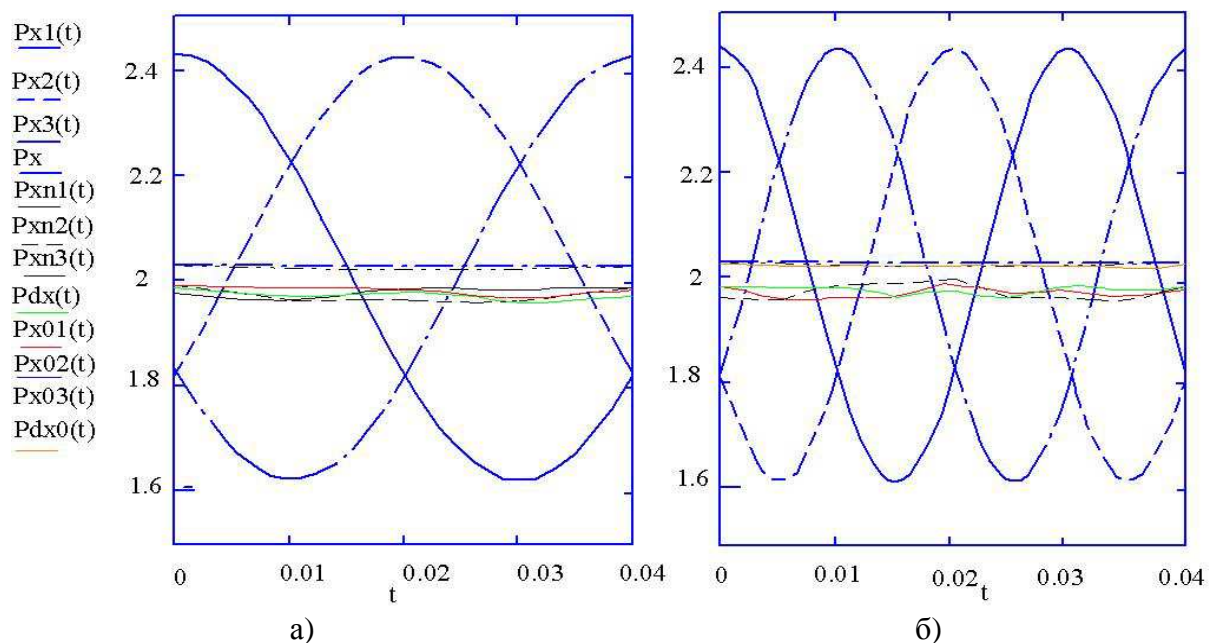


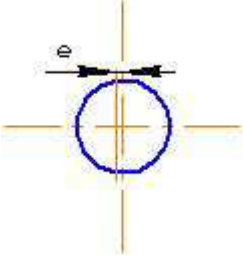
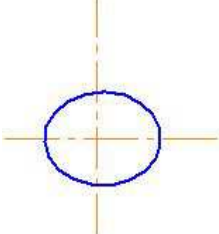
Рисунок 5. Графіки порівняння осьових сил: а) за умови обробки заготовки із ексцентриситетом; б) за умови обробки заготовки із радіальним биттям

Figure 5. Graphs comparing axial forces: a) in a case of machining of work piece with eccentricity; b) in a case of machining of the workpiece with a radial runout

Результати наведених міркувань запишемо у табл.2.

Таблиця 2

Характеристики подач та зусиль при тонкому точінні багаторізцевими головками

Схема збурення	Алгоритм керування	Характеристики подач	Характеристики зусиль
 $t_1(t)=t_0+t_z\cos(\omega t)$ $t_2(t)=t_0+t_z\cos(\omega t+0,66\pi)$ $t_2(t)=t_0+t_z\cos(\omega t+1,33\pi)$	$\sum P_{xi}=0$	$S_i(t)=[P_x/50t_i(x)]^{1,33}$	$P_x=0,2\cdot 250t_0(S_0)^{0,75}$
	$\sum x_i=0$	$S_{ni}=S_0+60x_{ni}(t)/n_0$	$P_{nxi}(t)=0,2\cdot 250t_i(t)(S_{ni}(t))^{0,75}$
 $t_1(t)=t_0+t_z\cos(2\omega t)$ $t_2(t)=t_0+t_z\cos[2(\omega t+0,66\pi)]$ $t_2(t)=t_0+t_z\cos[2(\omega t+1,33\pi)]$	$\sum P_{xi}=0$	$S_i(t)=[P_x/50t_i(x)]^{1,33}$	$P_x=0,2\cdot 250t_0(S_0)^{0,75}$
	$\sum x_i=0$	$S_{ni}=S_0+60x_{ni}(t)/n_0$	$P_{nxi}(t)=0,2\cdot 250t_i(t)(S_{ni}(t))^{0,75}$

На основі аналізу аналітичного розв'язку та чисельних підрахунків встановлено, що вирівнювання зусиль різання як на основі алгоритму $\sum P_{xi}=0$, так і $\sum x_i=0$. При цьому значення осьових складових зусиль найбільш наближені до заданих розрахункових початкових зусиль різання.

Такий підхід дає можливість забезпечувати високу чутливість до миттєвих змін складових сил різання на різцях, стабілізацію сил різання, а також можливість керування зміною подач на кожному з різців.

Висновки. Для вирівнювання осьових, а, отже, й радіальних складових сил різання при тонкому точінні запропоновані конструкції трирізцевих головок з пружними напрямними з електромагнітами та гідроприводом, сумісними з інтелектуальним мікроконтролерним керуванням регулювання подач. Доведено ефективність вирівнювання зусиль різання з допомогою розроблених головок на основі алгоритмів керування, що передбачають стабілізацію як рівнодійної осьових складових сил, так і сумарних переміщень різальних елементів.

Conclusions. The three edge cutting heads designs with elastic guides with electromagnetic and hydro drives are developed to equalize the axial as well as radial components of cutting forces. These designs are intellectual with microcontroller feed regulating controls. The effectiveness of equalizing of cutting forces using the developed

multi edge heads on the base of control algorithms is proofed. These algorithms provide stabilization of summarize axial components of cutting forces as well as summarize cutting elements displacements.

Список використаної літератури

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения [Текст] /А.А Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
2. Петраков, Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням [Текст] / Ю.В. Петраков. К.: 2004. – УкрНДІАТ. – 383с.
3. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія [Текст] / Ю.М.Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин. – Т.: Тернограф, 2011. – 692с.
4. Луців, І.В. Структурний синтез багатолезового оснащення з кінематичними інструментальними зв'язками [Текст] / І.В. Луців // Вісник ТДТУ. – 1997. – №1. – С.78–84.
5. Нагорняк,С.Г. Предохранительные механизмы металлообрабатывающего оборудования: справочник [Текст] / С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив. – К.:Техника, 1992. – 72с.
6. Пат. 82786 Україна, МПК В23В29/00. Пристрій для точіння [Текст] / Луців І.В., Кривий П.Д., Підгайний Ю.Б., Шарик В.М.; заявник Тернопільський державний технічний університет. – заявл. 25.01.2013; опубл.12.08.2013; Бюл.№15.
7. Пат. 85022 Україна, МПК В23В25/00. Пристрій для точіння [Текст] / Луців І.В., Кривий П.Д., Шарик В.М.; заявник Тернопільський державний технічний університет. – заявл. 19.04.2013; опубл.11.11.2013; Бюл.№21.
8. Пат. 85871Україна, МПК В23В29/24. Багаторізцева головка для точіння [Текст] / Луців І.В., Кривий П.Д., Шарик В.М.; заявник Тернопільський державний технічний університет. – заявл. 29.03.2013; опубл.10.12.2013; Бюл.№23.

Отримано 14.04.2014