

УДК 621.9

Луців І. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНКОГО ТОЧІННЯ ТРИРІЗЦЕВОЮ ГОЛОВКОЮ

У сучасному машинобудуванні. Тонке точіння є однією з фінішних і найважливіших операцій обробки. Точність обробленого вала та якість його поверхні є важливою передумовою надійності роботи як окремих механізмів, так і машин в цілому. Під час токарної обробки одним різцем виникають пружні деформації, які негативно впливають на шорсткість поверхні деталі, точність форми, розмірну точність, хвилястість, стійкість інструменту та довговічність верстату. Також існує проблема дроблення стружки. Ряд різноманітних факторів в процесі різання призводять до погіршення точності та якості поверхні, а також зменшення продуктивності металооброблюваного обладнання. На даний час завдання підвищення техніко-економічної ефективності процесів різання вирішується одним з таких методів: призначенням змінних режимів різання з використанням емпіричних методик і методик, що враховують тільки один змінний параметр; шляхом використання вузькоспеціалізованих верстатів або пристосувань; використанням систем адаптивного керування процесом різання. Динамічна зміна режимних умов обробки в системах адаптивного керування відбувається на основі постійного моніторингу процесу різання, що дозволяє враховувати навіть ті фактори, які є невідомими на етапі технічної підготовки виробництва [1]. Питанням розроблення методів обробки нежорстких валів багаторізованими головками, їх конструкції присвячено роботи авторів [2, 3, 4]. Проте цілий ряд питань потребують додаткового дослідження і на сьогоднішній день не отримали свого вирішення.

Метою даного дослідження є визначення ефективності використання багаторізованої обробки адаптивного типу при тонкому точінні нежорстких циліндричних деталей.

Підвищення ефективності обробки зовнішніх поверхонь обертання можна здійснити шляхом встановлення закономірностей впливу міжінструментальних зв'язків на процес багатолезової обробки та їх використання для створення багатолезового оснащення адаптивного типу з пружними напрямними. З цією метою бажано створити трирізову головку з широкими технологічними можливостями, в якій шляхом використання електромагнітного механізму керування осьовими складовими сил різання забезпечувалась би висока чутливість до миттєвих змін складових сил різання на різцях, стабілізація сил різання, а також можливість керування зміною подач на кожному із різців і отримання різання з регулярними і нерегулярними осциляціями.

Поряд із вдосконаленням технології обробки, інструментів, доцільно розробити принципово нові мехатронні головки, на базі інтеграції засобів прецизійної механіки, електроніки, електротехніки, зокрема для багаторізованої обробки адаптивного типу. Конструктивне поєднання виконавчого і привідного елементів механізмів лінійних і обертових переміщень верстатів, що реалізує концепцію приводу прямої дії дозволяє підвищити точність, швидкодію, знизити втрати потужностей. Наявність у конструкціях вмонтованих систем автоматичного керування і давачів контролю технологічного процесу робить мехатронні головки інтелектуальними автономними засобами, з яких можна створити конструкції перспективних металообробних вузлів. Принципово новим підходом є забезпечення складного взаємозв'язаного руху робочих органів не за рахунок складної механіки, а з допомогою електроніки, програмного керування і точної вимірювальної техніки. В науковому плані задача створення мехатронних інструментальних головок для металообробних верстатів полягає не тільки у поєднанні механіки та електроніки, а в створенні методів аналізу їх роботи. Розробка мехатронних головок забезпечує принципово новий концептуальний підхід до конструювання машин з якісно новими характеристиками. Весь комплекс задач проектування і технології механічної обробки на металорізальному верстаті впливає на конструкцію і систему керування головкою. Тому можна говорити про конкретний клас мехатронних головок, а саме для токарної обробки.

В Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя на кафедрі конструювання верстатів, інструментів та машин запропоновано конструкцію трирізцевої головки адаптивного типу з пружними напрямними для тонкого точіння та електромагнітним приводом [5].

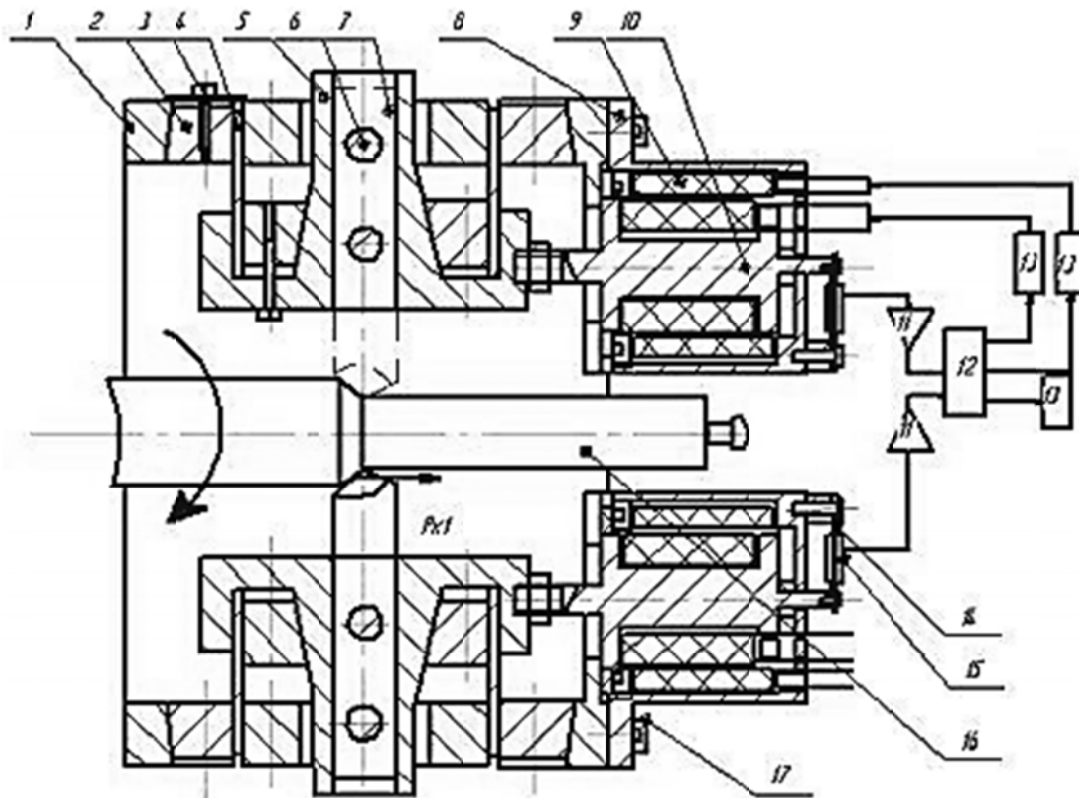


Рис. 1. Конструкція багаторізцевої головки для тонкого точіння з пружними напрямними та електромагнітним приводом

На рис. 1 представлено конструктивну схему трирізцевої головки з пружними напрямними адаптивного типу. Головка складається з корпусу 1, у якому через 120° виконано три прямокутні наскрізні вікна, в яких розміщені три різцетримачі 5, які за допомогою пружних напрямних 4, клинів 2 та гвинтів 3 з'єднані із корпусом. У різцетримачах 5 встановлені різці 7. Різцетримачі 5 жорстко з'єднані з якорями 10 двонаправлених електромагнітів 8, які нерухомо прикріплені до корпусу головки. На якорях встановлені пружні елементи 14, які закріплені другим кінцем до корпусу електромагніта, на яких приклеєні тензометричні давачі 15. Тензометричні давачі з'єднані з тензопідсилювачем 11, мікропроцесорною системою керування 12, та системою погодження та підсилення 13.

Для оцінки ефективності запропонованої головки проведемо порівняльні дослідження точності обробки нежорстких циліндричних деталей при одноінструментальній обробці консольно закріпленої заготовки та з використанням розробленої трирізцевої головки. Значний вплив на точність виготовлення деталей обертання має жорсткість системи верстат – інструмент – деталь, яка в значній мірі залежить від деформації заготовки, що виникає під впливом складових сил різання.

Розглянемо перший варіант обробки, при якому різання здійснюється одним різцем. Деталь закріплена в патроні токарного верстату з ексцентриситетом δ_n . Зі сторони різця, встановленого з похибкою δ_p відносно осі заготовки, на неї діють складові сили різання: P_x – осьова, P_y – радіальна, P_z – тангенціальна.

Під час обробки під дією складових сил різання заготовка деформується.

Величину прогину δ_{\max} згідно [6], [7] визначаємо за формулою:

$$\delta_{\max} = \mu P_{зг} \frac{L^3}{3EI} + P_{зг} \left(\frac{1}{j_{\text{суп}}} + \frac{1}{j_{\text{п}}} \right) + \delta_{\text{п}} + \delta_{\text{р}}, \quad (1)$$

де $P_{зг}$ – згинне зусилля від сил різання, яке визначається їх радіальною складовою;

$I = \frac{\pi D^4}{64}$ – момент інерції; D – діаметр оброблюваної деталі; E – модуль пружності; $j_{\text{суп}} = 50\,000$ Н/мм – жорсткість супорта; $j_{\text{п}} = 100\,000$ Н/мм – жорсткість патрона; L – довжина деталі; $\mu = 1,5$ – коефіцієнт динамічності.

Для порівняння розглянемо обробку деталі трирізцевою головкою адаптивного типу для тонкого точіння (рис. 2).

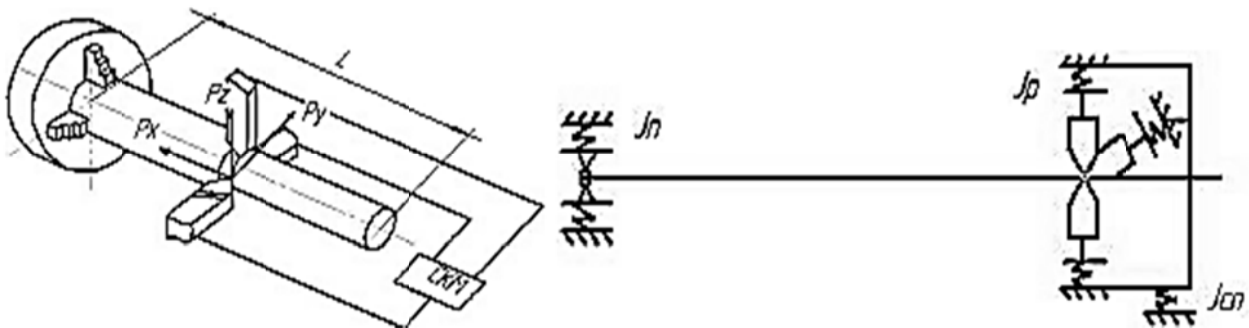


Рис. 2. Схема обробки циліндричної деталі трирізцевою головкою

Як видно із схеми, при обробці деталі трьома різними різцями заготовка фактично затискається між ними. В цьому випадку змінюється схема закріплення заготовки – з одного боку вона консольно закріплена в патроні верстату, а з іншого – шарнірно в трирізцевій головці. Між різними встановлений механізм вирівнювання зусиль різання. В цьому випадку $P_{x1} = P_{x2} = P_{x3}$, $P_{y1} = P_{y2} = P_{y3}$. Таким чином, зі сторони осевих зусиль не виникає згинного моменту, що діє на заготовку. Згинний момент виникає тільки в результаті похибки закріплення заготовки в патроні токарного верстату з ексцентриситетом та похибки встановлення різців відносно осі заготовки.

Величину прогину в цьому випадку визначаємо за формулою:

$$\delta_{\max} = P_{зг}^* \left[\frac{L^3 \mu}{3EI} + \frac{1}{j_{\text{суп}}^*} + \frac{1}{j} + \frac{1}{3j_{\text{р}}} \right] + \delta_{\text{п}} + \delta_{\text{р}}^* \max, \quad (2)$$

де $j_{\text{р}} = 25\,000$ Н/мм – жорсткість різця, $P_{зг}^* = \Delta P_{\text{Y}} = -\beta_{\max} P_{зг}$ – згинне зусилля при трирізцевій обробці, яке визначається неузгодженням радіальних складових сил різання; згідно експерименту $\beta_{\max} = 0,01 \div 0,02$ [1].

За результатами розрахунків будуємо графіки рис. 3, де $\delta_{\max 1}$ – максимальний прогин при обробці консольно закріпленої деталі одним загостреним різцем, $\delta_{\max 2}$ – максимальний прогин при обробці консольно закріпленої деталі одним затупленим різцем, $\delta_{\max 3}$ – максимальний прогин при обробці деталі трирізцевою головкою з механізмом вирівнювання зусиль різання.

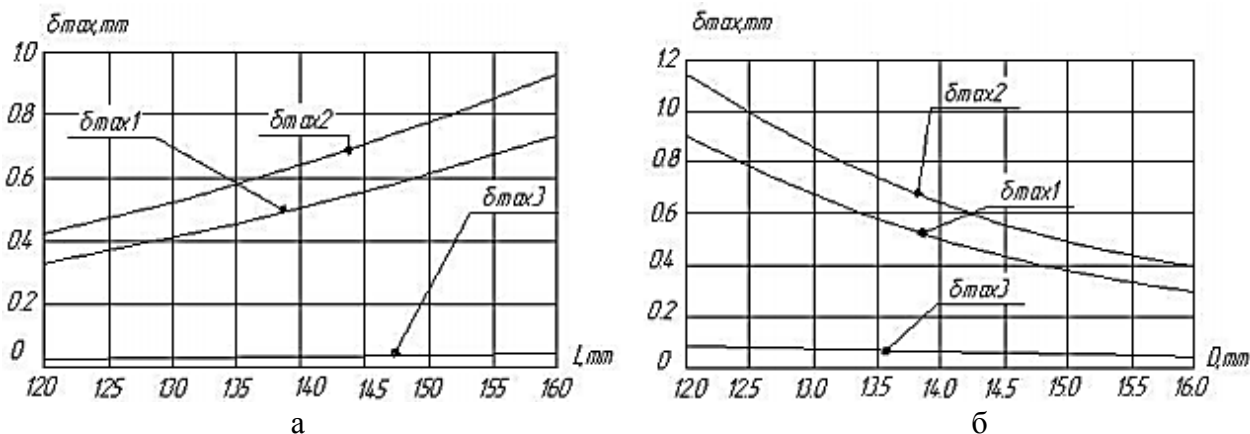


Рис. 3. Графіки залежності:

а – прогину деталі від її довжини, б – прогину деталі від її діаметру

ВИСНОВКИ

1. Розроблено нову конструкцію трирізцевої головки для тонкого точіння з пружними напрямними та електромагнітним мікропроцесорним керуванням.

2. Встановлено, що використання розробленої головки дає можливість забезпечувати високу чутливість до миттєвих змін складових сил різання на різцях, стабілізацію сил різання, а також можливість керування зміною подач на кожному із різців і отримання вібраційного високоточного різання при тонкому точінні.

3. Проведений аналіз дозволяє зробити висновки, що застосування трирізцевої головки з механізмом вирівнювання зусиль різання, впливає на те, що жорсткість технологічної системи ВПД при різанні значно підвищується, а це дає можливість зменшити вплив складових сил різання на точність виготовлення деталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах : монографія / Ю. М. Кузнецов, І. В. Луців, О. В. Шевченко, В. Н. Волошин. – К., Тернопіль : Терно-граф, 2011. – 692 с., іл.
2. А. с. 30761. Україна В23 В29/24. Багаторізцева головка. / П. Д. Кривий, С. Г. Нагорняк, І. В. Луців, Г. О. Юхименко. №98052536 ; заявл. 15.05.1998; опубл. 15.12.2000; Бюл. № 7.
3. А. с. 2069606 Россія, В23 В29/32. Многорезцовая головка / Б. М. Соїкин, Ю. В. Белоусов, С. А. Князькин. - №94007053/08; заявл. 21.02.1994; опубл. 27.11.1996; Бюл. № 28.
4. Луців І. В. Структурний синтез багатолезового оснащення з кінематичними міжінструментальними зв'язками / І. В. Луців // Вісник ТДТУ. – 1997. – № 1. – С. 78–84.
5. Луців Ігор. Багаторізцеве оснащення адаптивного типу з пружними напрямними / Ігор Луців, Володимир Шарик // Тези доповідей 3-ї міжнародної науково-технічної конференції: «Теорія і практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій». – Львів, 2012. – С. 77–78.
6. Колев К. С. Вопросы точности при резании металлов / К. С. Колев; под. ред. Т. Б. Дашевского. – М. : Машигиз, 1961. – 131 с.
7. Колев К. С. Точность обработки и режимы резания. 2-е изд / К. С. Колев, Л. М. Горчаков. – М. : Машиностроение, 1976. – 144 с.