

## РОЗРОБКА МАЛОГАБАРИТНОЇ СИСТЕМИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

А.Г. Панчук, Ю.Л. Гаврилів, В.О. Мельник

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024,  
e-mail: public@nuing.edu.ua

*Розглянуто роль і тенденції розвитку малогабаритних систем механічної обробки в машинобудуванні та в навчальному процесі технічних вузів.*

*Обґрунтовано параметри конструкцій малогабаритних систем механічної обробки у відповідності до вимог високошвидкісної обробки і CNC технологій.*

*Запропоновано варіанти конструктивного виконання несучих конструкцій, інструментального забезпечення і стійки ЧПК верстату, адаптованого до потреб навчальних закладів.*

Ключові слова: малогабаритний верстат, координатний стіл, високошвидкісна обробка.

*Рассмотрены роль и тенденции развития малогабаритных систем механической обработки в машиностроении и в учебном процессе технических вузов.*

*Обоснованы параметры конструкций малогабаритных систем механической обработки согласно требованиям высокоскоростной обработки и CNC технологий.*

*Предложены варианты конструктивного выполнения несущих конструкций, инструментального обеспечения и стойки ЧПК станка, адаптированного к потребностям учебных заведений.*

Ключевые слова: малогабаритный станок, координатный стол, высокоскоростная обработка.

*The article considers the role and tendencies of the development of small scale mechanical treatment systems in machine building industry and in educational process of technical educational establishments.*

*Parameters for the constructions of small scale mechanical treatment systems have been substantiated from the viewpoint of meeting the demands of high-speed processing and CNC technologies.*

*There have been offered the variants for constructive fulfillment of bearing structures, tooling backup and numerical program control machine unit adapted to the needs of educational establishments.*

Keywords: small scale machine, coordinate worktable, high-speed processing

Останнім часом у практиці технологічних дисциплін машинобудівних вузів склалася ситуація, що характеризується наступним.

З одного боку, в навчальному процесі широко використовуються різноманітні CAD/CAM системи, які підтримують методи наскрізного проектування з єдиною конструкторсько-технологічною моделлю. Вони дають змогу легко і швидко створювати креслення, конструкторські і технологічні документи, наглядно вивчати всі етапи технологічної підготовки виробництва та ґрунтуються на використанні сучасного виробничого обладнання з широкими технологічними можливостями. З іншого боку, наявна матеріально-технічна база кафедр технології машинобудування складається із застарілих верстатів з ручним керуванням, що практично виключають можливість закріплення наслідків теоретичних знань на практиці. Наслідком цього є надмірна віртуалізація навчального процесу, його відірваність від реального виробництва.

Виходом із такої ситуації могло б стати використання вузами малогабаритних систем для механічної обробки, які останнім часом користуються великою популярністю. Малогабаритні (настільні) верстати стають настільки досконалими, що в більшості випадків не поступаються промислового обладнання ні за продуктивністю, ні за підтримкою передових технологій. Вони конструктивно простіші від традиційних багатоцільових верстатів і володіють

меншими технологічними можливостями, проте відповідають потребам значної частини споживачів. Такі верстати мають непоганий збут у країнах Східної Європи і, зокрема, в Україні, яка відчуває гостру нестачу сучасного устаткування. Дані верстати поєднують в собі значну питому потужність привода з можливістю досягнення високих частот обертання шпинделя, що особливо важливо для підприємств дрібносерійного і одиничного виробництва, де на одному і тому ж робочому місці часто доводиться обробляти і леговану сталь, і алюміній, і інші матеріали з різноманітними фізико-механічними характеристиками.

Проте широкого розповсюдження в навчальних закладах малогабаритні системи механічної обробки поки що не отримали. Причинами цього є їх вузька спеціалізація і висока ціна. Тому в Національному технічному університеті нафти і газу на кафедрі технології нафтогазового машинобудування розпочато роботу з розробки вищезгаданих систем, адаптованих до потреб вузів. Їх особливістю повинна стати багатофункціональність, модульність конструкції і, як наслідок, – нижча ціна.

Багатофункціональність досягається за рахунок компонування у вигляді координатного стола. Координатний стіл – промислова установка, призначена для переміщення вздовж заданої траєкторії робочого механізму верстата або оброблюваної деталі. Сучасний координатний стіл – складна мехатронна система, що об'єднує

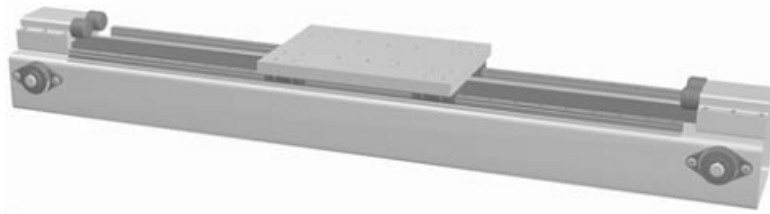


Рисунок 1 – Позиційна лінійна система з механічним приводом

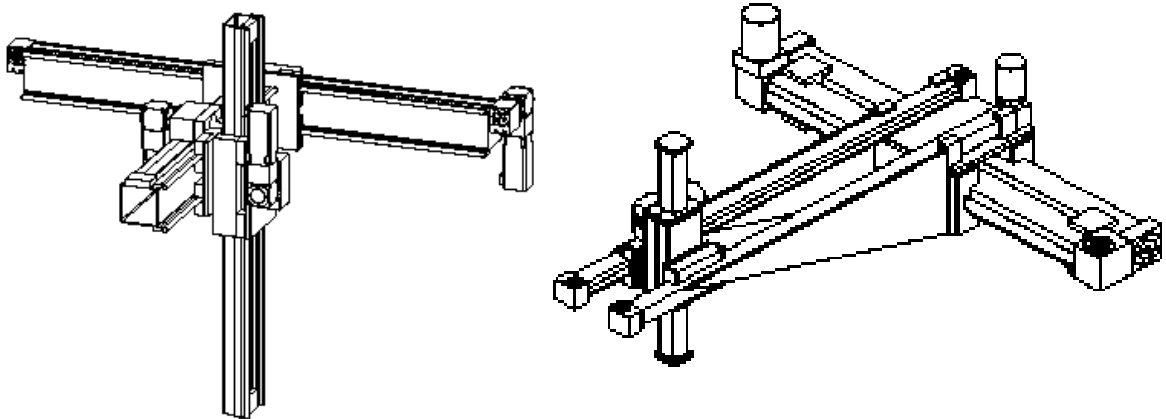


Рисунок 2 – Приклади координатних столів хрестового типу

опорну несучу конструкцію з електромеханічним приводом багатовісної системи подачі і виконавчим механізмом довільного призначення. Використання цифрового числового програмного керування (ЧПК) дозволяє повністю автоматизувати процес виробництва. Точність обробки однієї або декількох деталей на прецизійному столі може складати частки мікрона вздовж кожної з осей, навіть на високих швидкостях.

Несучою основою, що забезпечує жорсткість координатного столу, слугує станина або рама. Станина (рама) може бути зварною або литою. Литая станина дорожча, оскільки більш матеріаломістка, однак вона краще гасить вібрацію. Її використання виправдане у металообробних верстатах, що працюють на великих швидкостях різання і з великими навантаженнями. Для легких і середніх верстатів доцільно використовувати зварну конструкцію.

На станині (рамі) монтуються приводи подачі для переміщення виконавчого механізму і робоча плита, на якій кріпиться оброблювана деталь. Фіксація деталі забезпечується механічним, магнітним або вакуумним притиском, рідше - під дією власної ваги. Переміщення робочого механізму по двох або трьох координатних осях уможливує виготовлення плоских або об'ємних деталей різної форми.

Як виконавчий пристрій можуть бути використані: фрезерна голівка, лазерний або плазмовий різак, свердильна або шліфувальна насадка, маніпулятор, апарат точкового зварювання, маркер, ультразвуковий або рентгенівський сканер, мітчик, магнітострикційний перетворювач, фарбувальна голівка, пробник тощо.

Модульність конструкції досягається шляхом використання уніфікованих модулів позиційних лінійних систем з механічним приводом, з яких надалі складаються верстати заданої конструкції. Модуль, розроблений авторами, зображений на рис. 1. В ньому максимально використані стандартні елементи: профільна труба, лінійні направляючі [1,2], підшипникові блоки [3] тощо.

Існує декілька варіантів конструкції координатних столів, найпоширенішими з яких є портална і хрестова. Вибір конструкції координатного стола зумовлений їх призначенням і заданими технічними характеристиками.

Хрестова конструкція (рис. 2) забезпечує велику гнучкість системи і застосовується, зазвичай, для обробки деталей із складною просторовою геометрією, коли необхідний доступ до деталі з трьох сторін. Хрестові системи використовуються у верстатах багатовісного фрезерування, шліфування або для тривимірного сканування об'єктів, а також для роботи в умовах безперервної подачі заготовок.

Координатні столи порталного типу (рис.3) застосовуються в пристроях, де обробка здійснюється вздовж однієї площини, наприклад, у верстатах лазерного, плазмового або газорізного розкрою, в системах плоского різання або свердління, а також в системах з великим навантаженням по горизонтальних осях.

Координатний стіл може бути обладнаний декількома робочими органами для одночасної обробки декількох деталей. Для швидкої комплексної обробки деталі він може комплектуватися магазином, шпиндельною голівкою, руч-

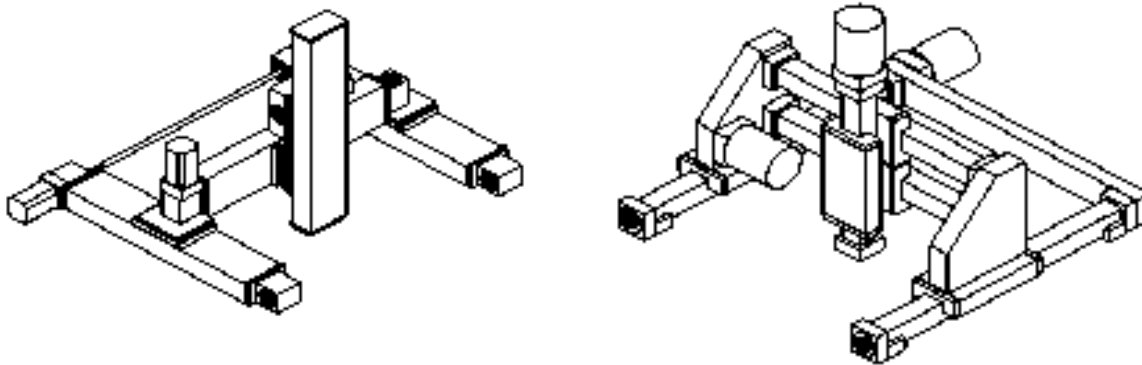


Рисунок 3 – Приклади координатних столів порталного типу

ною або автоматичною зміною інструменту. Використання поворотного столу для фіксування оброблюваної деталі значно розширює його технологічні можливості. Столи можуть мати автоматичні системами змащування, охолодження, відсмоктування шкідливих газів, пилу і стружки, інше необхідне устаткування.

Спроектований авторами верстат призначений для механічної обробки сталей і сплавів. Він адаптований до навчального процесу і враховує найбільш актуальні тенденції металообробки що існують на сьогодні, а саме:

- високошвидкісну механічну обробку – обробку з високими швидкостями різання;
- суху обробку – обробку без мастильно-охолоджуючих рідин, або з їх мінімальним використанням;
- можливість твердої обробки сучасними інструментами – здебільшого чистової обробки загартованих сталей (до 62 HRC) та інших матеріалів підвищеної твердості.

Високошвидкісна обробка (ВШО) стала можливою з появою нових конструкцій верстатів і інструментів, які дозволяють знімати великий об'єм матеріалу за короткий час обробки з одночасним підвищенням якості поверхні, що обробляється. Теоретичним обґрунтуванням високошвидкісної обробки є криві Соломона, які показують зниження сил різання в деякому діапазоні швидкостей різання. Але найбільш важливим чинником є перерозподіл тепла в зоні різання. При невеликих перерізах зрізування в даному діапазоні швидкостей основна маса тепла концентрується в стружці, не встигаючи переходити в заготовку. Саме це дозволяє здійснювати обробку загартованих сталей, не побоюючись відпуску поверхневого шару. Таким чином, основний принцип високошвидкісної обробки – малий переріз зрізування, що знімається з високою швидкістю різання. Існує рекомендація, що глибина різання не повинна перевищувати 10% діаметру фрези. Але з появою нових багатозубих фрез для чорнової обробки загартованих сталей виробники інструменту рекомендують традиційні глибини різання при збереженні малих подач на зуб.

Маючи можливість вести лезову обробку загартованих сталей, можна забезпечити якість поверхні, порівнянну з електроерозійною обро-

бкою. Це дозволяє переглянути структуру виробничого процесу виготовлення формотворних елементів прес-форм і штампів. Головний ефект високошвидкісної обробки полягає не в скороченні машинного часу за рахунок інтенсифікації режимів різання, а в загальному спрощенні виробничого процесу і в підвищенні якості обробки.

Умовою успіху у високошвидкісній обробці є правильний вибір всіх складових чинників, що беруть участь в цьому процесі: верстата, системи ЧПК, різального інструменту, допоміжного інструменту, системи закріплення інструменту, системи програмування, кваліфікації технолога програміста і оператора верстата з ЧПК.

Переваги ВШО визнані на світовому рівні:

- скорочення часу виробничого циклу на 50% і більше;
- максимальна продуктивність;
- якість обробленої поверхні на рівні шліфування;
- комплексна обробка деталі з одного установа.

Найкраще просторове рішення для верстата ВШО – портална компоновка [4]. На сьогоднішній день конструкція станини спроектована у зварному варіанті, складена з уніфікованих модулів. Проте, верстат розрахований на високі швидкості різання і на знімання значних припусків доцільно виготовляти з литими базовими деталями. Чавунну станину виготовляти економічно не вигідно, тому нами ведуться роботи з розробки технології виготовлення залізобетонних станин [5]. Враховуючи досвід провідних верстатобудівних фірм, таких як EMAG, Studer і ін., перспективною є розробка технології виготовлення станин із полімербетону (синтеграну), який має високі технологічні і експлуатаційні властивості.

Розробка здійснювалась у системі автоматизованого проектування, інженерного аналізу і підготовки виробництва SolidWorks. Всі параметри елементів конструкції розраховані методом скінченних елементів, що, в свою чергу, дало змогу звести до мінімуму масу цих конструкцій та оптимізувати їх форму і конфігурацію.

Верстат розрахований на використання інструменту (фрез, різців, шарошок тощо), призначеного для високошвидкісної обробки. Інструмент виготовлений з цілісного наддрібнозернистого твердого сплаву з високою теплостійкістю і підвищеним опором абразивному спрацюванню, оскільки частота обертання привода головного руху складає від 5 до 30 тис. об./хв., а швидкість різання при обробці сталі сягає 400 м/хв. Подача СОЖ не передбачена – тепло виноситься дрібною розпеченою стружкою. Для видалення стружки передбачений промисловий пиловловлювач.

Найбільш прийнятними для високошвидкісної обробки є цангові патрони і патрони з термозатискачем, які забезпечують закріплення інструменту рівномірно з усіх боків. У даний час на верстаті передбачений цанговий патрон з діаметром хвостовика до 8 мм.

Із літературних джерел відомо, що хороші результати в умовах ВШО показують інструменти фірм Sandvik і Güring [6]. Тому заплановане саме їх використання.

Одним з основних елементів верстата є стійка ЧПК. Система управління багато в чому впливає на технологічні можливості верстата. Вона має бути простою у використанні для оператора і програміста, мати можливості візуалізації і володіти функціями інтерактивності з широкими графічними можливостями. Крім того, вона повинна бути сумісною з характеристиками верстата, у тому числі і в області високошвидкісної обробки.

Ми врахували, що сьогодні в Україні спостерігається дефіцит досвідчених фахівців у сфері CNC технологій. Тому було прийнято рішення про виготовлення стійки на базі стандартного комп'ютера з використанням універсальної системи управління верстатами з ЧПК "Піфагор" (м. Новосибірськ), працювати на якій зможе навіть малокваліфікований оператор. Зараз її виготовлення закінчене і здійснюється промислово апробація.

Із самого початку ми орієнтувались на можливість повної автоматизації отримання керуючої програми. Тому передбачається створення програм за допомогою модуля CAMWorks. Обробка ведеться в середовищі SolidWorks і безпосередньо за моделлю SolidWorks. Результати роботи програміста зберігаються в цій же моделі деталі або складальної одиниці. У такий спосіб забезпечується повна асоціативність моделі і траєкторій інструменту, що призводить до автоматичного оновлення всіх траєкторій інструменту при проведенні змін моделі. При додаванні конструктором до моделі SolidWorks будь-яких технологічних даних (позначення шорсткості, баз, допусків форми і розташування поверхонь, допусків на розміри) технолог-програміст завжди має безпосередній доступ до них, що полегшує вибір параметрів обробки. Деталь при цьому, може легко адаптуватися до змін за допомогою, наприклад, виключення зайвих, з точки зору обробки, елементів геометрії або шляхом перерахунку виконавчих розмірів у середину поля допуску тощо. У режимі

роботи із складальною одиницею SolidWorks можна виконувати спільну обробку декількох деталей, програмувати обробку серії деталей, або просто повністю змодельовувати всю реальну обстановку на столі верстата для як найповнішого врахування реалій обробки вже на ранніх етапах створення програми.

Таким чином, нами розроблено конструкцію малогабаритного (настільного) верстата в основі якої лежить модульний принцип побудови з уніфікованих елементів – позиційних лінійних систем з механічним приводом. Це дало змогу знизити ціну виробу і, як наслідок, зробити його більш доступним для навчальних закладів. Проте, додатково ведуться роботи із вдосконалення конструкції з метою підвищення її жорсткості і адаптації до умов високошвидкісної обробки, що дозволить зробити навчальний процес з технологічних дисциплін більш наглядним і показовим для студентів.

### *Література*

- 1 ТНК. General Catalog. Linear Motion System. A: Technical Descriptions of the Products – 2007. – 1003 с.
- 2 ТНК. General Catalog. Linear Motion System. B: Products Specifications – 2007. – 909 с.
- 3 Bearings CX. Machine parts. – 2008. – 1023 с.
- 4 Каминская В.В. Станины и корпусные детали металлорежущих станков. Расчет и конструирование / В.В.Каминская, З.М.Левина, Д.Н.Решетов. – М.: МАШГИЗ, 1960. – 365 с.
- 5 Тригалева В.Н. Железобетонные станины металлорежущих станков / В.Н.Тригалева, В.О.Чеботаревич, С.М.Скоробогатов. – М.: МАШГИЗ, 1960. – 98 с.
- 6 Güring. Прецизионный режущий инструмент. – 2009. – Прайс-лист №41. – 1648 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
13.10.10*

*Рекомендована до друку професором  
Ю. Д. Петриною*