

УДК 004.896

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У МОДЕЛЮВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВЕРСТАТІВ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

З.А. Стоцько<sup>1</sup>, Д.П. Ребот<sup>2</sup>, В.Г. Топільницький<sup>3</sup>

Розглянуто особливості використання у виробництві сучасних верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Описано їх переваги та основні характеристики, здійснено огляд останніх розробок програмного забезпечення для верстатів з ЧПК. Подано перспективні системи числового програмного керування для управління верстатами з п'ятикоординатним обробленням. Описано їх основні властивості, специфіку використання та сумісність із сучасними програмами розроблення технологічного процесу для верстатів з ЧПК.

**Ключові слова:** числове програмне керування, верстат, програмне забезпечення, технологічний процес.

**Постановка проблеми.** Швидкий розвиток промисловості зумовлює вдосконалення новітнього обладнання. Проте аналіз літератури свідчить про те, що нові технології у системах ЧПК розвиваються доволі повільно, і особливо це стосується легкої та харчової промисловості. Тобто більшість підприємств притримуються традиційних методів виготовлення продукції. Ці методи значно поступаються сучасним процесам. Проблема впровадження останніх полягає у потребі залучення додаткових інвестицій і нових кадрів, зокрема підготовки кваліфікованих інженерів-програмістів. Ці труднощі можна подолати впроваджуючи нові системи ЧПК, які б ефективно поєднувались з CAD системами, що полегшило б їх впровадження у вітчизняне виробництво. Завдяки цьому час виробничого циклу буде значно знижений, збільшена експлуатаційна гнучкість машини та знижені труднощі у підготовці операторів і програмістів. Тому, аналізуючи останні досягнення в програмному забезпеченні верстатів з ЧПК, є доцільним розглянути поточні процеси програмування, сумісність програм та їх основні переваги.

**Виклад основного матеріалу.** В сучасному виробництві верстати ЧПК мають значні переваги порівняно зі звичайними верстатами, зокрема: безперервне виробництво, ідентичність продукції при масовому виробництві, можливість швидкого навчання завдяки використанню комп'ютеризованого програмного забезпечення. Це дає змогу дає змогу змоделювати потрібний виріб, тому немає змісту попередньо робити його прототип. Це, водночас, веде до економії витрат. До недоліків можна віднести високу вартість обладнання.

На сьогодні у виробництві, зазвичай, використовують чотири- або п'ятикоординатні верстати, для яких використовують САПР. Традиційні процеси CAD/CAM для ЧПК описано такими характеристиками:

- точне моделювання деталей у системі CAD;
- з точної CAD моделі система CAM генерує карту наближеної серії точок, які знаходяться в межах певних допусків навколо CAD моделі поверхні;

- на кінцевому етапі САМ переводить ряд генерованих точок до конкретної установки машини, розраховують фізичні позиції осі. У цьому процесі будь-які зміни в машині, інструменті вимагають програму "повтор" або введення нової інформації;
- у традиційних процесах ЧПК просто з'єднує точки, обчислені САМ та постпроцесорів.

Для загальної п'ятикоординатної конструкції машини, коли ЧПК з'єднує точки, можливий ефект "гребінця" у переходах між запрограмованими точками. Якщо сервоприводи налаштовані дуже агресивно, то машина буде працювати грубо, через стрибки в русі. Тоді за налаштуваннями стежить система, яка робить цей рух менш чутливим, але одночасно менш точним.

На відміну від традиційного, сучасний процес з використанням розширених функцій ЧПК полягає:

- у точному моделюванні деталі та її оброблення в CAD;
- зі CAD моделі система САМ створює карту точок та напрямків, які розташовані навколо поверхні CAD моделі;
- система САМ генерує ряд точок та переформатовує їх в G-код. Результатом є саме визначення та наближення потрібних функцій до серії точок. Оскільки вихідні дані від постпроцесора є частиною процесу, а не конкретними, то немає потреби їх виправляти в разі будь-яких змін у машині. Тому такі повідомлення можуть бути використані для кількох процесів і машин.

ЧПК має точки контролю центру інструмента та розташування інструмента, завдяки чому досягається точна орієнтація інструмента відносно заготовки. Ці особливості дають змогу уникнути ефекту "гребінця", а досягнути ідеально гладкої поверхні. Тобто, сучасні ЧПК дають змогу перевести розрахункову інформацію в конкретний рух машини та досягнути максимального ефекту виробництва незалежно від оснащення, кріплення, місця розташування, орієнтації і кінематики верстата.

Програмне забезпечення верстатів з ЧПК надають провідні фірми виробники, такі як Okuma (США), та Adtech Technology Co., Ltd (Китай), Haas Automation Inc (США, Канада), HURON (Франція), JYOTI (Індія). Останніми розробленнями систем ЧПК є Flexium+8 (рис. 1), китайської фірми NUM, UltiMoti-on американської фірми HURCO.

Flexium+8 пропонує 2 канали з ЧПК та вміщає до 5 осей, 4 з яких можна інтерполювати. У будь-який момент часу канал можна використати для керування обертанням шпинделя та чотирьох осей, замість повного комплексу з п'яти осей. Ця гнучкість керування допомагає знизити витрати на машинах зі складними вимогами синхронізації. Наприклад на шліфувальному станку один канал може контролювати дві X/Z осі і шпиндель для виконання шліфувальних функцій, а інший канал контролює дві задні встановлених U/W обробні осі. Також Flexium+8 має функцію RTCP (обертання навколо центру інструмента) та функцію Похилої Площини. Функція RTCP є особливо корисна, коли оброблювана поверхня не є плоскою, вона автоматично обчислює всі зміщення, які потрібні для підтримки точного контакту заготовки з інструментом. Ще однією перевагою функції RTCP є те, що запрограмовані координати є задані по контуру деталі, а не машині, що означає, що корекція інструмента може здійснюватись

<sup>1</sup> проф. З.А. Стоцько, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> асист. Д.П. Ребот, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>3</sup> асист. В.Г. Топільницький – НУ "Львівська політехніка"

без модифікації програми. Також програмне забезпечення містить передові технології 3D візуалізації, комплексний моніторинг для захисту від інструмента або зіткнень під час оброблення. Загалом система Flexium+8 може бути встановлена практично на будь-який тип верстата.

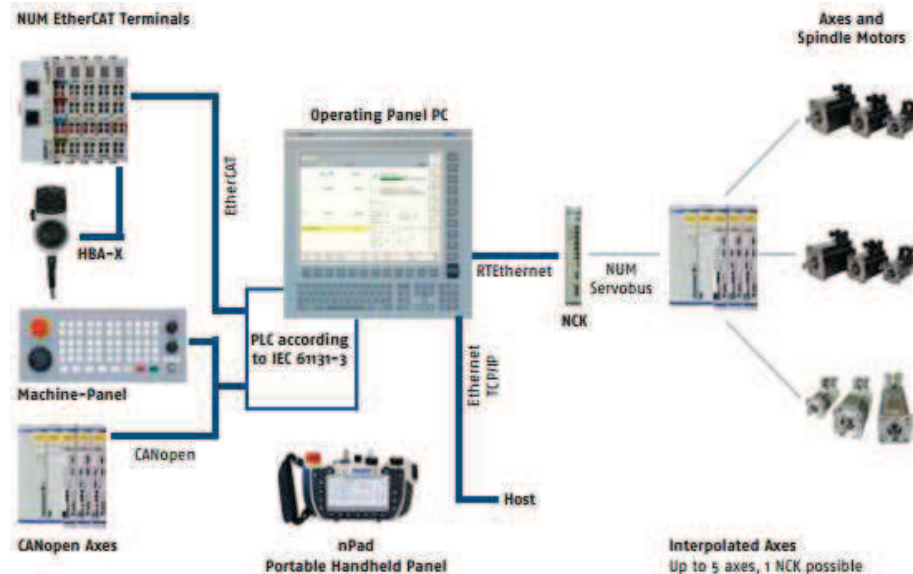


Рис. 1. Загальна схема Flexium ЧПК

Система UltiMotion ЧПК дає змогу зменшити час циклу на 30 %. Відрізняється легким контролем роботи верстата та доступна не тільки досвідченим користувачам, але і початківцям. Це програмне забезпечення розроблено як для токарних та свердильних верстатів, так і для фрезерних, які потребують руху до п'яти осей. У UltiMotion використовується вдосконалений алгоритм програмного забезпечення для керування рухом інструменту, завдяки йому задається значно швидший рух, порівняно з іншими ЧПК. Наприклад, під час свердління та нарізання різьби замість руху вниз/вгору/стоп, що задається у звичайних ЧПК, UltiMotion задає плавний, гладкий рух (рис. 2) і може використовувати сферичний рух, щоб перейти до наступного набору отворів.

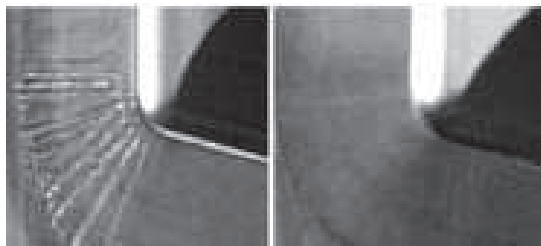


Рис. 2. Поверхня, оброблена за допомогою програмного забезпечення UltiMotion (до/після оброблення)

У процесі досліджень показано, що плавний рух створює менше навантаження на підшипники та інші внутрішні компоненти. Оброблення з меншим шумом та вібрацією зменшує ривки машини, зберігає точність і може продовжити термін служби машини. Ці системи ЧПК успішно співпрацюють з розробками CAD/CAM/CAE, а саме програмами таких фірм, як Deltcam, Espirit, GibbsCAM, Mastercam та ін. Вони характеризуються наявністю функцій, що дають змогу легко змінювати деталі та установки через автоматичне створення пакетного файлу.

**Висновки.** Розглянуте новітнє програмне забезпечення дає змогу покращити виробництво та виправити помилки та труднощі, які пов'язані з традиційними процесами програмування для верстатів з ЧПК. Зв'язок сучасних систем ЧПК та CAD/CAM/CAE полегшують навчання інженерів-операторів, не потребують значних інвестицій та зменшують тривалість, собівартість виробництва, підвищують якість кінцевої продукції.

### Література

1. Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система / Л.В. Теверовский, А.А. Ловыгин. – М. : Изд-во "ДМК-Пресс". – 2012. – 280 с.
2. Бочков В.М. Металорізальні верстати : навч. посібн. / В.М. Бочков, Р.І. Сілін, О.В. Гаврильченко. – Львів : Вид-во Львівської політехніки. – 2009. – 268 с.
3. Гжіров Р.І. Програмування оброблення на верстатах з ЧПК : довідник / Р.І. Гжіров, П.П. Серебрянічій. – Л. : Изд-во "Машинобудування", 1990. – 592 с.
4. Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / А.О. Харченко. – К. : Вид. дім "Професіонал", 2004. – 304 с.

Надійшла до редакції 26.05.2016 р.

### Стоцко З.А., Ребот Д.П., Топильницький В.Г. Современные тенденции в моделировании технологических процессов станков с числовым программным управлением

Рассмотрены особенности использования в производстве современных станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Описаны их преимущества и главные характеристики, проведен обзор последних разработок программного обеспечения для станков с ЧПУ. Представлены перспективные системы числового программного управления для работы на станках с пятикоординатной обработкой. Описаны их главные положительные свойства, специфика использования и совместимость с современными программами разработки технологического процесса для станков с ЧПУ.

**Ключевые слова:** числовое программное управление, станок, программное обеспечение, технологический процесс.

### Stotsko Z.A., Rebot D.P., Topilnytskiy V.G. Some Modern Trends of Modeling of Technological Processes of the Modern Machine Tool with Computer Numerical Control

Some features of modern machine tools with numerical control which are used in the manufacture are described. Their benefits and the main characteristics and the review of recent developments of software for CNC machine tools are given. Some advanced numerical control systems for use on machines with five-axis machining are presented. Their main positive features are described, including the specifics of their using and their compatibility with modern software development processes for the CNC.

**Keywords:** computer numerical control, machine tool, software, technological process.