

УДК 621.9.01

А.А. Самсоненко, Д.К. Шуплецов

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Аналіз проблеми обробки деталей на 5-ти осьових верстатах з ЧПК

Вступ. 5-осьові обробні центри часто використовуються для обробки прес-форм, штампів і механічних деталей складної форми, а також компонентів літаків і лопаток турбін. 5-осьові обробні центри, як правило, забезпечують більшу продуктивність, гнучкість і якість, ніж звичайні 3-осьові обробні центри, оскільки ріжучий інструмент має можливість підходу до оброблюваної поверхні з будь-якою сторони[1]. Проте, ми можемо знайти конкретні геометричні і позиційні відхилення в 5-осьових обробних центрах. Наприклад, необхідно враховувати прямокутність та паралельність між віссю обертання і поступальної віссю, а також відстань між обома осьовими лініями осі поворотного столу і віссю обертання, орієнтованими одна на одну. Також необхідно враховувати проблеми при програмуванні 5-ти осей верстату та малої робочої зони, що є ознакою більшості 5-ти осьових верстатів з ЧПК.

Основна частина. Найчастіше при використанні 5-ти осьових верстатів виконується оброблення складнопрофільних поверхонь, до яких висувають підвищені вимоги точності форми та якості поверхні. Саме тому при проектуванні технологічного процесу оброблення таких деталей необхідно враховувати всі можливі похибки та випадкові складові у роботі обладнання.

У роботі [2] приведено розгляд питання формування похибок обробки на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК), наведені розрахункові та експериментальні дані про реальну точність обробки. Проаналізовано причини виникнення типових помилок в вузлах, механізмах і пристроях металорізальних верстатів з ЧПК, а також їх вплив на точність обробки. Розглянуто питання формування технологічної надійності як властивості зберігати в часі початкову точність обладнання і точність обробки. Проаналізовано можливості підвищення точності обробки за допомогою корекції керуючих програм і часткової компенсації елементарних похибок.

Як результатведеного дослідження: точність обробки на верстатах з ЧПК в достатній мірі визначається конструктивною досконалістю верстата,

його жорсткістю, точністю позиціонування, тепловими деформаціями, точністю базування, стійкістю процесу різання.

При роз'юстуванні 5-ти осевого верстата виникає до 11-ти типів похибок (рис.1), включаючи зміщення точки перетину осей обертання від центру ортогональної системи координат верстата. А також безліч інших відхилень площини системи координат від ортогональності, викликаних як температурним впливом, зміною навколишнього середовища, так і механічними діями, що виникли в процесі транспортування, установки, зсуву фундаменту, вібрацій, що виникають в процесі механічної обробки та ін.

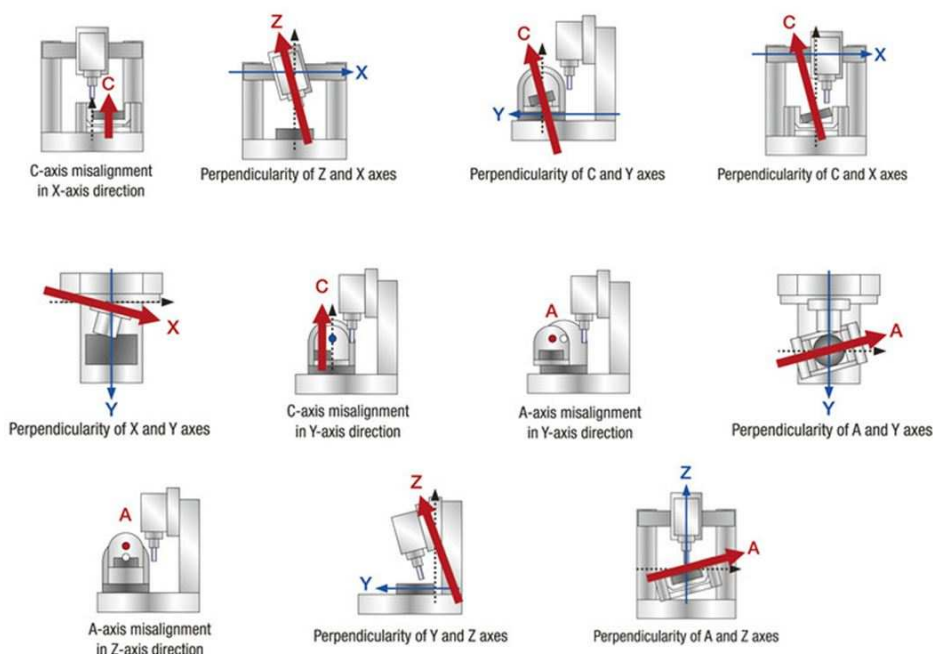


Рис.1. Одинадцять типів похибок при роз'юстуванні 5-ти осевого верстату

Дослідниками Tsutsumi M., Saito A. запропоновано метод визначення позиційних і кутових відхилень, що існують в 5-осевих обробних центрах, включаючи вісь обертання, заснований на вимірюванні відносної відстані між інструментом і заготовкою з використанням кулькового стрижня при одночасному трьохосевому управлінні рухом з двома лінійними осями і однією віссю обертання. Запропоновано процедуру визначення восьми відхилень шляхом проведення вимірювань в радіальному і осевому напрямках кожної осі обертання(рис.2). Яка виконується у декілька кроків[3]:

Крок 1: в радіальному напрямку осі A траєкторії змінюються, коли відхилення δ_{yAY} і δ_{zAY} існують в верстаті. Вісь A повертається від 0 до 90° при

модельованні. Якщо вісь А обертається на 360°, траєкторія кулі на столі стає ексцентрисичним кругом і відміну від опорного кола дорівнює ексцентриситету. Навіть якщо виміряна дуга окружності становить чверть, ми можемо прийняти значення ексцентриситету e_y та e_z з системи кульових опор.

Крок 2: В осьовому напрямку осі А, якщо тільки відхилення існує, то різниця ΔL між вимірним відстанню L і еталонної довжиною кульового стержня.

Крок 3: В осьовому напрямку осі С, обчислюючи відносне відстань ΔL , ексцентриситети e_x та e_y .

Крок 4: У радіальному напрямку осі С, позиційне відхилення δ_{xAY} - це ексцентриситет в напрямку Х, а $\delta_{yAY} + \delta_{yCA}$ - це ексцентриситет в напрямку Y. Кутів відхилення α_{AY} , β_{AY} і β_{CA} існують, враховуючи ΔL , яка є різницею між L і L_B , ексцентриситети e_x і e_y .

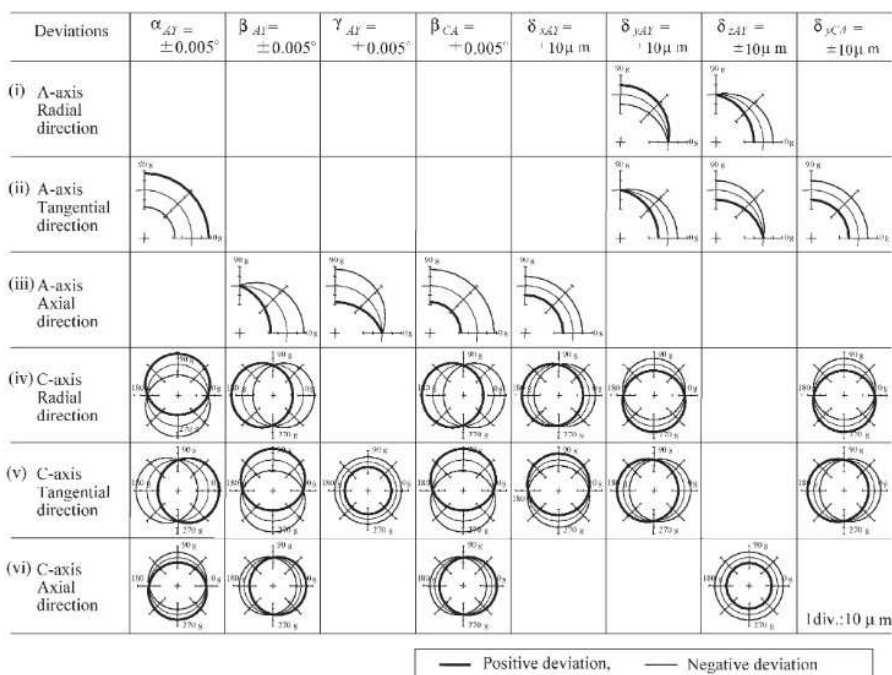


Рис.2. Характеристичні діаграми траєкторій, на які впливають різні відхилення, а також чутливі напрямки щупа

В роботі [4] також представлено методика що дозволяє компенсувати до восьми похибок просторового розташування. Метод вимірювання з використанням дво кульової штанги запропоновано для ідентифікації восьми позиційно-незалежні геометричні похибки на поворотних осях 5-ти координатного верстату з ЧПК. Використовуються три вимірювальні моделі, в

яких поступальні осі зберігаються стаціонарними і круговий рух виконується лише за рахунок поворотних осей. Таким чином, як наслідок поперечні осі повністю вимкнені, а вимірювана точність поліпшується. Приведені у роботі експериментальні результати підтверджують, що метод забезпечує точність результатів для восьми позиційно-незалежних геометричних похибок.

Метод складається з декількох кроків:

Крок 1 Блок калібру встановлюється на поворотний стіл, контрольно-вимірювальний прилад використовується для того, щоб переконатися, що блок манометра точно паралельно осі X.

Крок 2 Знайдіть кінчик інструменту на осі C, перемістіть інструмент до точки P1 для отримання його координати Z, значення якої R1.

Крок 3 Поверніть вісь A на 90° та виконайте переміщення осі Y до торкання кінчиком інструменту P2, після цього отримуємо його координату Y, що дорівнює R2. Якщо початкова точка кінчика інструменту точно на осі A, R1 має бути рівним R2. ΔR , Різниця між R1 і R2 використовується для перегляду відправної точки від A1 до A2.

Описані вище кроки повторюються в декількох точках тестування з різними координатами X. Отже, місце розташування визначається віссю A. Результат виконання методу наведено на рис.3.

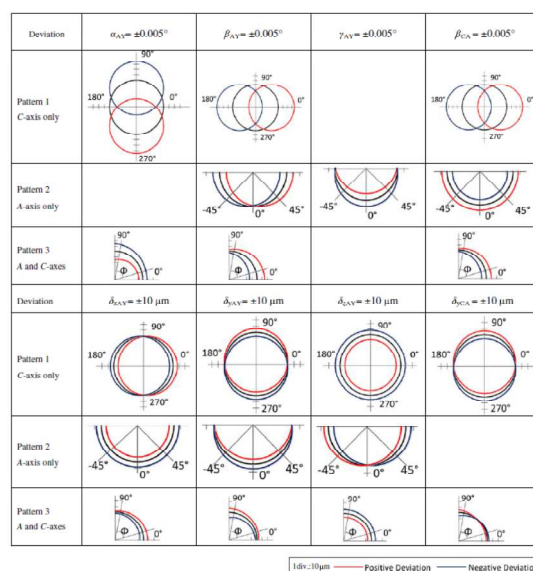


Рис.3. Результат процесу моделювання

Виробник верстатів OKUMA пропонує метод контролю та калібрування верстату, що полягає в автоматичній діагностиці похибки взаємного

позиціонування по п'яти координатах з використанням калібрувальної сфери і контактного вимірювального датчика. Потім проводиться розрахунок коригування та внесення змін до параметрів верстату. Калібрувальна сфера довільно встановлюється на стіл верстата, за програмою проводяться вимірювання при різних кутових положеннях столу [5]. При цьому кількість виміряних типів відхилень зросла до 11-ти.

Висновок

Аналіз наукових видань показав, що задача підвищення точності обробки на 5-ти осьових верстатах є актуальною, та потребує вирішення. За отриманими даними можна зробити висновок, що вкрай необхідно враховувати при проектуванні технологічного процесу обробки деталей такі характеристики, як точність позиціонування верстату, точність базування, закріплення, та стійкість процесу різання, саме ці характеристики є найвпливовішими при обробці на 5-ти осьових верстатах.

Список використаних джерел

1. Jun C. S., Cha K., Lee Y. S. Optimizing tool orientations for 5-axis machining by configuration-space search method //Computer-Aided Design. – 2003. – Т. 35. – №. 6. – С. 549-566.
2. Додонов В. В. Повышение точности обработки на станках с числовым программным управлением //Инженерный журнал: наука и инновации. – 2016. – №. 6. – С. 5-5.
3. Tsutsumi M., Saito A. Identification and compensation of systematic deviations particular to 5-axis machining centers //International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2003. – Т. 43. – №. 8. – С. 771-780.
4. Xiang S., Yang J., Zhang Y. Using a double ball bar to identify position-independent geometric errors on the rotary axes of five-axis machine tools //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2014. – Т. 70. – №. 9-12. – С. 2071-2082.
5. OKUMA, [Електронний ресурс] <http://stankopromimport.com.ua/articles/okuma-povyishaet-tochnost-5-ti-koordinatnoy-obrabotki>, дата звернення 29.04.2019