

УДК 621.9.06

В.Н. Волошин, канд. техн. наук, доц., М.І. Рекис

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВЕКТОРНИЙ БАЛАНС ТОЧНОСТІ ДВОШПИНДЕЛЬНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК

V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., M.I. Rekys

VECTORAL BALANCE OF ACCURACY OF DUAL-SPINDLE VERTICAL CNC LATHE

При виробництві таких деталей, як шестерні, зірочки, маховики, фланці, кільця підшипників та ін., широко використовуються вертикальні токарні верстати з ЧПК. Задача підвищення продуктивності таких верстатів в умовах багатонаменклатурного виробництва є пріоритетною для більшості фірм-виробників. Підвищення продуктивності вертикальної токарної обробки досягається за рахунок паралельної обробки поверхонь на двошпindelних вертикальних токарних верстатах з ЧПК. Точність обробки на таких верстатах значною мірою буде визначатися похибками, які виникають в процесі цієї обробки. Вони будуть залежати від розташування інструментів у просторі робочої зони та впливу всіх складових сил різання від всіх інструментів, які беруть участь в обробці, пружних переміщень формуючої системи верстата по всіх координатах, його геометричної точності та ін. Тому розробка моделі вихідної точності сучасних двошпindelних вертикальних токарних верстатів з ЧПК є актуальною науковою задачею.

Для розробки моделі вихідної точності двошпindelного вертикального токарного верстата з ЧПК може бути використаний варіаційний метод розрахунку точності машин [1], основою якого є модель його формуючої системи. Вона формується по складу вузлів верстата і опису їх рухів та математично представляється у вигляді функції формоутворення [1, 2]. Важливими елементами формуючої системи є ланки, кожна з яких має локальну систему координат, і зв'язки між сусідніми ланками. Сучасні двошпindelні вертикальні токарні верстати з ЧПК мають паралельну структуру формуючої системи (рис.1).

Формуюча структура двошпindelного вертикального токарного верстата з ЧПК (рис.1) має дві незалежні вітки. Координатний код формуючої системи для обох її віток, який складається із кодів матриць переміщень і поворотів [1, 2] буде мати вигляд: $K_1 = K_2 = 631$. Виходячи із координатного коду формуючої системи (рис.1) для обох її віток, функція формоутворення для формуючої системи паралельної дії опишеться залежностями:

$$\begin{cases} \overline{r}_{01} = A_{01}^6(\varphi_1) \cdot A_{12}^3(z_1) \cdot A_{23}^1(x_1) \cdot \overline{r}_{31} \\ \overline{r}_{02} = A_{01}^6(\varphi_2) \cdot A_{12}^3(z_2) \cdot A_{23}^1(x_1) \cdot \overline{r}_{32} \end{cases} \quad (1)$$

де $\overline{r}_{31} = [x_{31}, y_{31}, z_{31}, 1]^T$, $\overline{r}_{32} = [x_{32}, y_{32}, z_{32}, 1]^T$ – радіус-вектори точок першого та другого різця відповідно; $\overline{r}_{01} = [x_{01}, y_{01}, z_{01}, 1]^T$, $\overline{r}_{02} = [x_{02}, y_{02}, z_{02}, 1]^T$ – радіус-вектори точок першого та другого різця в системі координат першої і другої заготовки; $A_{01}^6(\varphi_1)$, $A_{01}^6(\varphi_2)$ – матриці повороту навколо осей Z_1 і Z_2 ; $A_{12}^3(z_1)$, $A_{12}^3(z_2)$ – матриці переміщень вздовж осей Z_1 і Z_2 ; $A_{23}^1(x_1)$, $A_{23}^1(x_2)$ – матриці переміщень вздовж осей X_1 і X_2 [1-4].

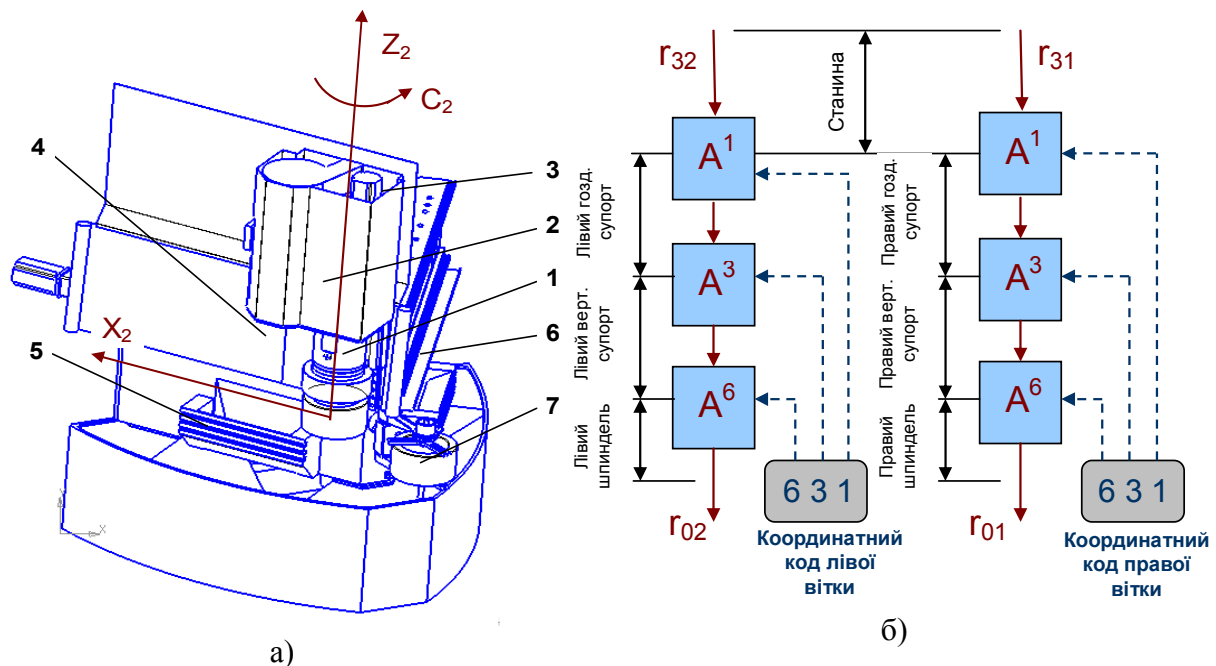


Рисунок 1. Основні вузли (а) та формоутворююча структура (б) двошпindelного вертикального токарного верстата з ЧПК мод. ПАВ-350 : 1 – шпинделі; 2 – шпиндельні бабки; 3 – вертикальні супорти; 4 – горизонтальні супорти; 5 – інструментальні системи; 6 – станина; 7 – перевантажувач

Використовуючи модель функції формоутворення отримано векторний баланс точності двошпindelного вертикального токарного верстата з ЧПК:

$$\begin{cases} \Delta r_{01} = (\varepsilon_{01} A_{01}^6(\varphi_1) A_{12}^3(z_1) A_{23}^1(x_1) + A_{01}^6(\varphi_1) \varepsilon_{11} A_{12}^3(z_1) A_{23}^1(x_1) + \\ + A_{01}^6(\varphi_1) A_{12}^3(z_1) \varepsilon_{21} A_{23}^1(x_1) + A_{01}^6(\varphi_1) A_{12}^3(z_1) A_{23}^1(x_1) \varepsilon_{31}) \cdot \overline{r_{31}} \\ \Delta r_{02} = (\varepsilon_{02} A_{01}^6(\varphi_2) A_{12}^3(z_2) A_{23}^1(x_2) + A_{01}^6(\varphi_2) \varepsilon_{12} A_{12}^3(z_2) A_{23}^1(x_2) + \\ + A_{01}^6(\varphi_2) A_{12}^3(z_2) \varepsilon_{22} A_{23}^1(x_2) + A_{01}^6(\varphi_2) A_{12}^3(z_2) A_{23}^1(x_2) \varepsilon_{32}) \cdot \overline{r_{32}} \end{cases} \quad (3)$$

де ε_{i1} ($i=0,1,2,3$) - матриця повної похибки положення i -ої ланки правої вітки формоутворюючої системи; ε_{i2} ($i=0,1,2,3$) - матриця повної похибки положення i -ої ланки лівої вітки формоутворюючої системи.

З врахуванням зв'язків аргументів і нормалей функції формоутворення та рівняння оброблюваних на даному верстаті циліндричних поверхонь отримано баланси точності двошпindelного вертикального токарного верстата з ЧПК для паралельної токарної обробки.

Література.

1. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков/ Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
2. Portman V. Form-Shaping Systems of Machine Tools: Theory and Applications/ V. Portman, I. Inasaki, M. Sakakura, M. Iwatate// Annals of the CIRP – Vol. 47/1 – 1998 – pp.329-332.
3. Lutsiv I. Shape forming system model of lathes two-carriage tool systems/ Lutsiv I., Voloshyn V., Buhovets V.// Scientific journal of the Ternopil national technical university. – 2018 – №3 (91) – pp. 80-87.
4. Луців І.В. Модель точності двосупортних токарних верстатів з ЧПК при дворізцевій обробці/ І.В. Луців, В.Н. Волошин, В.М. Буховець // Прогресивна техніка технологія та інженерна освіта: міжнародна науково-технічна конференція, 12-16 вересня 2018 р.: матеріали конференції. – Київ-Херсон, 2019. – С. 220-222.