

Рис. 1 – Компонівка (а) та паралельна структура формуючої системи (б) двосупортних одношпindelних токарних верстатів з ЧПК:
 1 – шпindelна бабка із шпindelним вузлом і заготовкою; 2 – станина; 3, 5 – поздовжні нижній і верхній супорти відповідно; 4, 6 – поперечні нижній і верхній супорти відповідно; PI 1 та PI 2 – різальні інструменти для токарної обробки нижнього і верхнього супортів відповідно; Д – оброблювана деталь

Виходячи із координатного коду формуючої системи одношпindelного двосупортного токарного верстата з ЧПК (рис.2) для обох її віток $K_1 = K_2 = 631$ [4], який складається із кодів матриць переміщень і поворотів, функція формоутворення для формуючої системи паралельної дії буде мати вигляд:

$$\begin{cases} \overline{r_{01}} = A_{01}^6(\varphi) \cdot A_{12}^3(z^1) \cdot A_{23}^1(x^1) \cdot \overline{r_{31}} \\ \overline{r_{02}} = A_{01}^6(\varphi) \cdot A_{12}^3(z^2) \cdot A_{23}^1(x^2) \cdot \overline{r_{32}} \end{cases} \quad (1)$$

де $\overline{r_{31}}, \overline{r_{32}}$ – радіус-вектори точок першого та другого різця відповідно; $\overline{r_{01}}, \overline{r_{02}}$ – радіус-вектори точок першого та другого різця в системі координат заготовки; $A_{01}^6(\varphi)$ – матриця повороту навколо осі Z; $A_{12}^3(z^1), A_{12}^3(z^2)$ – матриці переміщень вздовж осі Z; $A_{23}^1(x^1), A_{23}^1(x^2)$ – матриці переміщень вздовж осі X.

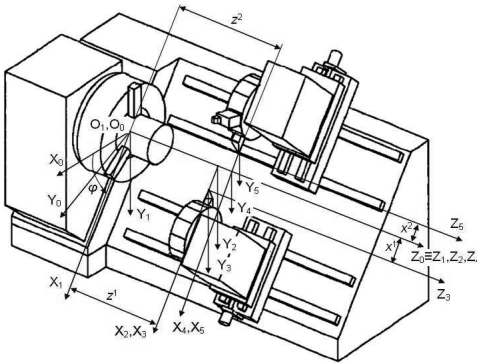


Рис. 2 - Формуюча система одношпindelного двосупортного токарного верстата з ЧПК

векторний баланс точності одношпindelного двосупортного токарного верстату з ЧПК для дворізевої обробки:

Прийнявши обидва різці точковими різальними інструментами $\overline{r_{31}} = e^4 = (0,0,0,1)^T$, $\overline{r_{32}} = e^4 = (0,0,0,1)^T$ та підставивши матриці перетворення координат у (2) отримаємо:

$$\begin{cases} \overline{r_{01}} = [x^1 \cos(\varphi), x^1 \sin(\varphi), z^1, 1]^T \\ \overline{r_{02}} = [x^2 \cos(\varphi), x^2 \sin(\varphi), z^2, 1]^T \end{cases} \quad (2)$$

На основі отриманої функції формуючої системи (3) проведено оцінку формуючих можливостей верстата, тобто технологічні схеми обробки, які можна реалізувати.

Використовуючи модель функції формоутворення отримано

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{\Delta r_{01}} = (\varepsilon_0 A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) + A_{01}^6(\varphi) \varepsilon_1 A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) \varepsilon_2 A_{23}^1(x^1) + \\ \quad + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) \varepsilon_3) \cdot \overline{r_{31}} \\ \overline{\Delta r_{02}} = (\varepsilon_0 A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) + A_{01}^6(\varphi) \varepsilon_1 A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) \varepsilon_2 A_{23}^1(x^2) + \\ \quad + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) \varepsilon_3) \cdot \overline{r_{32}} \end{array} \right. \quad (3)$$

З врахуванням зв'язків аргументів і нормалей функції формуотворення та рівняння оброблюваних на даному верстаті циліндричних поверхонь отримано баланси точності одношпиндельного двосупортного токарного верстату з ЧПК для дворізцевої обробки.

Accuracy model of two-carriage CNC lathes in double-tool machining

Lutsiv I., Voloshyn V., Buhovets V.

Annotation: The paper deals with the development of the accuracy mathematical model of two-carriage CNC lathes in double-tool machining, which is based on the variational calculation method of the machine tools accuracy. It has been established that as for the simultaneous turning of the work-piece surfaces with two cutting tools, the shape-forming system of two-carriage CNC lathes has a parallel structure with common links, which are the basic units with a spindle and the machined part. The shape forming function construction is described as a formal operation of establishing a connection between the work-piece and tools systems of coordinates. The spectrum of the shape forming capabilities of the single-spindle double-carriage CNC lathes has been evaluated. On the basis of the shape forming function model, the output accuracy model of the modern CNC lathes was obtained for the case of multi-tool turning. Using the known equations of a normal to the cylindrical surface the normal errors balances in a double-tool machining case were obtained.

Keywords: Two-carriage lathes, shape forming function, mathematical model of accuracy, double-tool machining, error

Модель точности двухсупортных токарных станков с ЧПУ при двухрезцовой обработке

Луцив И.В., Волошин В.Н., Буховец В.Н.

Аннотация: Работа посвящена разработке математической модели точности двухсупортных токарных станков с ЧПУ при дурезцовой обработке, основанная на вариационном методе расчета точности станков. Установлено, что для осуществления одновременной токарной обработки поверхностей заготовки двумя режущими инструментами формообразующие система двухсупортных токарных станков с ЧПУ имеет параллельную структуру с общими звеньями, которыми являются базовые узлы с шпинделем и обрабатываемой деталью. Построение функции формообразования рассмотрено как формальную операцию установления связи между системами координат заготовки и инструментов. Проведена оценка спектра формообразующих возможностей одношпиндельных двухсупортных токарных станков с ЧПУ. На основе модели функции формообразования получена модель исходной точности современных токарных станков с ЧПУ для многоинструментальной токарной обработки. Используя известные уравнения нормалей к цилиндрической поверхности, получены балансы нормальных ошибок при ее дурезцовой обработке.

Ключевые слова: Двухсупортный токарный станок, функция формообразования, математическая модель точности, дурезцовая обработка, погрешность

Список літератури

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/ [Кузнецов Ю.М., Луцив І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
2. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков/ Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
3. Кушнир Э.Ф. Структурный синтез расчетных моделей механики станков/ Э.Ф. Кушнир, В.Т. Портман// Станки и инструмент – 1991 – №9. – С. 9 – 12.
4. 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.