

ИЗМЕРВАНЕ НА ГРЕШКИТЕ ОТ УСТАНОВЯВАНЕ И КОМПЕНСИРАНЕТО ИМ С ПОСТПРОЦЕСОР ПРИ ЧЕТИРИ И ПЕТ ОСЕВА ОБРАБОТКА

Петър ХАДЖИЙСКИ
ТУ – София, МТФ, кат.ТМММ
гр. София, бул. “Кл. Охридски” 8
e-mail: phad@tu-sofia.bg

Цветан КАЛДЪШЕВ
ТУ – София, МТФ, кат. ТМММ
гр. София, бул. “Кл. Охридски” 8
e-mail: kaldashev.cvetan@abv.bg

Олга КАРАКОСТОПУЛО
ТУ – София, МТФ, кат.ТМММ
гр. София, бул. “Кл. Охридски” 8
e-mail: karakostopulo@yahoo.com

Резюме

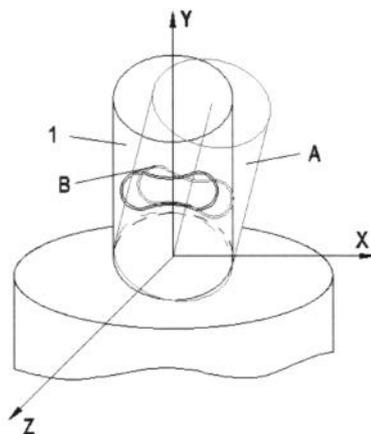
В настоящият доклад се разглежда метод за компенсиране на грешката от радиално биене след установяване на масата на машината с помощта на постпроцесора като се генерира една управляваща програма с траектория, компенсираща грешките от установяване.

Ключови думи

постпроцесор, CAD/CAM, грешки от установяване

Въведение

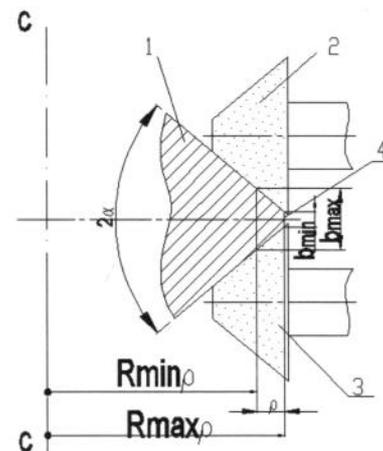
При обработване на детайли на машини с CNC с четири и пет управляеми оси детайлът 1 (фиг.1) се установява на масата на машината, при което съществено влияние оказват грешките от установяване, свързани с радиалното и аксиалното биене на масата на машината. На фиг. 1 е показан случай на установяване на ротационен нож за ротационна щанца. За база се използва лагерната шийка на вала.



Фиг. 1 Установяване на ротационен нож за ротационна щанца

При това установяване не съвпадат установъчната база – лагерната шийка и оста на въртене на маса С. В резултат на това върху точността на обработване на детайла съществено влияние оказват радиалното и челното биене на цилиндричната повърхнина „А“, върху която е разположен режещият контур

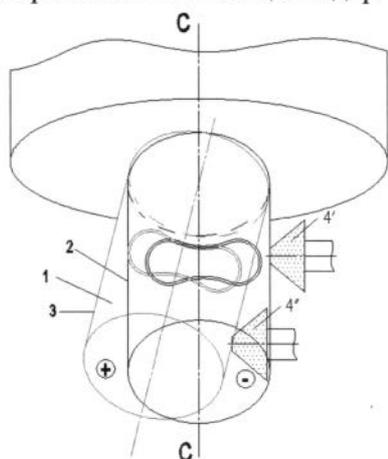
„В“, имащ трапецовидно сечение (фиг.2). Режещата способност на участъците от контура се определят от широчината „b“ на режещата пътечка, като тя трябва да се променя за времето между две презаточвания в границите b_{min} до b_{max} . Максимално допустимата широчина, така че да се получи отрязване е b_{max} [Ив. Маринов, Дисертация, 2012], а b_{min} – минимално допустимата широчина, така че да не се получи разрушаване и се осигури ресурс между две презаточвания.



Фиг. 2 Влияние на грешката от установяване

На фиг.2 е показано, както следва: 1 – напречно сечение на режещия контур, 2 и 3 – положенията на режещия инструмент, с който се шлифват страничните повърхнини и с 4 – цилиндричната повърхнина на основния цилиндър, върху който

е разположен режещият контур. С $R_{\min\rho}$ и $R_{\max\rho}$ са посочени минималният и максималният радиус, определени от радиалното биене на основния цилиндър спрямо оста на въртене на маса С. Очевидно след установяване на масата на машината при настройването радиалното биене трябва да се намали до минимум. При това установяване, където шлифоването на основния цилиндър се извършва на кръглошлифовъчна машина между центри, а страничните повърхнини на режещият контур при установяване по лагерната шийка на пет осева машина, това е невъзможно. За да се намали влиянието на ефект от смяна на базите, се налага да се работи по метод, при който се компенсира влиянието му в рамките на цял оборот. На фиг. 3 са показани оста на въртене на маса „С“ С-С, установеният на масата детайл 1, теоретичният основен цилиндър 2, т.е. без грешки от установяване, и реалният основен цилиндър 3 (с грешки в „+“ и „-“). За да се избегне грешката от установяване, трябва да се осигури траектория за обработване, разположена върху реалния основен цилиндър 3. На фигурата е показано движението на инструмента 4' върху реалния основен цилиндър и върху теоретичния основен цилиндър 4''.



Фиг. 3. Разположение върху маса С на реалния и теоретичния основен цилиндър

За да се генерира такава траектория, в настоящата работа е използван подход, при който специален постпроцесор се настройва с трансформираща матрица, определена по схемата, показана на фиг.4. Както вече бе споменато, установяването на детайла в тричелюстен патронник става по лагерната шийка. След установяване се извършва измерване на грешката от радиално биене на детайла в две сечения. Измерването се извършва на машината с измервателна глава. Програмата, по която се извършва измерването, е организирана така, че в рамките на 180° да бъде

намерена минималната стойност на радиално биене ρ_{\min} . С инструкция в DNC режим се извежда измерената минимална стойност и ъгълът $C_{\rho_{\min}}$, на който е измерена спрямо опорна точка на машината. За определяне на максималното биене ρ_{\max} детайлът се завърта на 180° спрямо ъгъла на минимално биене $C_{\rho_{\min}}$, където с измерване се определя стойността му. По аналогичен начин се определят стойностите ρ_{\min} , $C_{\rho_{\min}}$, ρ_{\max} и $C_{\rho_{\max}}$ за второто сечение. На този етап координатите на точките, през които се прекарва правата, даваща отклонението на реалния основен цилиндър 3 спрямо теоретичния основен цилиндър 2 (фиг.3), се определят графично в AutoCAD на база измерените стойности за ρ_{\min} , $C_{\rho_{\min}}$, ρ_{\max} и $C_{\rho_{\max}}$ за двете сечения.



Фиг. 4 Блок схема за определяне на компонентите на компенсация

Уравнението на правата, минаваща през двете графично определени точки $P_1(x_1, y_1, z_1)$ и $P_2(x_2, y_2, z_2)$ има вида (Г. Корн):

$$\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} = \frac{Y - Y_1}{Y_2 - Y_1} = \frac{Z - Z_1}{Z_2 - Z_1} \quad (1)$$

За определяне на направляващите косинус директории, т.е. за определяне на ъгъла между $\vec{P_1P_2}$ спрямо положителните направляващи оси Ox , Oy , Oz са съответно:

$$\cos \alpha_x = \frac{X_2 - X_1}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}}$$

$$\cos \alpha_y = \frac{Y_2 - Y_1}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}} \quad (2)$$

$$\cos \alpha_z = \frac{Z_2 - Z_1}{\sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}}$$

Ъгълът между двете прави – оста на въртене на маса С и правата, минаваща през точки P_1 и P_2 , се определя както следва (Г. Корн, 1977):

$$\sin^2 \gamma_1 = (\cos \alpha_y \cos \alpha'_z - \cos \alpha_z \cos \alpha'_y)^2 + (\cos \alpha_z \cos \alpha'_x - \cos \alpha_x \cos \alpha'_z)^2$$

от където:

$$\sin \gamma_1 = \sqrt{(\cos \alpha_y \cos \alpha'_z - \cos \alpha_z \cos \alpha'_y)^2 + (\cos \alpha_z \cos \alpha'_x - \cos \alpha_x \cos \alpha'_z)^2}$$

След установяване на детайла и измерване са

възможни три случая на положението на правата, минаваща през точки P_1 и P_2 спрямо оста на въртене на маса С:

1. правата P_1P_2 е успоредна на оста на въртене на маса С.
2. правата P_1P_2 пресича оста на въртене на маса С.
3. правата P_1P_2 е кръстосана с оста на въртене на маса С.

За да се определи кой от трите случая е, се изчислява минималното разстояние между двете прави по уравнение (4)

$$d_i = \pm \frac{1}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \sin \gamma_i} \begin{vmatrix} X_1 - X_1' & Y_1 - Y_1' & Z_1 - Z_1' \\ a_x & a_y & a_z \\ a_x & a_y & a_z \end{vmatrix} \quad (4)$$

Където:

$$a_x = X_2 - X_1, \quad a_y = Y_2 - Y_1, \quad a_z = Z_2 - Z_1$$

Ако $\sin \gamma_i = 0$, то правите са успоредни.

За компенсиране на грешката от установяване се намира връзката между двете оси, като се използват шестте пространствени движения [Портман, В.Т., 1986]

- трансляция T_x, T_y, T_z

$$T_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad T_y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad T_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- ротация R_x, R_y, R_z

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad R_y = \begin{pmatrix} \cos \psi & 0 & \sin \psi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \psi & 0 & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$R_z = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

За компенсиране на грешките от постпроцесора се използва матрицата на връзката между осите. Генерализираният постпроцесор G-POST в Pro\ENGINEER има страница Transformation & Output, която дава възможност да се въвеждат компенсиращи компоненти за всяка от осите. Постпроцесорът може да прилага трансформация на входящите CL-точки или на оста на вектора на инструмента [Gpost, Manual]. Матрицата, която извършва трансляция и ротация на работната координатната система спрямо тази на машината, е правоъгълна и се състои от 3 реда и 4 колони.

$$\begin{matrix} Ax & Bx & Cx & Dx \\ Ay & By & Cy & Dy \\ Az & Bz & Cz & Dz \end{matrix}$$

Матрицата използва геометрична трансформация от координатната система на детайла към тази на машината. Елементите на първата колона (Ax, Ay, Az) са компонентите на вектора на координатна система на машината по ос X спрямо координатната система на детайла. Втората колона (Bx, By, Bz) дефинират оста Y и третата колона (Cx, Cy, Cz) – оста Z. Четвъртата колона (Dx, Dy, Dz) определя положението на координатната система на детайла спрямо координатна система на машината. Спомагателните вектори в колони 1, 2 и 3 дефинират ротацията на матрицата, а колона 4 дефинира трансляцията.

В зависимост от това кой от трите случая на положение заема оста на реалният основен цилиндър, се определя и видът на трансформацията на входящите CL точки. Ако двете оси са успоредни, се използва трансформация само на входящите точки по зависимости:

$X^* Ax + Y^* Bx + Z^* Cx + Dx =$ извеждана стойност за X

$X^* Ay + Y^* By + Z^* Cy + Dy =$ извеждана стойност за Y (5)

$X^* Az + Y^* Bz + Z^* Cz + Dz =$ извеждана стойност за Z,

където X, Y, Z са координатите на входящите точки.

В случай, че двете оси са кръстосани, се използва трансформация на оста на инструмента като постпроцесорът изчислява вектора на оста на инструмента така, че той да бъде винаги нормален на обработваната повърхнина по уравнение:

Трансформация на вектора на оста на инструмента: Входящи координати на вектора на оста на инструмента I, J, K

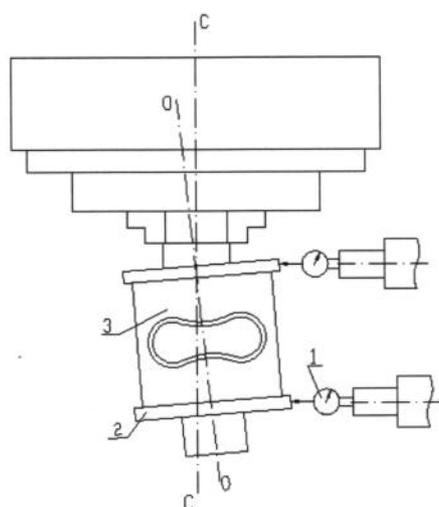
$I^* Ax + J^* Bx + K^* Cx + Dx =$ извеждана стойност за I

$I^* Ay + J^* By + K^* Cy + Dy =$ извеждана стойност за J (6)

$I^* Az + J^* Bz + K^* Cz + Dz =$ извеждана стойност за K

След генериране на управляваща програма с постпроцесор, в чиято матрица са въведени компенсиращите компоненти, на изхода се получава една „изкривена“ програма с траектория, компенсираща грешката в рамките на цял оборот.

Беше направена опитна проверка на предлагания метод (фиг.5). На машина MC 032 на мястото на инструмент в държач е установен индикаторен часовник 1 и е програмирано ”фрезване” с челото на челно цилиндрична фреза (без въртене) на опорния борд 2 на ротационния нож 3.



Фиг.5 Опитна проверка на предлагания метод

Контролира се дали има преместване на осезателя на индикатора при плъзгането му по борда. Този опит е направен и за другия опорен борд по отделна програма. Не се констатира изместване, което показва, че предлаганият метод е работоспособен, т.е. движението на инструмента е еквиливантно на реалния основен цилиндър, в случая ротационния нож.

Изводи

1. Разработен е метод за компенсиране на грешката от установяване при четири и пет

осево обработване с помощта на специализиран постпроцесор.

2. Опитно е установено намаляване на радиалното биене в рамките на 0,01мм (от начална стойност 0,2мм).

Благодарности

Настоящите изследвания са свързани с проект № BG051PO 001-3.3.06-0046 "Подкрепа за развитието на докторанти, постдокторанти и млади учени в областта на виртуалното инженерство и индустриалните технологии". Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз.

Литература

Г. Корн и Т. Корн, Справочник по математике для научных работников и инженеров, Москва 1977;
Ив. Маринов, Моделиране и изследване на обработването в CAD/CAM на сложни инструментални повърхнини, Дисертация за получаване на образователна и научна степен „Доктор”
Решетов, Д.,Н., Портман, В.,Т., Точность металлорежущих станков, Москва „Машиностроение” 1986;
GPost_V61_CD_Manual;

MEASUREMENT ERRORS OF DETECT AND CORRECT THEM WITH THE POSTPROCESSOR IN FOUR AND FIVE PROCESSING AXIAL

P. Hadjiiski

Ts. Kaldashev

O. Karakostopulo

Resume

This work presents method for compensation the circular runout error by processing on CNC machine. Using the possibility of postprocessor to input the compensation components is generated a control program with trajectory compensates errors by establishment.