

РАЗРАБОТВАНЕ НА ПОСТПРОЦЕСОР ГЕНЕРИРАЩ КОМАНДА ЗА УСТАНОВЯВАНЕ НА НАКЛОНЕНА РАБОТНА РАВНИНА ПРИ МАШИНИ С 5 ОСЕВО УПРАВЛЕНИЕ

Гл. ас. д-р Калдъшев Цв.

Проф. д-р Хаджийски П.
Технически университет - София

Маг. инж. Острев Н.

kaldashev.cvetan@abv.bg

phad@tu-sofia.bg

npostrev@gmail.com

Abstract: This report examined the possibility of developing a postprocessor generated command G68.2 establishing tilted working plane. This command is characteristic for machines with 5 axle control with CNC high class as Fanuc 31i and others. Postprocessor was developed for CAD / CAM PTC Creo system based on G-POST and specialized language FIL (Factory Interface Language).

Keywords: POSTPROCESSOR, CNC, CAD/CAM

1. Увод

Често пъти при обработване на призматично-корпусни детайли върху пет осеви машини се налага обработване в няколко различни позиции при едно установяване на заготовката. Това налага траекторията на инструмента да се определя спрямо няколко работни координатни системи.

Най-широко приложение намира метода, при който за всяка от обработваните позиции се използва различна координатна система (G54-G59). При този метод на обработване е необходимо за всяка от обработваните позиции да се настройва координатна система. Аналогичен на този подход е използването на параметрични програма (макропрограми), където за задаване на новото положение на обработване (ъглова позиция) се използват Ойлеровите ъгли [1]. При съвременните CNC се използва функцията Tilted Working Plane. Характерно за нея, е че при обработване на повърхнини, джобове, отвори и др. разположени върху равнина, наклонена спрямо базите на детайла CNC автоматично създава локална координатна система, спрямо която се извършва обработването. Локалната координатна система се дефинира спрямо работната координатна система (фиг. 1). Дефинирането на локална координатна система за обработване в наклонена работна равнина може да се извърши по няколко математични метода [2]: задаване на наклонена работна равнина с използването на Ойлерови ъгли; ъгъл на тангаж – крен – занасяне; на база на три точки; на два вектора; на база ъгли на проекция. Командата, която се използва за задаване на наклонена работна равнина на база Ойлерови ъгли е G68.2. Тя има следният формат [2]:

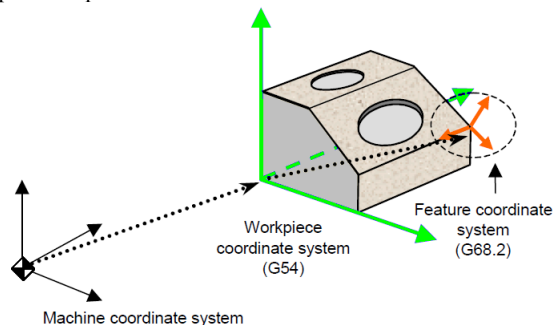
G68.2 X... Y... Z... I... J... K... ,

където

X, Y, Z - координати на центъра на локалната координатна система;

I, J, K - Ойлерови ъгли за определяне на ориентацията на локалната координатна система.

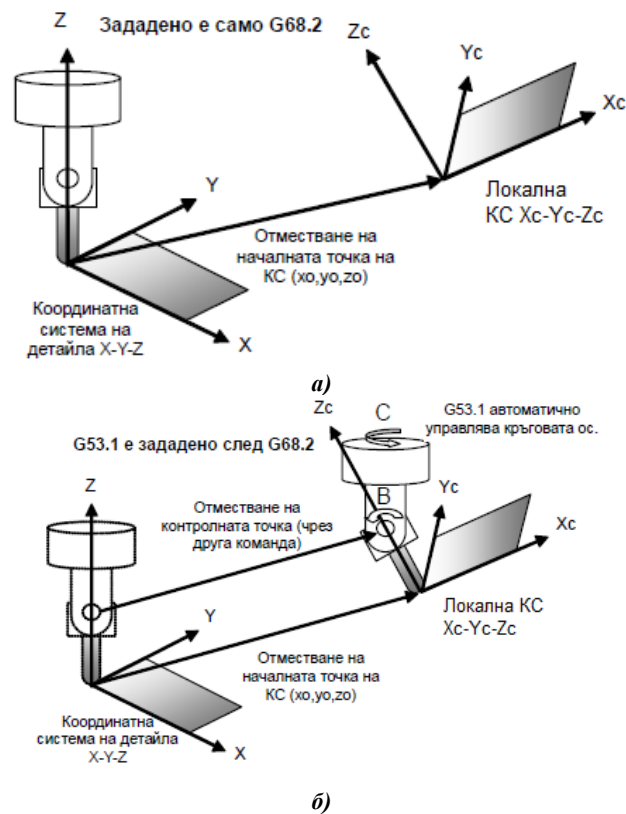
С команда G69 се отменя индексиранието на наклонена работна равнина.



Фиг. 1 Дефиниране на локална координатна система

Команда G68.2 задава връзката между координатната система на детайла и локалната координатна система. Команда

G53.1 (управление на посоката на инструмента) автоматично задава посоката по ос Z в локалната координатна система като посока на оста на инструмента, без да е програмирано преместване по кръговите оси. G53.1 отчита посоката, перпендикулярна на равнината на обработка, като положителна посока на ос Z на локалната координатна система. След командата G53.1 инструментът се управлява така, че да остане перпендикуларен на равнината в която се извършва обработване. На фиг. 2а е показан случай, при който е използвана само команда G68.2, а на фиг. 2б – команда G68.2 заедно с команда G53.1.



Фиг. 2 Задаване на команда G68.2

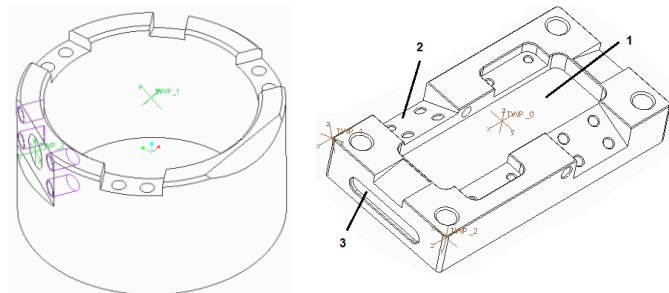
От фиг. 2 се вижда, че ако не е зададена команда G53.1 не се установява индексиранието на наклонена равнина. Тази команда е приложима за машина от типа със завъртане на инструмента, управлявана чрез две кръгови оси на инструмента, машина от типа със завъртане на масата, управлявана чрез две кръгови оси на масата, машина от комплексен тип, управлявана чрез една кръгова ос на инструмента и една кръгова ос на масата. Тази функция може да се използва и при машинни, при които кръговата ос за управление на инструмента не се пресича с кръговата ос за управление на масата.

Използването на функцията Tilted Working Plane има предимството, че при обработване на детайла върху машината

където управляващата програма е генерирана в САМ системата е необходимо да се настрои само една работна координатна система, а останалите се създават автоматично като локални координатни системи. За тази цел е необходимо коректно да се разработи постпроцесор, който да генерира команда G68.2.

2. Разработване на постпроцесор за генериране на команда G68.2

За правилното генериране на командата G68.2 е необходимо в модела на производство (САМ модела) да бъдат назначени коректно координатните системи за всяка обработвана позиция. На фиг. 3 са показани детайли с назначени координатни системи, съвпадащи с конструкторската база, лежащи в равнината на обработване.



Фиг. 3 Детайли, подлежащи на обработване

Разработването на постпроцесора се извършва на основата на генерализиран постпроцесор G-POST и специализиран език FIL (Factory Interface Language) за CAD/CAM системата PTC CREO. При създаване на работен път на инструмента за обработван на джоба 1 (фиг. 3) се използва координатна система TWP_0. При обработване на повърхнината 2 се използва координатна система TWP_1. В резултат на това в CL Data файла автоматично се определя връзката (трансформацията) между двете координатни системи. В случая завъртането е около линейна ос X. Матрицата за завъртане около ос X е следната:

$$(1) \quad R_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix}$$

Обработването на повърхнина 3 се извършва спрямо координатна система TWP_2. Трансформацията и спрямо координатна система TWP_0 е свързана със завъртане около ос X и Z. Матрицата за завъртане около ос Z е

$$(2) \quad R_z = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Така в CL Data файла се получава матрицата R_{xz} като произведение на двете матрици R_x и R_z даваща връзката между координатни системи TWP_0 и TWP_2

$$(3) \quad R_{xz} = R_x * R_z = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \cos \varphi \sin \theta & \cos \varphi \cos \theta & \sin \varphi \\ \sin \varphi \sin \theta & \sin \varphi \cos \theta & \cos \varphi \end{pmatrix}$$

За определяне на положението на локалната координатна система за всяка позиция с команда G68.2 е необходимо да се извърши трансформация на координатите спрямо локалната координатна система [3]. Това се реализира със следният FIL запис:

```
CIMFIL/ON,CAMERA
XI=POSTF(7,4);    YI=POSTF(7,5);    ZI=POSTF(7,6);
DI=POSTF(7,7);    XJ=POSTF(7,8);    YJ=POSTF(7,9);
ZJ=POSTF(7,10);   DJ=POSTF(7,11);   XK=POSTF(7,12);
YK=POSTF(7,13);  ZK=POSTF(7,14);  DK=POSTF(7,15)
```

На променливи XI, YI, ZI, XJ, YJ, ZJ, XK, YK, ZK се присвояват стойностите на завъртане на координатната система около трите координатни оси. На променливи DI, DJ, DK – трансляцията между двете координатни системи. Тези стойности се прочитат от CL Data файла, като се използват специализираните POSTF функции на езика FIL [4]. Присвояването на определена стойност на дадена променлива се извършва с функцията POSTF(7,n), където n е поредният номер на стойността която се присвоява на съответната променлива. За определянето на ъгъла за завъртане се използват уравненията:

- Завъртане около ос X

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{a_{32}}{a_{33}} \right)$$

- Завъртане около ос Y

$$B = \sin^{-1}(a_{31})$$

- Завъртане около ос Z

$$C = \tan^{-1} \left(\frac{a_{21}}{a_{11}} \right),$$

Където $a_{11}, a_{21}, a_{31}, a_{32}, a_{33}$ са компоненти на матрицата M

$$(4) \quad M = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

С езика FIL се определят стойностите на ъглите на завъртане както следва:

$AVAL=ATAN2F(YK,ZK)$, $BVAL=ASINF(XK)$ и $CVAL=ATAN2F(XJ,XI)$, където функцията ATAN2F е аналогична на \tan^{-1} . След като са определени всички координати необходими за задаване на команда G68.2 се записва нейният формат:

```
INSERT/'G68.2
X',DI,'Y',DJ,'Z',DK,'T',CVAL,'J',AVAL,'K',BVAL,'$'
INSERT/'G53.1','$'
```

За да бъдат коректно изведени координатите на възловите точки от траекторията на инструмента за новото ъглово положение на инструмента е необходимо да се създаде нова координатна система даваща връзката между локалната координатна система (създадена с команда G68.2) и координатната система на машината. За тази цел се използват стойностите присвоени на променливи XI, YI, ZI, XJ, YJ, ZJ, XK, YK, ZK, DI, DJ, DK. Използва се запис от вида:

```
M1=MATRIX/XI,YI,ZI,DI,XJ,YJ,ZJ,DJ,XK,YK,ZK,DK
```

След създаване на матрицата е необходимо да се извърши преобразуване на координатите, така че те да бъдат изведени спрямо новата ъглова позиция на обработване. Използва се FIL команда INVERSE [4]. Ако матрицата M1 дава връзката между координатни системи A и B, то матрицата M2 дава връзката между матрици B и A.

```
M1=MATRIX/TRANSL,2,5,0
```

```
M2=MATRIX/INVERS,M1
```

Така за матрицата M2 се получава $M2=MATRIX/TRANSL,-2,-5,0$

След като е обрната матрицата с FIL команда INVERSE е необходимо да се извърши изместване на началото на локалната координатна система спрямо машинната. Извършва се с команда TRANS и има следният запис:

```
TRANS/M1
```

След всички тези преобразувания FIL записът добива следният вид

```
CIMFIL/ON,CAMERA
XI=POSTF(7,4)
YI=POSTF(7,5)
ZI=POSTF(7,6)
DI=POSTF(7,7)
```

```

XJ=POSTF(7,8)
YJ=POSTF(7,9)
ZJ=POSTF(7,10)
DJ=POSTF(7,11)
XK=POSTF(7,12)
YK=POSTF(7,13)
ZK=POSTF(7,14)
DK=POSTF(7,15)
AVAL=ATAN2F(YK,ZK)
BVAL=ASINF(XK)
CVAL=ATAN2F(XJ,XI)
INSERT/G68.2
X',XVAL,'Y',YVAL,'Z',ZVAL,'T,CVAL,'J',AVAL,'K',BVAL,'S'
INSERT/G53.1,'S'
M1=MATRIX/XI,YI,ZI,DI,XJ,YJ,ZJ,DJ,XK,YK,ZK,DK
M1=MATRIX/INVERS,M1
TRANS/M1
CIMFIL/OFF

```

Разработеният постпроцесор е верифициран като е използван продукта Vericut [5]. На фиг. 4 е показана част от управляващата програма, от където се вижда формата на командата G68.2, генерирана с разработеният постпроцесор.

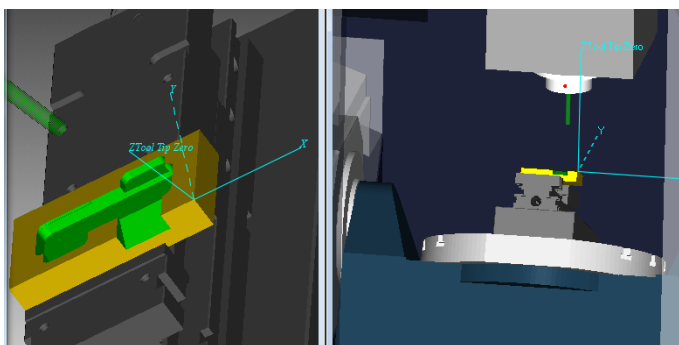
```

op010_twp_new - Notepad
File Edit Format View Help
%
O11
N5 G00G80G90G40
N10 T3 M06
G54.2 P1
N15 G69
N20 G68.2 X+0.0Y+0.0Z+0.0I+0.0J+0.0K+0.0
N25 G53.1
N30 S3500 M03
N35 G0 G43 Z2. H3
N40 X-27.191 Y-3.
N45 G1 Z-2. F999.
N50 X-32.81
N55 G2 X-30. Y-6.683 I-15.191 J-14.5
N60 G1 X-30. Y-6.683 Z-2.
N65 G2 X-27.191 Y-3. I18. J-10.817
N70 G1 X-27.191 Y-3. Z-2.
N75 Y2.
N80 X-39.
N85 Y-4.271
N90 G2 X-32.211 Y-14.911 I-9. J-13.229
N95 G1 X-32.211 Y-14.911 Z-2.
N100 X-27.789

```

Фиг. 4 Част от управляващата програма, генерирана с разработеният постпроцесор

На фиг. 5 е показано обработването на наклонената повърхнина от детайла на фиг. 3 в среда на Vericut. На фиг. 4 координатната система ZTool Tip Zero е свързана с ориентацията на инструмента за всяка обработвана позиция.



Фиг. 5 Верификация на постпроцесора в среда на Vericut

3. Изводи

1. Разработеният постпроцесор е проверен виртуално с използването на продукта Vericut и е направена оценка на резултата с инструмента AutoDiff за откриване на разликите между обработеният детайл във Vericut и CAD модела на детайла, по който са генерирани управляващите програми. В резултат на анализа не бяха открити разлики;

2. Предложеният алгоритъм за генериране на команда G68.2 за установяване на наклонена работна равнина може да бъде използван и при системи Sinumerik и Heidenhain имачи аналогични команди за установяване на наклонена работна равнина.

4. Литература

- [1] Хаджийски П., Пашов Ст., Технология на машиностроенето част 2- Проектиране на технологични процеси за металорежещи машини с ЦПУ. Разработване на управляващи програми., София, 2000 г.;
- [2] Fanuc 31i Manual's Operations;
- [3] Калдъшев Цв., Методология за разработване на специализирани постпроцесори, Дисертация за придобиване на образователна и научна степен „Доктор”, ТУ-София, 2015;
- [4] FIL Manual V63;
- [5] Vericut Help;