

Технология за обработване на резбови отвори с комбинирани инструменти и особености на програмното осигуряване при използването им

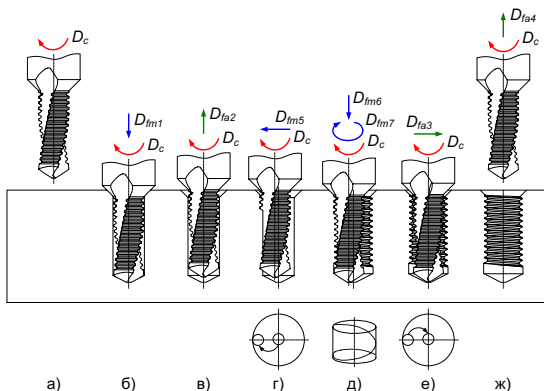
Николай Станков

Abstract: Generalized technology for highly productive shape forming of thread holes at base bodies by using combined tools on CNC Machining Centers is developed. CNC Machines allow doing combinations of complex shape forming motions and working with NC programs characterized with simplicity of data input and flexibility when needed to be changed.

Key Words: technology, thread hole, base body, combined tool, CNC Machining Center, NC program, data.

ВЪВЕДЕНИЕ.

Един от разпространените методи за формообразуване на вътрешни резби е фрезезането [2, 5, 6]. Развитието на машините с ЦПУ и на цифровите технологии, дават възможност за използване на нов тип комбинирани инструменти, които намират широко приложение при обработване на резбови отвори и формиране на вътрешни резби чрез фрезозане с минимални диаметри до 6 mm [1, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Тези инструменти успешно заменят резбонарезните метчици, особено при нарязване на резби в корпусни детайли, поради обстоятелството, че при непредвидено разрушаване на инструмента не се нарушават геометричните характеристики на обработваните резбови повърхнини [2, 5, 6].



Фиг. 1. Преходи при обработване на резбови отвори с комбинирани инструменти.

входяща фаска (фиг. 1.б);

- Извеждане на инструмента на височина равна на 1-2 стъпки на резбата или на височина, съответстваща на дължината на формообразуваната вътрешна резба (фиг. 1.в);
- Врязване на инструмента на дълбочина до достигане диаметрите на резбата (фиг. 1.г);
- Формообразуване на резбата чрез фрезозане при извършване на комбинирано кръгово подавателно движение и осево преместване на инструмента (фиг. 1.д);
- Извеждане на инструмента от зоната нарязане до оста на отвора (фиг. 1.е);

Разработена е следната обобщена технология за обработване на резбови отвори с комбинирани инструменти илюстрирана на (фиг. 1), съдържаща следните технологични преходи [1, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]:

- Извеждане на инструмента в позиция за обработване и включване на главното движение (фиг. 1.а);
- Свредловане на отвор с определена дължина и формиране на

• Извеждане на инструмента извън отвора и изключване на главното движение (фиг. 1.ж).

По-долу е приведена последователността на изграждане на макропрограма за реализиране на посочените технологични преходи.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Особенности на програмирането с езика MACRO.

За да се реализират описаните по-горе преходи е необходимо да се извърши програмиране на машината с ЦПУ. За тази цел може да се използва езикът MACRO, който се употребява като помощно средство при създаване на управляващи програми за машини с ЦПУ, използващи системата FANUC. Програмният език дава нови възможности за описване на сложни контури и създаване на параметрични програми за групи детайли със сходна конфигурация [3, 4, 7].

Езикът MACRO позволява употребата на променливи, които се използват за съхраняване и следваща употреба на променящи се в хода на програмата данни. Освен това позволява извършване на множество аритметични действия, работа с тригонометрични и числови функции, както и извършването на логически действия и разнообразни цикли [3, 4, 7].

2. Управляваща програма за обработване на резбови отвори с комбинирани инструменти.

При съставяне на макропрограмата за обработване на група от резбови отвори за детайла, показан на фиг. 2, са характерни следните особености:

- центърът на окръжността, по която са разположени отворите, се задава с координатите $X (X_{ц})$ и $Y (Y_{ц})$;
- диаметърът на окръжността върху, която са разположени отворите, се задава с D ;
- броят на отворите се задава с B ;
- ъгълът на разположение на първия отвор се задава с A ;
- бързият ход на инструмента до повърхността на заготовката се осъществява на разстояние R ;
- дълбочината на отвора се задава с Z (работен ход).

Променливите, които се използват при съставяне на програмата и отговарящи на означенията от фигурата, са следните:

A – #1, ъгъл на завъртане до първия отвор;
 B – #2, брой отвори;
 I – #4, пореден номер на отвора;

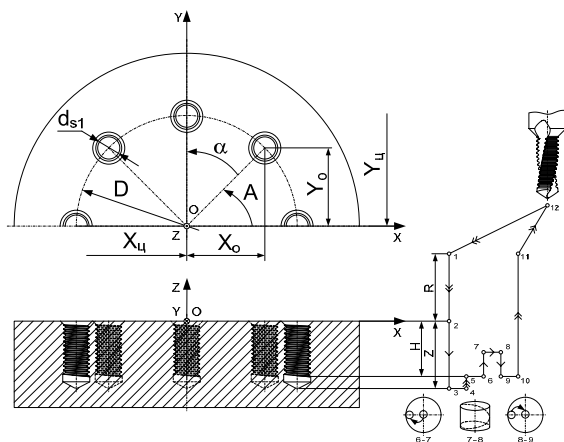
D – #7, диаметър на окръжността, върху която са разположени отворите;

$X (X_{ц})$ – #24, координата на центъра на детайла по ос "X";

$Y (Y_{ц})$ – #25, координата на центъра на детайла по ос "Y";

Z – #26, движение на работен ход;

R – #18, движение на бърз ход;



Фиг. 2. Схема на обработване на група от резбови отвори с комбиниран инструмент

M – #13, диаметър на формообразуваната вътрешна резба D ;
 Q – #17, стъпка на формообразуваната вътрешна резба P ;
 H – #11, дължина на формообразуваната вътрешна резба L ;
 C – #3, брой зъби на инструмента z_0 .

Режимът на рязане включва една и съща скорост на рязане V_c и различни подавания при свердловане на отвора f_s и при фрезозане на вътрешната резбата f_f . Данните за скоростта и подаванията имат каталожни стойности [10, 11, 12].

Променливите, които се използват при задаването на режима на рязане са:

S – #19, скорост на рязане, m/min ;

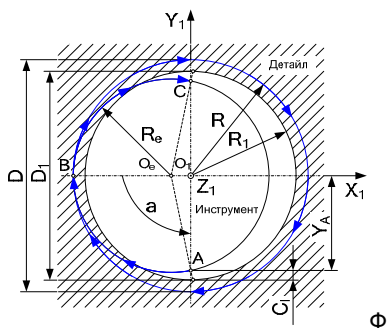
E – #8, подаване при свердловане, $mm/об$;

F – #9, подаване при фрезозане на резбата, $mm/зъб$.

Необходимо е да се направят следните предварителни изчисления, за определяне на ъгълът на завъртане α_i до всеки следващ отвор и координатите на центъра на обработвания отвор X_o и Y_o (фиг. 2):

$$\alpha_i = A + \frac{360}{B} \cdot I; X_o = X_u + \frac{D_i}{2} \cdot \sin \alpha_i;$$

$$Y_o = Y_u + \frac{D_i}{2} \cdot \cos \alpha_i. \quad (1)$$



Фиг. 3. Параметри, определящи врязването и извеждането на инструмента при фрезозане на вътрешна резба

Врязването на инструмента преди фрезозане на вътрешната резба – позиции 6-7 и извеждането му след приключване на процеса – позиции 8-9, показани на (фиг. 2), се извършват съгласно схемата илюстрирана на (фиг. 3).

Необходимо е да се определят радиуса на дъгата на врязване/извеждане R_e , изместването Z_α по ос " Z_1 " и началните координати на врязване на инструмента в точка "А" по трите оси:

$$R_e = \frac{(R_1 - C_1)^2 + R^2}{2R}, mm; Z_\alpha = P \cdot \frac{a}{360}, mm;$$

$$X_A = 0, mm; Y_A = -(R_1 - C_1), mm; Z_A = -(L - Z_\alpha), mm. \quad (2)$$

Разработената управляваща макропрограма има вида, показан в таблица 1:

Управляваща макропрограма за обработване на група от резбови отвори. Табл. 1.

Запомняне на изходното състояние	
N1	G00 G40 G80 G90
N2	M6 T01
Задаване номер на макроса	
N3	G65 P1000 B.... D.... A.... X.... Y.... Z.... R.... M.... Q.... H.... C.... S.... E.... F....
Проверка за зададени задължителни входни данни	
N4	IF [#2 LE #0] GOTO 54
N5	IF [#7 LE #0] GOTO 55

		която се извършва обработването на отворите;
N6	IF [#24 LE #0] GOTO 56	Проверка за зададена координата $X(X_i)$ на центъра на детайла по ос "X";
N7	IF [#25 LE #0] GOTO 57	Проверка за зададена координата $Y(Y_i)$ на центъра на детайла по ос "Y";
N8	IF [#26 LE #0] GOTO 58	Проверка за зададен работен ход Z ;
N9	IF [#13 LE #0] GOTO 59	Проверка за зададен диаметър на формообразуваната вътрешна резба D ;
N10	IF [#17 LE #0] GOTO 60	Проверка за зададена стъпка на формообразуваната вътрешна резба P ;
N11	IF [#11 LE #0] GOTO 61	Проверка за зададена дължина на формообразуваната вътрешна резба L ;
N12	IF [#3 LE #0] GOTO 62	Проверка за зададен брой зъби на инструмента z_0 ;
<i>Проверка и избор на алтернативни данни</i>		
N13	IF [#1 NE #0] GOTO 15	Проверка за зададен ъгъл на завъртане A до първия отвор;
N14	#1 = 0	Задаване стойност 0 на A ;
N15	#100 = 5	Задаване минимална стойност на бързия ход R в променлива #100;
N16	IF [#18 GE #100] GOTO 18	Проверка на зададения бърз ход R ;
N17	#18 = 5	Задаване стойност на бързия ход R ;
N18	#4 = 0	Задаване стойност 0 на I , където I е пореден номер на обработвания отвор;
<i>Проверка и задаване на подразбиращи се данни</i>		
N19	#101 = 200	Задаване на максимална стойност на скоростта на рязане V_c в променлива #101;
N20	IF [#19 LE #101] GOTO 22	Проверка на скоростта на рязане V_c ;
N21	#19 = 150	Задаване стойност на скоростта на рязане $V_c = 150 (m/min)$;
N22	#102 = 0.30	Задаване на максимална стойност на подаването при свредловане f_s в променлива #102;
N23	IF [#8 LE #102] GOTO 25	Проверка на подаването при свредловане f_s ;
N24	#8 = 0.25	Задаване стойност на подаването при свредловане $f_s = 0,25 (mm/об)$;
N25	#103 = 0.10	Задаване на максимална стойност на подаването при фрезозане f_f в променлива #103;
N26	IF [#9 LE #103] GOTO 28	Проверка на подаването при фрезозане f_f ;
N27	#9 = 0.06	Задаване стойност на подаването при фрезозане $f_f = 0,06 (mm/зъб)$;
<i>Предварителни изчисления</i>		
N28	#10 = [1000 * #19] / [3.14 * #13]	Изчисляване на честотата на въртене $n (об/min)$;
N29	#12 = #8 * [#3 / #3] * #10	Изчисляване на подаването при свредловане на отвора (mm/min) ;
N30	#14 = #12 / 2	Изчисляване на подаването при центроване на отвора (mm/min) ;
N31	#15 = #9 * #3 * #10	Изчисляване на подаването при фрезозане на резбата (mm/min) ;
N32	#16 = #13 / 2	Изчисляване на радиуса R на формообразуваната вътрешна резба (фиг. 3);
N33	#27 = [#13 - [1,082531755 * #17]] / 2	Изчисляване на радиуса R_1 на формообразуваната вътрешна резба (фиг. 3);
N34	#28 = [(#27 - 0.5) * (#27 - 0.5) + #16 * #16] / [2 * #16]	Изчисляване на радиуса на дъгата R_0 при връзване/извеждане на инструмента, където разстоянието $C_1 = 0,5$ (фиг. 3);
N35	#29 = #17 * [90 / 360]	Изчисляване на изместването Z_0 по ос "Z", при връзване на инструмента;
N36	#30 = #27 - 0.5	Изчисляване на началната координата Y_A , за връзване на инструмента по ос "Y", в точка "A", където разстоянието $C_1 = 0,5$ (фиг. 3);
<i>Програма за обработване</i>		
N37	WHILE [#4 LT #2] DO 1	Начало на цикъл за обработване на резбови отвори;
N38	#31 = #24 + [#7 / 2] * sin [#1 + [360 / #2] * #4]	Изчисляване на координатата X_0 до центъра на обработвания отвор;

N39	#32 = #25 + [#7 / 2] * cos [#1 + [360 / #2] * #4]	Изчисляване на координатата Y_0 до центъра на обработвания отвор;
N40	G54 G00 X #31 Y #32 Z #18	Въвеждане на нова работна координатна система, бърз ход на инструмента до координатите на центъра на обработвания отвор;
N41	G00 Z 2. M03 S #10	Позициониране на инструмента на безопасно разстояние над обработвания отвор, включване на право въртене на вретеното и задаване на честотата на въртене n (об/мин);
N42	G01 Z -1. F #14 (CENTROVANE)	Центроване на отвора чрез работен ход на инструмента и задаване на подаването при центроване;
N43	G01 Z - #26 F #12 (SVREDLOVANE)	Свредловане на отвора чрез работен ход на инструмента и задаване на подаването при свредловане;
N44	G00 G43 H.... Z - [#11 - #29]	Въвеждане на корекция за дължината на инструмента и изместване на бърз ход на инструмента по ос "Z", компенсиращо осевото преместването при връзване Z_0 ;
N45	G91 G41 D.... X 0. Y - #30 Z 0. F #15	Въвеждане на относително програмиране, въвеждане на радиусна компенсация на инструмента, бърз ход до позиция за фрезозване и задаване на подаването при фрезозване;
N46	G02 X - #16 Y #30 Z - #29 R #28	Връзване на инструмента;
N47	G02 X 0. Y 0. Z - #17 I - #16 J 0. (FREZOVANE)	Фрезозване на вътрешната резба чрез комбинирано кръгово подавателно движение и осево преместване на инструмента;
N48	G02 X #16 Y #30 Z - #29 R #28	Извеждане на инструмента;
N49	G00 G40 X 0. Y - #30 Z 0.	Отмяна на радиусната компенсация, въведена в изречение N45;
N50	G90 G00 G49 X #31 Y #32 Z #18	Въвеждане на абсолютно програмиране, премахване на корекцията за дължината на инструмента, въведена в изречение N44 и извеждане на инструмента извън отвора чрез бърз ход;
N51	#4 = #4 + 1	Задаване на пореден номер на следващия отвор;
N52	END1	Край на цикъла за обработване на отвори;
N53	GOTO 63	Преминаване към края на MACRO програмата;
<i>Съобщения за грешки</i>		
N54	#3000 = 1 (NEZADADEN BROJ OTVORI)	Алармено съобщение за пропуснат брой на отворите B;
N55	#3000 = 2 (NEZADADEN DIAM. NA OKRAJN.)	Алармено съобщение за пропуснат диаметър на окръжността D, по която се извършва обработването на отворите;
N56	#3000 = 3 (NEZADADENA KOORD. X)	Алармено съобщение за пропусната координата X (X_0) на центъра на детайла по ос "X";
N57	#3000 = 4 (NEZADADENA KOORD. Y)	Алармено съобщение за пропусната координата Y (Y_0) на центъра на детайла по ос "Y";
N58	#3000 = 5 (NEZADADEN RABOTEN HOD)	Алармено съобщение за пропуснат работен ход Z;
N59	#3000 = 6 (NEZADADEN DIAM. NA REZBATA)	Алармено съобщение за пропуснат диаметър на формообразуваната вътрешна резба D;
N60	#3000 = 7 (NEZADADENA STAPKA NA REZBATA)	Алармено съобщение за пропусната стъпка на формообразуваната вътрешна резба P;
N61	#3000 = 8 (NEZADADENA DALJINA NA REZBATA)	Алармено съобщение за пропусната дължина на формообразуваната вътрешна резба L;
N62	#3000 = 9 (NEZADADEN BROJ ZABI NA INSTR.)	Алармено съобщение за пропуснат брой зъби на инструмента z_0 ;
<i>Край на макроса</i>		
N63	M99	Край на MACRO програмата;
<i>Възстановяване на изходното състояние</i>		
N64	M01	Условен стоп на машината с ЦПУ;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Могат да се направят следните изводи:

- Разработена е обобщена технология за обработване на резбови отвори с комбинирани инструменти;
- Съставена е примерна управляваща програма за обработване на резбови отвори на машини с ЦПУ чрез използване възможностите на езика MACRO;
- Направен е цялостен анализ на програмата от гледна точка на функционалността на всяко едно от изреченията.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Иванов В., Н. Станков. Високопроизводително формообразуване на вътрешни резби с комбинирани инструменти. Сборник научни трудове, том 45, серия 2.1, „Машиностроителни технологии и механика”, Русе, 2006, стр. 115-120.
- [2]. Иванов В. Режещи инструменти. Русе, 1998.
- [3]. Иванов Г. И., А. П. Найденов, Програмно управление на металорежещи машини. Габрово, 1996.
- [4]. Ненов Г. Лекции по Програмиране на машини с ЦПУ. Русе, 2004.
- [5]. Родин П. Р. Режущий инструмент. Техника, Киев, 1966.
- [6]. Събчев П. Металорежещи инструменти. Техника, София, 1982.
- [7]. Хаджийски П., С. Пашов. Технология на машиностроенето част 2 – Проектиране на технологични процеси за металорежещи машини с ЦПУ, Разработване на управляващи програми. София, 2000.
- [8]. <http://mt2.bmstu.ru>. Комбинированные резьбообразующие инструменты. 2009.
- [9]. www.s-t-group.com. Резьбонарезной инструмент – Цельнотвердосплавные резьбофрезы, Минирезьбофрезы. 2009.
- [10]. www.vargus.com. Threading Tips, Thread Milling, Vardex Thread Milling & Thread Turning Main Catalog, HTC - Solid Carbide Thread Milling "Thriller" Tool, Thread Milling Solid Carbide Catalog, HeliCool-C: Chamfer & Thread Mill Solid Carbide Tool, HeliCool-R: Thread Mill With Radial Cooling Solid Carbide Tool, MilliPro - Miniature Solid Carbide Thread Mills, Thread Milling Handbook. 2009.
- [11]. www.kometgroup.com. Threading Systems, Thread milling cutters, Drill thread milling cutter. 2009.
- [12]. www.osg-global.jp. Thread Milling Cutter Series, NC Planet Cutter, HY-PRO Planet Cutter, WX-PNC NC Planet Cutter. 2009.
- [13]. www.quehring.de. [Combination drill taps](#), [Thread milling cutters](#), [Thread milling cutters with chamfer for countersinking](#). 2009.
- [14]. www.dcswiss.com. Thread Milling Cutters, Thrillers. 2009.
- [15]. www.reime-noris.de. Thread Milling, Thread milling technology. 2009.

За контакти:

маг. инж. Николай Станков, Катедра “Технология на машиностроенето и металорежещи машини”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, e-mail: nstankov@ru.acad.bg.

Докладът е рецензиран.