FLORIN SUSAC

VALENTIN TĂBĂCARU

PROGRAMAREA ÎN LIMBAJUL FANUC

Tehnologii CNC de frezat şi găurit

FLORIN SUSAC

VALENTIN TĂBĂCARU

PROGRAMAREA ÎN LIMBAJUL FANUC

Tehnologii CNC de frezat şi găurit

GALATI UNIVERSITY PRESS

2024

Copyright © 2024 Galati University Press
Toate drepturile rezervate. Nicio parte a acestei publicații nu poate fi reprodusă în nicio formă fără acordul scris al editurii.

Colecția Științe Inginerești

Galati University Press – Cod CNCS 281
Editura Universității „Dunărea de Jos" din Galați
Str. Domnească, nr. 47, 800008 – Galați, ROMANIA
Tel. 0336 13 01 39; Fax: 00 40 236 46 13 53
gup@ugal.ro

Referenți ştiințifici:
Prof. univ. dr. ing. Gabriel Radu FRUMUŞANU
Prof. univ. dr. ing. Virgil Gabriel TEODOR

Referent lingvistic:
Luiza ŞERBĂNESCU

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
SUSAC, FLORIN
Programarea în limbajul FANUC : tehnologii CNC de frezat şi găurit
/ Florin Susac, Valentin Tăbăcaru. - Galaţi : Galaţi University Press, 2024
Conţine bibliografie
ISBN 978-606-696-317-6

I. Tăbăcaru, Valentin

004
62

ISBN 978-606-696-317-6

Tipărit la Editura Universității „Dunărea de Jos" din Galați

Prefaţă

Lucrarea se adresează, în principal, studenţilor facultăţilor de inginerie şi are drept scop înţelegerea de către aceştia a modalităţii în care se realizează programarea tehnologiilor de frezat şi găurit pe maşini CNC, în limbajul FANUC, în cadrul unei întreprinderi de producţie industrială şi contribuie semnificativ la pregătirea lor profesională de specialitate.

Această lucrare poate constitui şi un punct de sprijin pentru inginerii care doresc să se iniţieze în programarea echipamentelor CNC de prelucrare prin aşchiere, fiind în concordanţă cu conţinutul disciplinelor de programare CNC studiate la specializările Sisteme de producţie digitale, Tehnologia construcţiilor de maşini, Proiectare şi fabricaţie digitală şi Inginerie economică industrială.

Parcurgând această lucrare, viitorii ingineri şi inginerii juniori vor deprinde suficiente noţiuni de programare a echipamentelor CNC de prelucrare prin aşchiere.

La final, autorii le mulţumesc referenţilor care, studiind lucrarea, au transmis observaţii şi propuneri de îmbunătăţire a conţinutului.

Autorii

CUPRINS

Programarea în limbajul FANUC

Capitolul 1

Structura programelor CNC **9**

1.1. Blocuri de program 9
1.2. Formatul programelor FANUC 12

Capitolul 2

Funcţii G pentru aşchiere **15**

2.1. G01 - Interpolarea liniară 15
2.2. G02/G03 - Interpolarea circulară 17
2.3. G10 - Programarea corecţiilor şi decalajelor 23
2.4. G12/G13 - Frezarea alezajelor şi buzunarelor circulare 29
2.5. G41/G42 - Prelucrarea cu compensare de rază 41

Capitolul 3

Programarea ciclurilor de găurire **51**

3.1. G81 - Ciclul fix de centruire / găurire 51
3.2. G82 - Ciclul fix de pregăurire / lărgire / adâncire 52

3.3. G83 - Ciclul fix de găurire progresivă 53
3.4. G84 - Ciclul fix de tarodare 55
3.5. G85 / G86 / G89 - Cicluri fixe de alezare 56
3.6. G70 - Prelucrarea găurilor în serie circulară 59
3.7. G71 - Prelucrarea găurilor în serie arc 60
3.8. G72 - Prelucrarea găurilor în serie liniară 61

Capitolul 4

Programarea prelucrării suprafeţelor profilate 77

4.1. G150 - Frezarea suprafeţelor profilate interioare 77
4.2. M97 - Subrutină locală. M98 - Subprogram extern 85

Capitolul 5

Studii de caz CNC - FANUC 95

5.1. Studiul de caz 1 95
5.2. Studiul de caz 2 114

Anexă 131

Bibliografie 135

CAPITOLUL 1 Structura programelor CNC

- **Blocuri de program**
- **Formatul programelor FANUC**

1.1. Blocuri de program

Un **program CNC** conceput şi editat în **limbajul / sistemul FANUC**, compatibil cu programele de prelucrare în cod G executabile pe Centrul de prelucrare CNC HAAS VF-1, are o structură tipică, formată din blocuri de program (BP), ordonate astfel:

Etichetă program principal: Oxxxxx (5 cifre)

BP1 – Pregătire: iniţializare funcţii

- activare decalaje de origine;
- corecţie de sculă;
- apelare sculă / magazin;
- turaţie;
- activare lichid de răcire;
- poziţionare / cotare absolută – incrementală

BP2 – Prelucrare: parametri de aşchiere

- traiectoria sculei;

- poziţii intermediare pentru sculă;
- interpolare;
- cicluri fixe tehnologice;
- subrutina locala / subprogram extern,

BP3 – Incheiere: încheiere cicluri fixe

- oprire lichid de răcire;
- retragere sculă în origine Ax principal (Z0) şi sistem maşină;
- oprire rotite Ax principal;
- retragere piesă în origine Masa de lucru (Y0) şi sistem maşină,

BP4 – Incheiere: anulare funcţii şi cicluri fixe

- sfârşit de program;
- repaos / stop maşină .

Structura unui program, descrisă prin linii de comandă, se prezintă astfel:

BP1 – Descriere / Pregătire

```
%
O____ (Nume program principal)
(Comentariu program – cuvinte cheie)
(Origine W – G54 … G59)
(Referinta Z0.0 - ……)
(Scula – Tip ……. – Dimensiuni …… – T__ / S__ / F__)
(Plan R__ / Adancime Z__ / ……)

G00 G53 Z0    - origine Z / sistem maşină
T__ M06       - încărcare sculă

G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
                          └ planul R
                       └ cotare absolută / incrementală
                    └ anulare ciclu fix anterior
                 └ anulare corecţie lungime sculă
              └ anulare corecţie rază sculă
           └ planul de lucru XY / XZ / YZ
```

G00 G90 G54 X0. Y0.
- Y0. — poziţionare în origine W
- G54 — decalaj de origine W

S__ M03/M04 - turaţie, sens rotire sculă CW / CCW

G43 H__ Z30.
- Z30. — poziţie de siguranţă
- H__ — registru corecţie de lungime (H__ = T__)
- G43 — activare corecţie sculă

M01 - oprire program facultativă (oprire avans, oprire turaţie)
M08 - activare lichid de răcire

BP2 – Prelucrare

G00 X__ Y__ Z__ - punct de start PS
…… - linii de comandă pentru aşchiere

M97 / M98 P__ - apelare subrutină locală / subprogram extern
…… - linii de comandă pentru aşchiere

BP3 – Încheiere

G00 G80 Z30. M09
- M09 — oprire lichid de răcire
- Z30. — retragere sculă în poziţia de siguranţă
- G80 — anulare ciclu fix tehnologic

G00 G90 G53 G49 Z0 M05
- M05 — oprire rotire sculă
- Z0 — revenire în origine Z / sistem maşină
- G49 — anulare setări scula T__
- G53 — anulare decalaj de origine W

G00 G53 Y0
- Y0 — retragere piesă în origine Y / sistem maşină

BP4 – Încheiere - Subrutine

M30 - sfârşit program principal

N__ (Subrutina locala P__) - început subrutină (N__ = P__)
……. - linii de comandă pentru aşchiere

M99 - sfârşit subrutină
%

1.2. Formatul programelor FANUC

%
Oxxxxx (Nume program principal)
(Cuvinte cheie - .....)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - .....)
(Scula - Tip ..... - Dimensiuni Dxx / lxx - Txx / Sxxxx / Fxxxx)
(Plan R10 / Adancime Zxxx.xxx / .....)
G00 G53 Z0
Txx M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
Sxxxx M03
G43 Hxx Z30. M01
M08
(Punct de start PS)
X__ Y__ Z__
(Adancime ae)
G01 Fxxx Z-xxx.xxx
(Prelucrare)
.....
(Subrutina / subprogram Pxxxxx)
M97 / M98 Pxxxxx
.....
(Retragere scula)
G00 G80 Z30. M09
(Origine Z)

```
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
(Subrutina locala Pxxxxx)
Nxxxxx
.....
M99
%
```

Observaţii:

1. Registrul de corecţii de sculă trebuie să fie identic cu numărul / poziţia sculei în magazin (de exemplu: scula T12 – corecţie de lungime H12, corecţie de rază D12);

2. Într-o linie de comandă este permisă o singură funcţie auxiliară M;

3. Pentru piese înalte sau cu gabarit mare pe axa Z se recomandă poziţionarea acestora pe axa X şi Y, înaintea schimbării sculei, pentru a evita o coliziune sculă – piesă.

Terminologie specifică

Program CNC

Program scris cu calculatorul într-un limbaj specific unui echipament de comandă numerică (CNC).

Bloc de program

Structură de bază a unui program de prelucrare.

Program principal

Structură de comandă ce conţine unul sau mai multe blocuri de program, cu ajutorul căreia se programează o operaţie tehnologică complexă.

Subrutină locală

Program individual intern, atașat de programul principal.

Subprogram extern

Program individual extern editat separat, executabil din programul principal.

CAPITOLUL 2 Funcţii G pentru aşchiere

- **G01 - Interpolarea liniară**
- **G02/G03 - Interpolarea circulară**
- **G10 - Programarea corecţiilor şi decalajelor**
- **G12/G13 - Frezarea alezajelor şi buzunarelor circulare**
- **G41/G42 - Prelucrarea cu compensare de rază**
- **Aplicaţii**

2.1. G01 – Interpolarea liniară

Format:

G01 X__ Y__ Z__ F__

Viteza de avans se programează în format F4.3, coordonatele punctului de interpolare se programează în format X±3.3, Y±3.3 şi Z±3.3; coordonatele sunt măsurate/calculate faţă de ultima origine setată/ programată în mod absolut (G90) sau incremental (G91).

Folosind traiectoria liniară, se pot teşi colţurile cu parametrul C3.3 sau se pot rotunji/racorda colţurile cu parametrul R3.3 (figura 2.1).

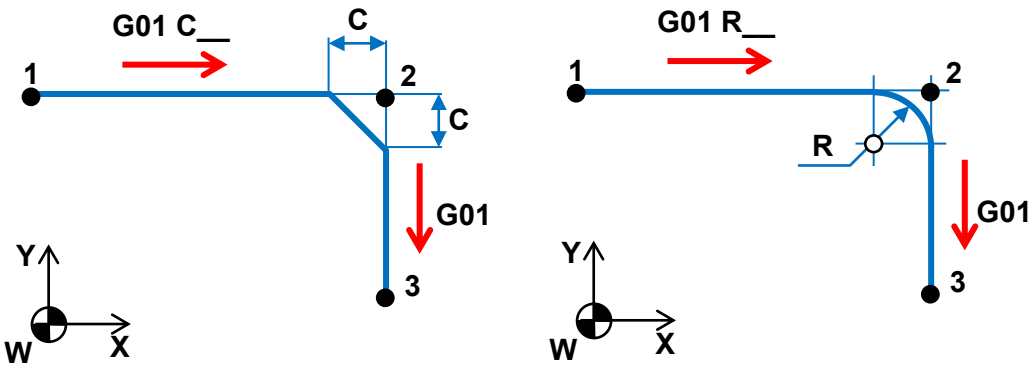


Fig. 2.1. Teşire şi racordare cu G01

În figură, sunt descrise traiectoriile liniare, pentru segmente teșite/racordate:

Teşire G01 C__ :

1 -> 2
G01 X__ Y__ F__ , C__
2 -> 3
G01 X__ Y__

Racordare G01 R__ :

1 -> 2
G01 X__ Y__ F__ , R__
2 -> 3
G01 X__ Y__

Observaţii:

1. Teşirea sau racordarea se realizează simetric faţă de colţul „fictiv” 2 (figura 2.1); teşirea este posibilă doar pentru o muchie exterioară.

2. Valoarea programată a vitezei de avans (F) rămâne valabilă până la schimbarea ei într-o linie de program ulterioară;

3. Funcţia G01 este „modală”, ea fiind anulată doar de funcţiile G00, G02, G03, G12 şi G13.

2.2. G02/G03 – Interpolarea circulară

Format:

G02/G03 X__ Y__ Z__ I__ J__ K__ F__
G02/G03 X__ Y__ Z__ R__ F__

Parametrii arcului de cerc sunt programaţi în formatul I±3.3, J±3.3, K±3.3, respectiv R±3.3.

Planul de interpolare:

G17 – X__ Y__ I__ J__
G18 – X__ Z__ I__ K__
G19 – Y__ Z__ J__ K__

Parametrii I, J şi K se determină prin proiecţia punctului de început 1, al arcului, faţă de centrul cercului (CA), pe axele planului de interpolare, cu semn ± (figura 2.2, 2.3, 2.4).

Definirea arcului:

- punctul de început 1;
- punctul de sfârşit 2;
- proiecţia distanţei 1 – CA sau raza arcului (R).

Interpolare arc de cerc:

… -> 1
G01 X__ Y__ F__
1 -> 2
G02 X__ Y__ I__ J__ F__
sau
G02 X__ Y__ R__ F__

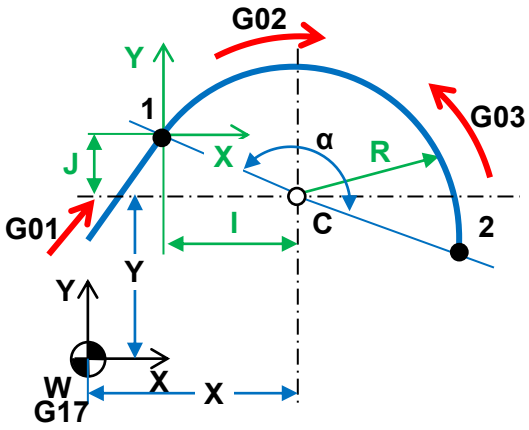


Fig. 2.2. Definire arc de cerc în planul X-Y

Exemplu: G02 X__ Y__ I+__ J-__

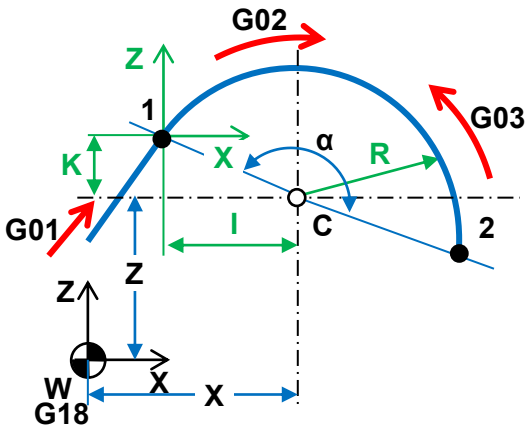


Fig. 2.3. Definire arc de cerc în planul X-Z

Exemplu: G02 X__ Z__ I+__ K-__

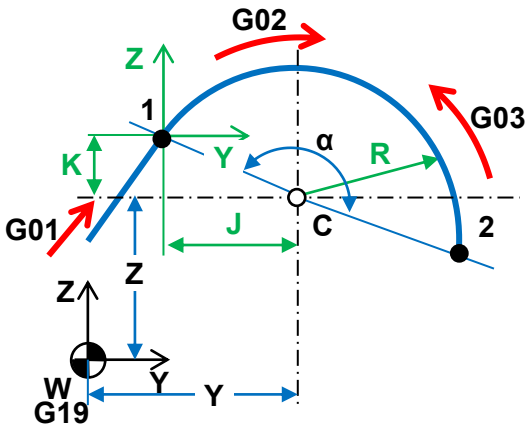


Fig. 2.4. Definire arc de cerc în planul Y-Z

Exemplu: G02 Y__ Z__ J+__ K-__

Observaţii:

1. Prin scrierea în linia de program doar a parametrilor de arc (fără coordonatele punctului final 2) se va genera traiectoria unui cerc complet (α = 360º) (figura 2.5);

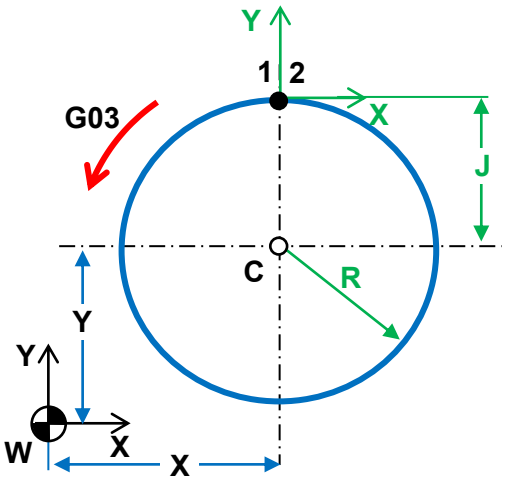


Fig. 2.5. Definire cerc

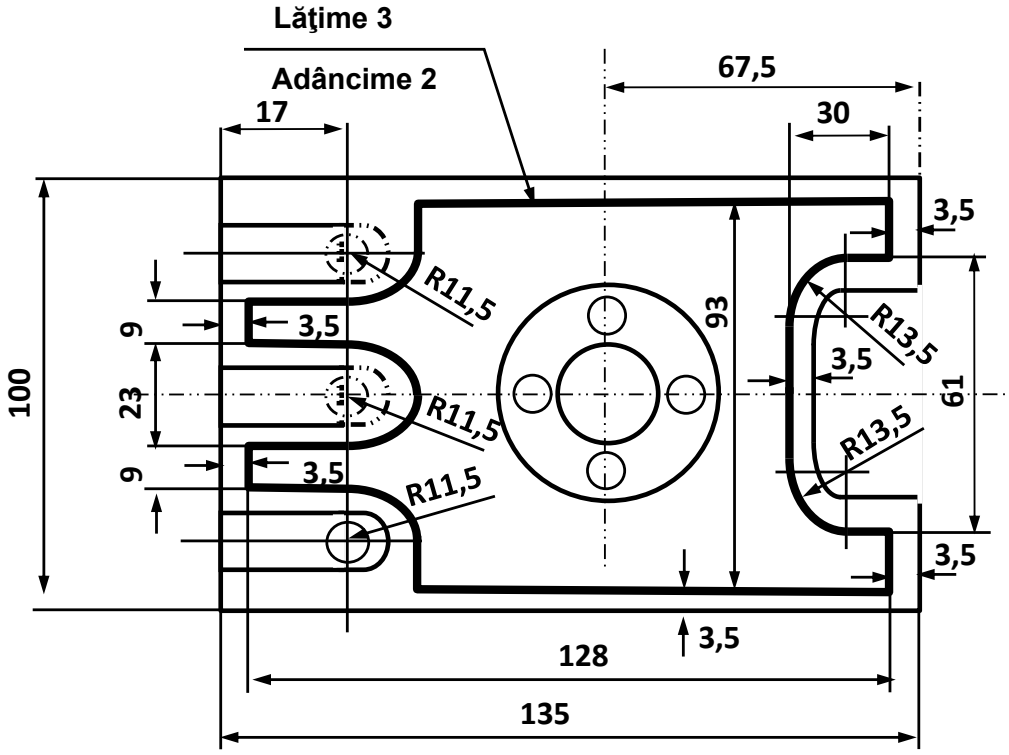
Interpolare cerc:

1 -> 2 (1) / 360º
G03 I0. J- __ F__ , unde J = R

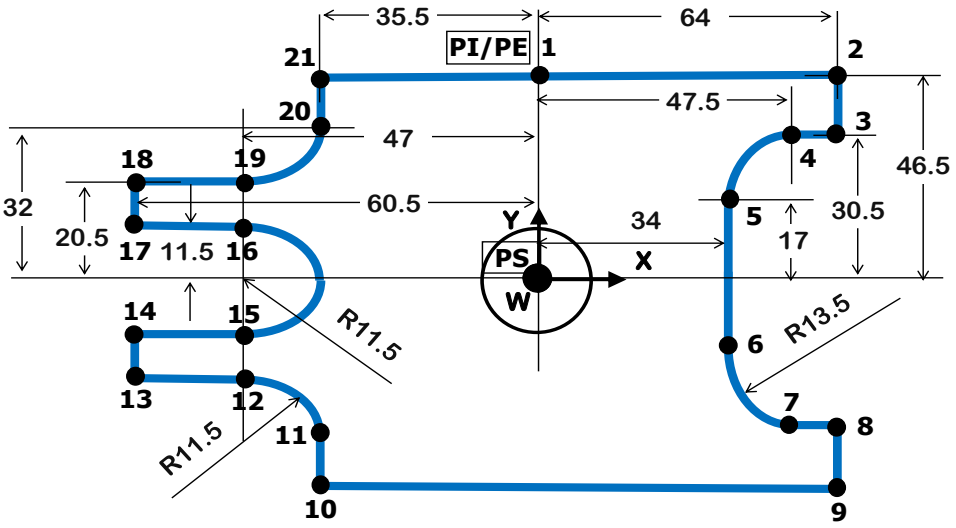
2. Raza arcului de cerc se programează cu semn, astfel:
   R+ __ - pentru arc de cerc cu unghiul la centru α ≤ 180º
   R- __ - pentru arc de cerc cu unghiul la centru 180º < α < 360º.

Aplicaţie

Se prezintă programarea unui canal profilat în planul G17 (X-Y) (figura 2.6).



a)



b)

Fig. 2.6. Aplicaţie – Canal profilat
a. Desen de execuţie;
b. Desen tehnologic CNC.

Faze: F1 - Frezare canal profilat 3x2 mm
Scule: T9 - Freză cilindro-frontală D3x12/z2 mm
Origine: W/G54 - Bore X/Y/Z

Coordonate:

	PS	PI	1	2	3	4	5	6	7
X	0.	0.	0.	64.	64.	47.5	34.	34.	47.5
Y	0.	46.5	46.5	46.5	30.5	30.5	17.	-17.	-30.5
Z	10.	2.	-2.						
	G0	G0	G01	G01	G01	G01	G03 R13.5	G01	G03 R13.5

	8	9	10	11	12	13	14	15
X	64.	64.	-35.5	-35.5	-47.	-60.5	-60.5	-47.
Y	-30.5	-46.5	-46.5	-32.	-20.5	-20.5	-11.5	-11.5
Z	-2.							
	G01	G01	G01	G01	G03 R11.5	G01	G01	G01

	16	17	18	19	20	21	PE
X	-47.	-60.5	-60.5	-47.	-35.5	-35.5	0.
Y	11.5	11.5	20.5	20.5	32.	46.5	46.5
Z	-2.						2.
	G03 R11.5	G01	G01	G01	G03 R11.5	G01	G01

Program: **O00001 –** INTERPOLARE PLANA

```
%
O00001 (INTERPOLARE PLANA)
(Cuvinte cheie - Frezare canal profilat)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Alezaj D26 / Fata superioara)
(Scula - Freza CF D3x12/z2 - T9 / S5300 / F370)
(Intrare - iesire liniara)
(R10 / Z-2)
G00 G53 Z0
T09 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S5300 M03
G43 H09 Z50. M01
M08
(Punct de start PS)
X0. Y0. Z10.
(Punct de intrare PI)
X0. Y46.5 Z2.
(Patrundere 1)
G01 X0. Y46.5 Z-2. F100.
(Frezare canal 1 - 21)
G01 X64. Y46.5 F370.
G01 X64. Y30.5
G01 X47.5 Y30.5
G03 X34. Y17. R13.5
G01 X34. Y-17.
G03 X47.5 Y-30.5 R13.5
G01 X64. Y-30.5
```

```
G01 X64. Y-46.5
G01 X-35.5 Y-46.5
G01 X-35.5 Y-32.
G03 X-47. Y-20.5 R11.5
G01 X-60.5 Y-20.5
G01 X-60.5 Y-11.5
G01 X-47. Y-11.5
G03 X-47. Y11.5 R11.5
G01 X-60.5 Y11.5
G01 X-60.5 Y20.5
G01 X-47. Y20.5
G03 X-35.5 Y32. R11.5
G01 X-35.5 Y46.5
G01 X0. Y46.5
(Punct de iesire PE)
G01 Z2.
(Punct de start PS)
G0 X0. Y0. Z10.
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

2.3. G10 - Programarea corecţiilor şi decalajelor

Această funcţie înlocuieşte introducerea manuală a corecţiilor de sculă, pentru parametrii „Lungime – L” şi „Diametru – D”, respectiv a decalajelor de coordonate care definesc o nouă origine a piesei, numită „Origine Auxiliară”.

Format:

G10 G90 / G91 L__ P__ R__ - pentru corecţia de lungime, respectiv diametru

G10 G90 / G91 L__ P__ X__ Y__ Z__ - pentru decalajul de coordonate

2.3.1. Programarea corecţiilor de sculă

Funcţia **G10** modifică valorile măsurate şi memorate în tabloul **„Offset Tool”** a parametrilor de lungime, respectiv de diametru, pentru o sculă programată într-un bloc de program.

Parametri programabili:

L10 – corecţia de lungime (pentru codul H);
L11 – corecţia de uzură pe lungime (pentru codul H);
L12 – corecţia de diametru (pentru codul D);
L13 – corecţia de uzură pe diametru (pentru codul D);
P1 ÷ P200 – registre de corecţie pentru codul H sau D (ataşate la L10 ÷ L13);
R – valoarea corecţiei pentru lungime sau diametru (în format 3.3 mm).

Exemple:

G01 G90 L10 P5 R2.251 - corecţia lungimii sculei cu 2,251 mm, în registrul P5
G01 G90 L12 P20 R0.55 - corecţia diametrului sculei cu 0,55 mm, în registrul P20

2.3.2. Programarea decalajelor de coordonate

Funcţia **G10** modifică valorile măsurate şi memorate în tabloul **„Offset Work”** a decalajelor de coordonate Maşină – Piesă, sau introduce în program origini auxiliare ale piesei (figura 2.7).

Origini şi decalaje în spaţiul de lucru al centrului CNC HAAS VF-1:

Origine Maşină – M – originea absolută, fixă a maşinii faţă de care se măsoară toate deplasările în spaţiul de lucru, în sensul „minus” pe axele X, Y şi Z. Această origine este setată şi poziţionată fizic prin funcţia **„POWER UP”**.

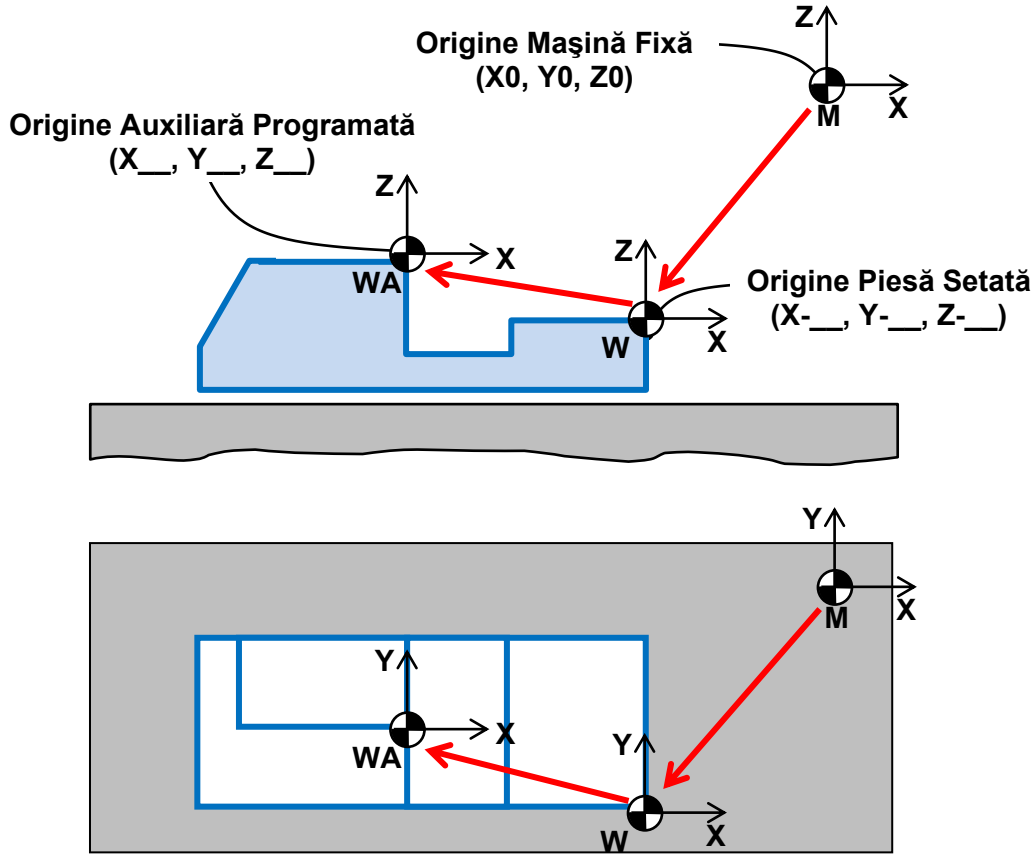


Fig. 2.7. Decalaje de coordonate ale centrului CNC HAAS VF-1

Origine Piesă – W – origine relativă a piesei (determinată prin măsurare) faţă de care se calculează toate deplasările sculei raportate la geometria piesei.

Această origine este setată în modulul **„Offset Work”** prin funcţiile G54 ÷ G59 şi G154 P1 ÷ P99, astfel:

G54 ÷ G59 – origini principale WP;
G154 P1 ÷ P99 – origini secundare WS.

Determinarea coordonatelor de origine W se realizează cu ajutorul sistemului Renishaw în modulul **„VPS – Probing - Work Offsets”**.

Origine Auxiliară – WA – origine programată a piesei sau a unei regiuni a piesei, numită suprafaţă de bază/referinţă, faţă de care se programează traiectoriile sculei într-un bloc de program.

Această origine are ca referinţă originea principală WP sau ultima origine secundară WS setată în program, şi determină un decalaj de coordonate pe axele X-Y-Z.

Parametri programabili:

L2 - decalajul de coordonate pentru Originea Principală – WP, G54 ÷ G59;
L20 - decalajul de coordonate pentru Originea Secundară – WS, G154;
P1 ÷ P6 - registre de decalaje de coordonate pentru Originea Principală (G54 ÷ G59);
P1 ÷ P99 - registre de decalaje de coordonate pentru Originea Secundară (G154);
X, Y, Z - coordonatele Originii Auxiliare – WA programate faţă de ultima origine principală sau secundară.

Observaţii:

1. Decalajul de coordonate programat pentru Originea Principală – WP utilizează câte un registru pentru fiecare funcţie – origine:
   P1 – G54;
   P2 – G55;
   P3 – G56;
   P4 – G57;
   P5 – G58;
   P6 – G59.

2. Decalajul de coordonate programat pentru Originea Secundară – WS poate utiliza 100 de registre, de la G154 P1 până la G154 P99.

Exemple:

```
G00 G90 G54 X0. Y0.              - origine principală G54
G00 G90 G154 P10 X0. Y0.         - origine secundară în registrul P10
G10 G91 L2 P3 X10. Y10. Z10. - decalaj de origine pe axele X-Y-Z faţă de
                                   originea G56, registrul P3
G00 G56 X0. Y0.                  - origine auxiliară (noua origine G56)
```

Aplicaţie

Se prezintă prelucrarea de finisare a două alezaje cu origine principală şi origine auxiliară (figura 2.8).

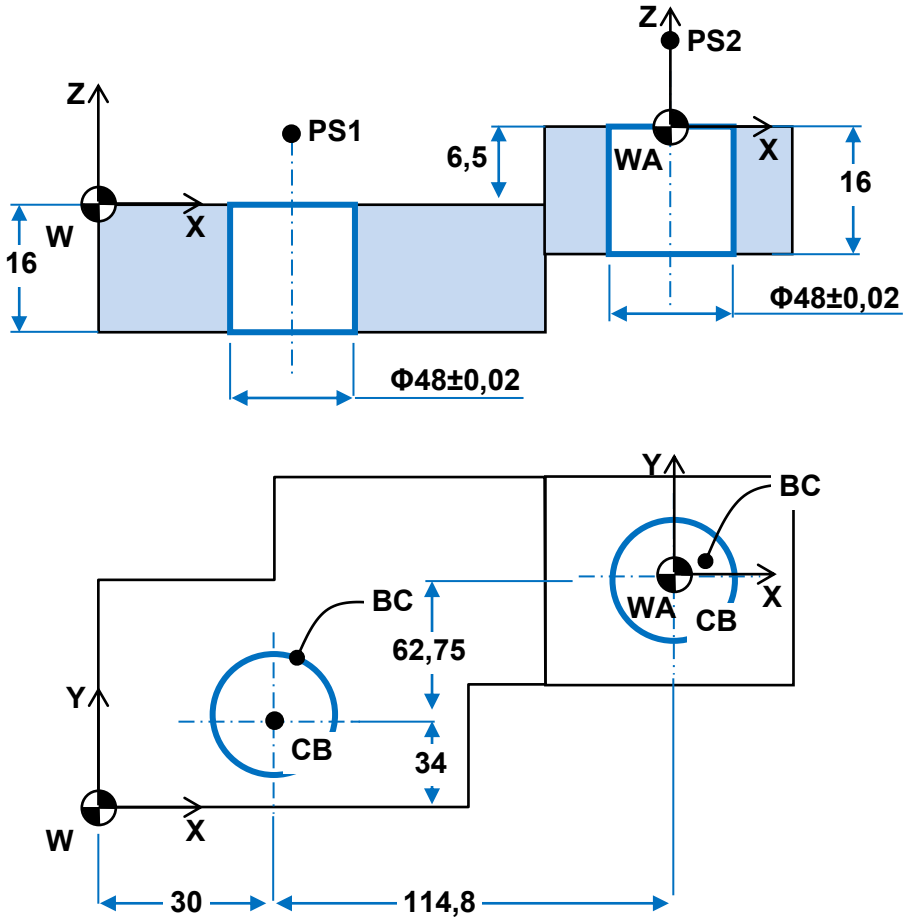


Fig. 2.8. Desen tehnologic CNC - Piesă

Faze: F1 - frezare buzunar circular BC1 Φ48±0,02x16 mm, finisare (Ra = 0,8 µm), origine principală W/G54
F2 - frezare buzunar circular BC1 Φ48±0,02x16 mm, origine auxiliară WA/G54 în registrul P1

Scule: T12 - Freză cilindro-frontală D12x35/z4 mm

Origini: Principală W, G54 – Vise Corner X/Y/Z
Auxiliară WA, P1 – decalaj de coordonate G54 în registrul P1
X = +144.8
Y = +96.75
Z = +6.5

Coordonate:

	W	PS1	CB1	WA	PS2	CB2
X	0.	30.	30.	144.8	0.	0.
Y	0.	34.	34.	96.75	0.	0.
Z	0.	8.		6.5	8.	
	G54			P1		

Program: **O00036 –** ORIGINE AUXILIARA

```
%
O00006 (ORIGINE AUXILIARA)
(Cuvinte cheie - G10 / Decalaj de coordonate programabil)
(Origine principala W - G54 / Colt 1)
(Origine auxiliara WA - P1 / Centru BC2)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula - D12 / l35 - T12 / S4200 / F630)
(R10 / hB16)
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
(Origine principala W - G54)
G00 G90 G54 X0. Y0.
M01
S4200 M03
G43 H12 Z10.
M08
(Punct de start PS1)
X30. Y34. Z8.
(Prelucrare BC1- Finisare)
G12 Z-16.5 I24.01 D12 F630.
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
```

```
(Origine auxiliara WA – G54 registrul P1)
G10 G91 L2 P1 X144.8 Y96.75 Z6.5
G00 G90 G54 X0. Y0.
(Punct de start PS2)
X0. Y0. Z8.
(Prelucrare BC2- Finisare)
G12 Z-16.5 I24.01 D12 F630.
(Retragere scula)
G00 G80 Z10. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

2.4. G12/G13 – Frezarea alezajelor şi buzunarelor circulare

Pentru aceste tipuri de suprafeţe, pot fi programate 4 metode de frezare:

Metoda I – Prelucrare într-o singură trecere la adâncimea finală Z şi la raza finală I; Fază de FINISARE (figura 2.9).

Metoda se aplică pentru un alezaj/buzunar existent, care trebuie finisat pe suprafaţa cilindrică.

Format:

G12/G13 G90 Z__ I__ D__ F__

Metoda II – Prelucrare în treceri multiple, contorizate cu parametrul L, cu adâncime de pătrundere incrementală Z pe o trecere şi la raza finală I; Fază de FINISARE (figura 2.7).

Metoda se aplică pentru un alezaj/buzunar existent, care trebuie finisat pe suprafaţa cilindrică şi are adâncime mare (hB > 0,8D).

Format:

G12/G13 G91 Z__ I__ D__ L__ F__

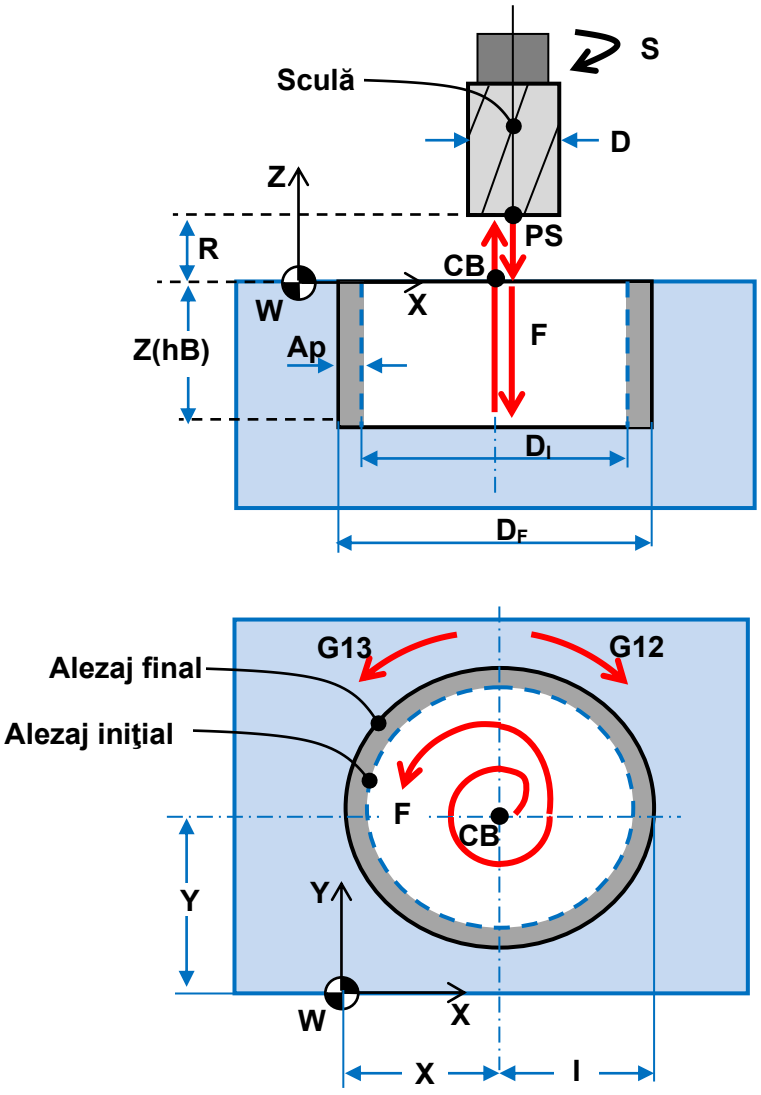


Fig. 2.9. Frezare alezaj / buzunar circular G12/G13 – Metodele I şi II

Parametri geometrici:

$\mathbf{A_p = 0,2 \div 2mm}$;

$\mathbf{D_I = 2(I - A_p)}$;

$\mathbf{D_F = 2I}$.

Metoda III – Prelucrare într-o trecere la adâncimea finală Z, cu lărgirea progresivă a cavităţii începând din CB până la raza finală K; Fază de DEGROŞARE + FINISARE.

Metoda se aplică pentru un alezaj/buzunar existent cu adaos de prelucrare (Ap) mare (figura 2.10), sau pentru prelucrarea din material plin cu gaură de start (GS) pe o adâncime mică (hB < 0,6D) (figura 2.11).

Format:

G12/G13 G90 Z__ I__ K__ Q__ D__ L__ F__

Parametri geometrici:

$\mathbf{A_p = (0,05 \div 0,25) D_F}$;

$\mathbf{D_I = 2(K \div A_p)}$;

$\mathbf{D_F = 2K}$;

$\mathbf{0,5D < I < K}$.

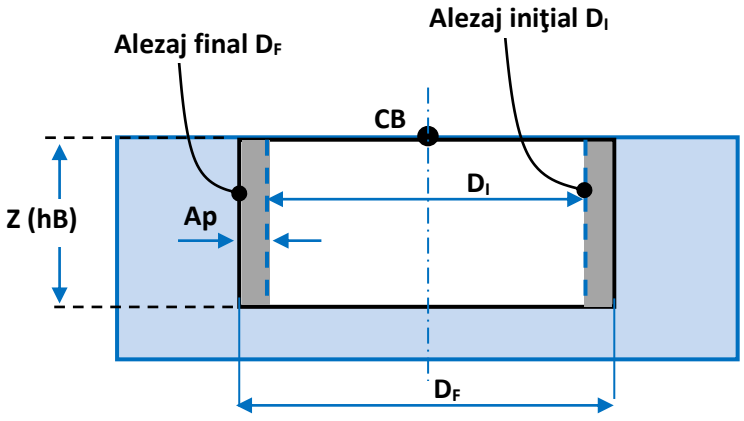


Fig. 2.10. Frezare alezaj/buzunar circular G12/G13 – Metoda III
Prelucrare din alezaj iniţial

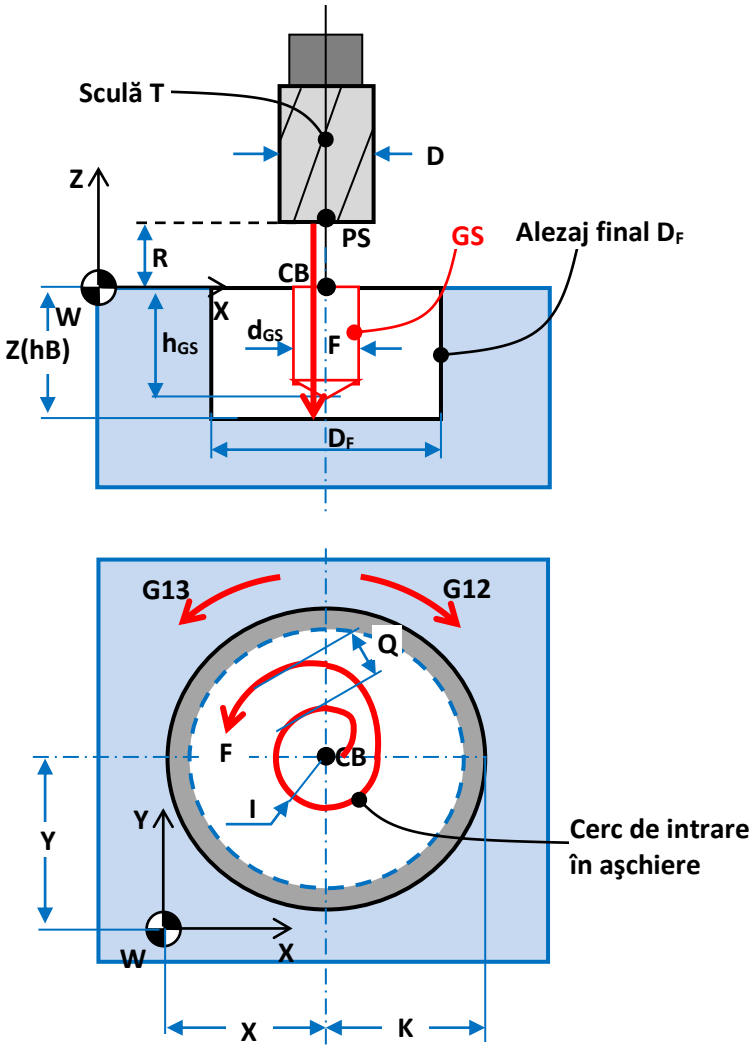


Fig. 2.11. Frezare alezaj/buzunar circular G12/G13 – Metoda III
Prelucrare din gaură de start

Metoda IV – Prelucrare în treceri multiple, contorizate cu parametrul L, cu adâncime de pătrundere incrementală Z pe o trecere, cu lărgirea progresivă a cavităţii până la raza finală K; Fază de DEGROŞARE + FINISARE (figura 2.12).

Metoda se aplică pentru prelucrarea din material plin cu gaură de start (GS) burghiată sau cu gaură iniţială (GI) frezată.

Format:

G12/G13 G91 Z__ I__ K__ Q__ D__ L__ F__

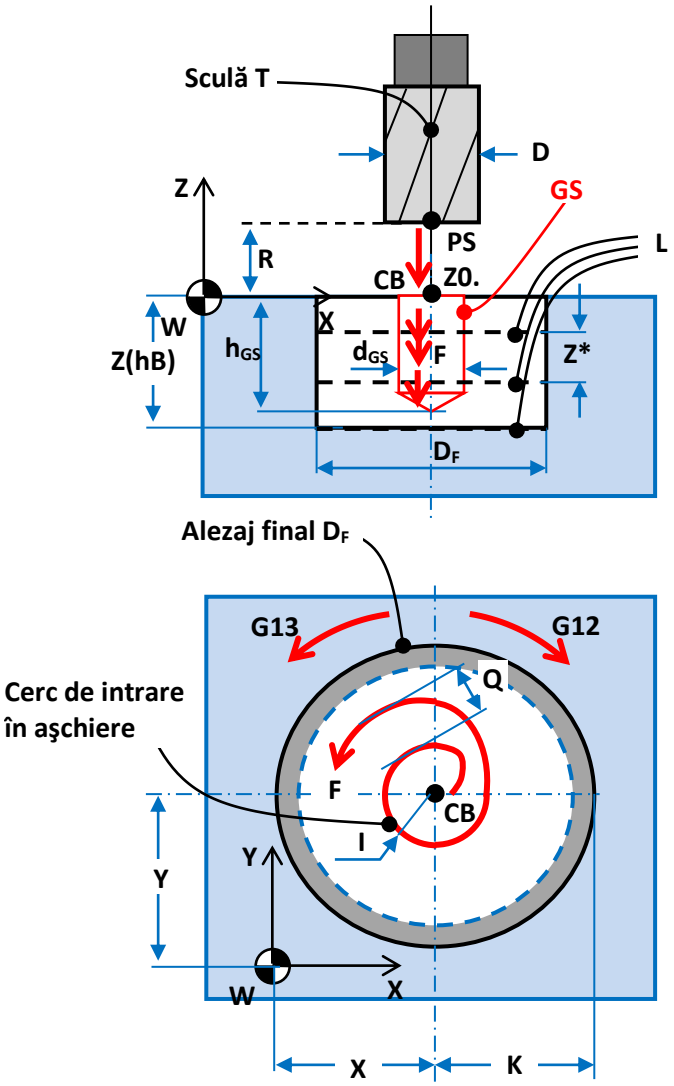


Fig. 2.12. Frezare alezaj/buzunar circular G12/G13 – Metoda IV

Parametri programabili CNC:

G12 – frezare în sens orar (similar G02);
G13 – frezare în sens antiorar (similar G03);
Z – adâncimea finală a cavităţii (hB), cu semn Z-__ , împreună cu G90;

- adâncime de pătrundere în aşchiere pentru o trecere a frezei (increment Z*), cu semn Z-__ , împreună cu G91 şi contorul L;

I – raza cercului de intrare în aşchiere / în cavitate sau raza primului cerc de interpolare, folosită pentru prelucrarea cu lărgire progresivă (degroşare + finisare), împreună cu parametri K şi Q;

- raza finală a alezajului, folosită pentru prelucrarea de finisare a unui alezaj existent (iniţial);

K – raza finală a alezajului, folosită pentru prelucrarea de degroşare + finisare din material plin;

D – registrul de corecţie pentru compensarea razei, parametrul D este echivalent cu diametrul sculei din registrul „Offset Tool”, D__ = T__;

L – contor de număr de treceri sau bucle de ciclu repetate în axa alezajului şi în profunzimea materialului, pe adâncimea buzunarului (hB);

Q – pasul de avans de degroşare pe direcţia razei alezajului.

Observaţii:

1. Condiţii geometrice şi tehnologice pentru parametrul I:

$\mathbf{I > 0,5D}$, se recomandă $\mathbf{I = (0,6 \div 1,2)D}$;
$\mathbf{I < K}$, se recomandă $\mathbf{I \leq 0,8K}$;

2. Pasul de avans (Q) determină lărgirea cavităţii după o traiectorie în spirală plană și se recomandă

$\mathbf{Q = (0,1 \div 0,3)D}$;

3. Adâncimea de pătrundere pe o trecere a sculei, în faza de degroşare, trebuie corelată cu numărul de treceri pe adâncimea alezajului, contorizat cu L (figura 2.12)

$\mathbf{Z = \frac{hB}{L} \leq 0,33D}$;

4. Freza pătrunde în axa alezajului CB şi în profunzimea sa cu viteza de avans F. La aplicarea Metodei III şi Metodei IV se recomandă o fază de pregăurire cu gaură de start (GS), pentru uşurarea pătrunderii axiale a frezei (figura 2.12), cu următorii parametri:

- Adâncimea găurii de start:

$\mathbf{h_{GS} = (0,9 \div 0,95)hB}$;

- Diametrul găurii de start:

$\mathbf{d_{GS} = (0,8 \div 1)D}$.

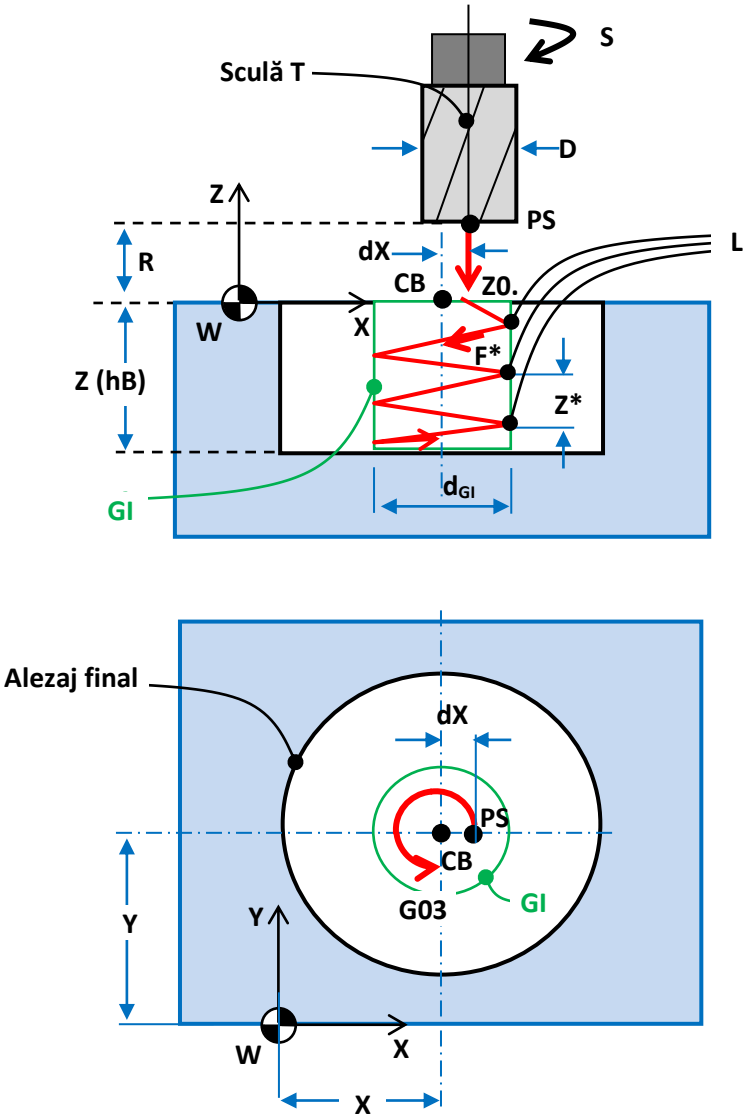


Fig. 2.13. Frezare alezaj/buzunar circular G12/G13
Prelucrare gaură iniţială (GI)

1. La prelucrarea în material plin cu gaură inițială (GI), în faza de degroşare+finisare, se recomandă adăugarea unui bloc de program, care să realizeze pătrunderea sculei în gaura inițială după o traiectorie elicoidală, până la adâncimea finală a alezajului (hB) (figura 2.13), astfel:

```
...
G00 X__ Y__ Z__          - punct de start PS
G01 Z0. F*__             - poziţionare pe suprafaţa de referinţă Z=0.
G03 G91 Z*-__ I-__ L__ F*__ - pătrundere în gaura inițială GI, cu
                              incrementul Z*
G03 G90 Z-__ I-__ F__    - prelucrare (calibrare) GI la cota finală Z
G01 X__ Y__ Z0. F__      - retragere sculă în CB şi pe suprafaţa de
                              referinţă (de origine Z=0.)
G12 / G13 G91 ……..       - prelucrare alezaj/buzunar în fază de
                              degroşare + finisare
…
```

Parametri geometrici:

$\mathbf{d_{GI} = (1,2 \div 5)D}$;
$\mathbf{dX = 0,5(d_{GI} - D)}$;
$\mathbf{I = -dX}$.
$\mathbf{F^* = (0,3 \div 0,5)F}$;
$\mathbf{Z^* = \frac{hB}{L} \leq 0,33D}$.

Aplicaţii

Se prezintă patru exemple de prelucrare a alezajelor şi buzunarelor circulare cu funcţiile G12 şi G13.

În toate aplicaţiile, este utilizată o freză cilindro-frontală CF D12x35/z4 mm, stocată în postul T12.

A1 – Metoda I - Finisare buzunar existent într-o singură trecere

Dimensiuni inițiale: D_I = Φ46 mm
Ap = 1 mm

Dimensiuni finale: D_F = Φ48±0,02 mm
hB = 9 mm
Parametri programabili: Z = -hB = -9.
I = 0,5 D_F = 24.01
Program: **O00007 –** BUZUNAR CIRCULAR 1

```
%
O00007 (BUZUNAR CIRCULAR 1)
(Cuvinte cheie - G12 / Metoda I)
(Origine W - G54 / Colt 1)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula – Freza CF D12x35/z4 - T12 / S4200 / F630)
(Plan R10 / Adancime hB9)
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S4200 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
(Punct de start PS)
X30. Y34. Z8.
(Prelucrare - Finisare)
G12 Z-9. I24.01 D12 F630.
(Retragere scula)
G00 G80 Z10. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

A2 – Metoda II - Finisare alezaj existent în treceri multiple

Dimensiuni iniţiale: D_I = Φ35,5 mm
Ap = 2 mm
Dimensiuni finale: D_F = Φ40,5 mm
hB = 36 mm

Parametri programabili: Z = -9.
I = 0,5 D_F = 20.25
L = 4

Program: **O00008 –** ALEZAJ 2

```
%
O00010 (ALEZAJ 2)
(Cuvinte cheie - G12 / Metoda II)
(Origine W - G54 / Centru cavitate)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula – Freza CF D12x35/z4 - T12 / S4200 / F630)
(Plan R10 / Adancime hB36)
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S4200 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
(Punct de start PS)
X116. Y0. Z8.
G01 Z0. F300.
(Prelucrare - Finisare)
G12 G91 Z-9. I20.25 D12 L4 F630.
(Retragere scula)
G00 G80 Z10. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

A3 – Metoda III - Degroşare + Finisare alezaj existent cu lărgire progresivă

Dimensiuni iniţiale: D_I = Φ48 mm
Ap = 0,21 D_F = 6,4 mm

Dimensiuni finale: D_F = Φ60,8 mm
hB = 21 mm

Parametri programabili: Z = -hB = -21.
I = 1,2 D = 14.4
K = 0,5 D_F = 30.4
Q = 0,3 D = 3.6

Program: **O00009 –** ALEZAJ 3

```
%
O00009 (ALEZAJ 3)
(Cuvinte cheie - G13 / Metoda III)
(Origine W - G54 / Colt 3)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula – Freza CF D12x35/z4 - T12 / S3500 / F1000)
(Plan R10 / Adancime hB21)
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3500 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
(Punct de start PS)
X-63. Y-28. Z8.
(Prelucrare - Degrosare + Finisare)
G13 Z-21. I14.4 K30.4 Q3.6 D12 F1000.
(Retragere scula)
G00 G80 Z10. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

A4 – Metoda IV - Degroşare + Finisare buzunar în material plin cu pregăurire + gaură iniţială şi lărgire progresivă

Dimensiuni finale: D_F = Φ56 mm
hB = 32 mm

Pregăurire GS:	d_{GS} = 0,8 D = 9,6 mm, se adoptă d_{GS} = 10 mm
	h_{GS} = 0,9 hB = 28,8 mm
Lărgire GI:	d_{GI} = 1,5 D = 18 mm
	dX = 0,5 (d_{GI} – D) = 3 mm
	I = -dX = -3.
	L = 10
	Z = hB / L = -3.2
Coordonate principale:	Centru buzunar CB – X40. Y40. Z0.
	Punct de start PS – X43. Y40. Z10.
	în care X = X_{CB} + dX
Parametri programabili:	Z = hB / L = -5.333
	I = 1,2 D = 14.4
	K = 0,5 D_F = 28.
	Q = 0,3 D = 3.6
Program:	**O00010 –** BUZUNAR CIRCULAR 4

```
%
O00010 (BUZUNAR CIRCULAR 4)
(Cuvinte cheie - G13 / Metoda IV)
(Origine W - G54 / Colt 1)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula – Freza CF D12x35/z4 - T12 / S3000 / F1000)
(Plan R10 / Adancime hB32)
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
(Punct de start PS)
X43. Y40. Z10.
G01 X43. F500.
G01 Z0. F500.
(Prelucrare gaura initiala GI)
G03 G91 Z-3.2 I-3. L10 F500.
G03 G90 I-3. Z-32. F1000.
G01 X40. Y40. Z0. F1000.
(Prelucrare - Degrosare + Finisare)
```

```
G13 G91 Z-5.333 I14.4 K28. Q3.6 D12 L6 F1000.
(Retragere scula)
G00 G80 Z10. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

2.5. G41/G42 – Prelucrare cu compensare de rază

Cu ajutorul acestor funcţii, sistemul de comandă calculează în timp real traiectoria axei frezei după o echidistantă la traiectoria programată, realizată doar în planul G17 (X-Y).

Ambele funcţii pot fi utilizate pentru prelucrarea unui contur profilat exterior sau interior, cu următoarele particularităţi:

Contur profilat exterior – compensare pozitivă (figura 2.14,a)

- G41 compensare STÂNGA: 1 > 2 > 3 > 4 > 5 > 6
- G42 compensare DREAPTA: 6 > 5 > 4 > 3 > 2 > 1

Contur profilat interior – compensare negativă (figura 2.14,b)

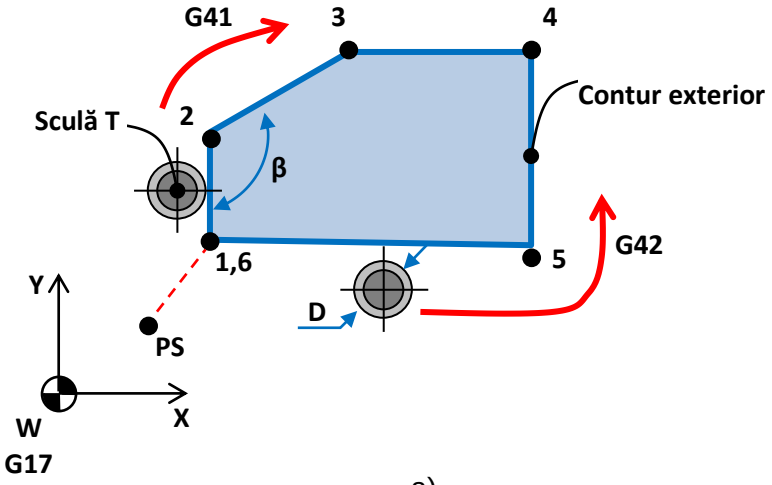
- G41 compensare STÂNGA: 9 > 8 > 7 > ... > 2 > 1
- G42 compensare DREAPTA: 1 > 2 > ... 7 > 8 > 9

Observaţii:

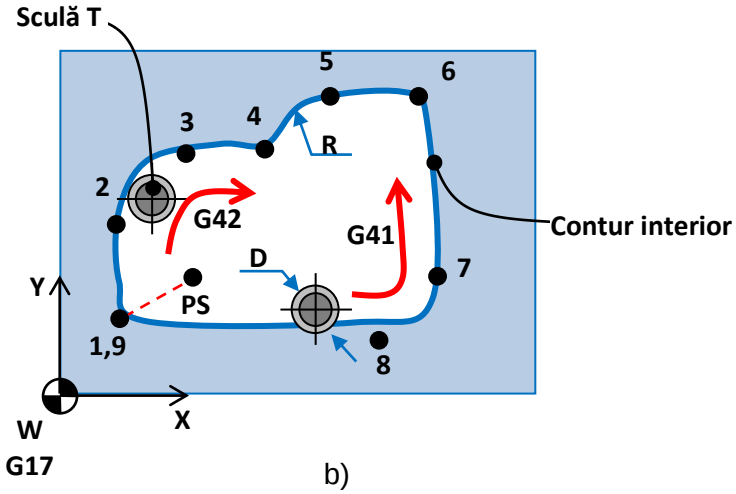
1. Compensarea pe contur exterior se realizează pentru colţuri ascuţite cu unghiul de deschidere $\beta \leq 270^{o}$;

2. Compensarea pe contur interior se realizează pentru racordări cu raza minimă R > 0,5 D;

3. La sfârşitul blocului de program se anulează compensarea razei cu funcţia G40;



a)



b)

Fig. 2.14. Traiectorii de prelucrare contur cu compensare de rază G41/G42
a. Compensare pozitivă;
b. Compensare negativă.

4. Reguli de programare a compensării de rază:

- G41/G42 se programează într-o mişcare de intrare liniară pe contur doar în planul G17 (X-Y). Cursa sculei pe acest segment de intrare să fie mai mare decât raza frezei.

G01 G41/G42 X__ Y__ D__ F__

- G41/G42 nu se programează la intrare pe contur cu G02 sau G03;
- G40 se programează la ieşirea sculei de pe contur într-o mişcare liniară inversă

G01 G40 X__ Y__ F__

- punctul de start (PS) este poziţionat pe direcţia primului punct de intrare pe contur (1) la o distanţă egală cu diametrul frezei;
- în linia de comandă a compensării de rază se apelează registrul de corecţie a sculei programate D__ = T__;
- viteza de avans (F) la intrarea şi la ieşirea pe/de pe contur se recomandă 50% din viteza de avans de prelucrare.

Regulile prezentate sunt puse în evidenţă în exemplul din figura 2.15.

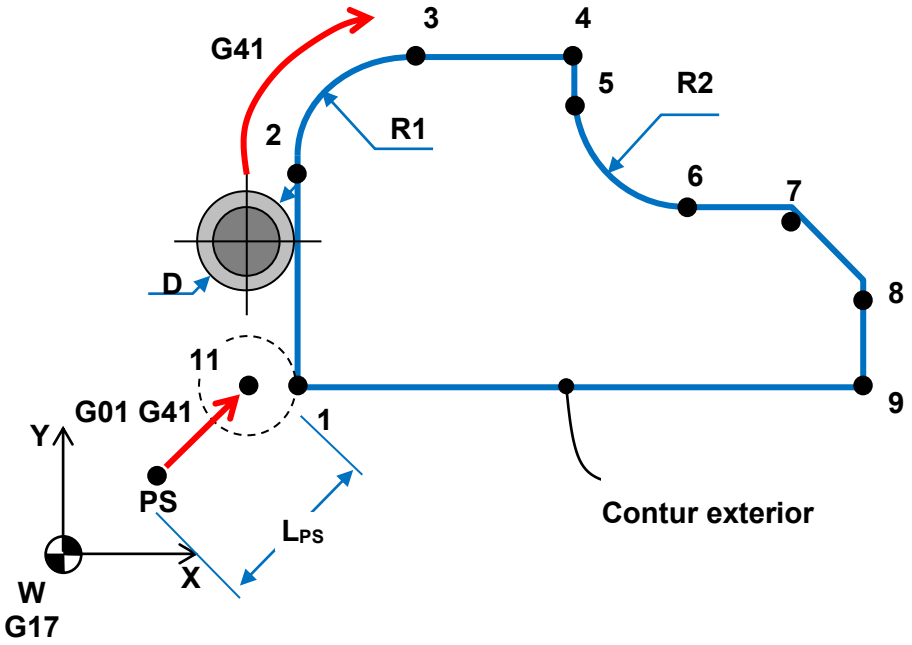


Fig. 2.15. Exemplu de frezare contur exterior cu compensare pozitivă G41

Parametri geometrici: L_{PS} = [PS – 1] = D
[1 – 11] ≥ (0,5D ÷ D)

Program: FREZARE CONTUR CU COMPENSARE POZITIVA

```
%
O00300 (FREZARE CONTUR CU COMPENSARE POZITIVA)
……….
T__ M06                          - freză cu diametrul D
G00 G17 G40 G49 G80 G90
G00 G90 G54 X__ Y__              - poziţionare în PS (X,Y)
S__ M03
G43 H__ Z10. M01                 - poziţionare în PS (Z)
G01 Z-__ F__                     - adâncime de aşchiere Z / F50%
G01 G41 X__ Y__ D__ F__          - compensare STÂNGA în punctul 1
G01 X__ Y__                      - liniar în punctul 2
G02 X__ Y__ R__                  - circular în punctul 3
……….
G01 X__ Y__                      - liniar în punctul 11, ieşire din
                                   aşchiere şi de pe contur
G01 G40 X__ Y__ F__              - anulare compensare, revenire în PS
G00 G80 Z10. M09
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
G00 G53 Y0
M30
%
```

Aplicaţii

Se prezintă două exemple de prelucrare a suprafeţelor de tip „Contur profilat” cu funcţiile G41 şi G42.

A1 – Contur exterior închis (figura 2.16)

Condiţii specifice:

- poziţionare cu compensare de rază STÂNGA G41
  [PS – 0] = 12,2 mm, pentru freză CF D12 mm
- intrare în aşchiere pe contur G01
  [0 – 1] = 13 mm, pentru freză CF D12 mm

- ieşire din aşchiere de pe contur G01
  [1 – 9] = 20 mm, pentru degajare freză din semifabricat
- retragere cu anularea compensării G40
  [9 – PS] = 17,2 mm

Coordonate:

	PS	0	1	2	3	4	5	6	7
X	-15.	8.	8.	8.	18.	48.	48.	58.	78.
Y	-20.	-10.	3.	43.	53.	53.	33.	23.	23.
Z	10.	-2.							
					I10.			R10.	C10.
					J0.				

	8	9
X	78.	-12.
Y	3.	3.
Z	-2.	

Program: **O00005 –** COMPENSARE RAZA 1

```
%
O00005 (COMPENSARE RAZA 1)
(Interpolare cu compensare de raza - contur inchis)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - fata superioara)
(Scula - Freza CF - D12x45/z4 - T12 / S3600 / F1120)
(Plan R10 / Adancime Z-2)
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90
G00 G90 G54 X-15. Y-20.
S3600 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
G01 F600. Z-2.
G41 G01 F1120. X8. Y-10. D12
G01 Y43.
```

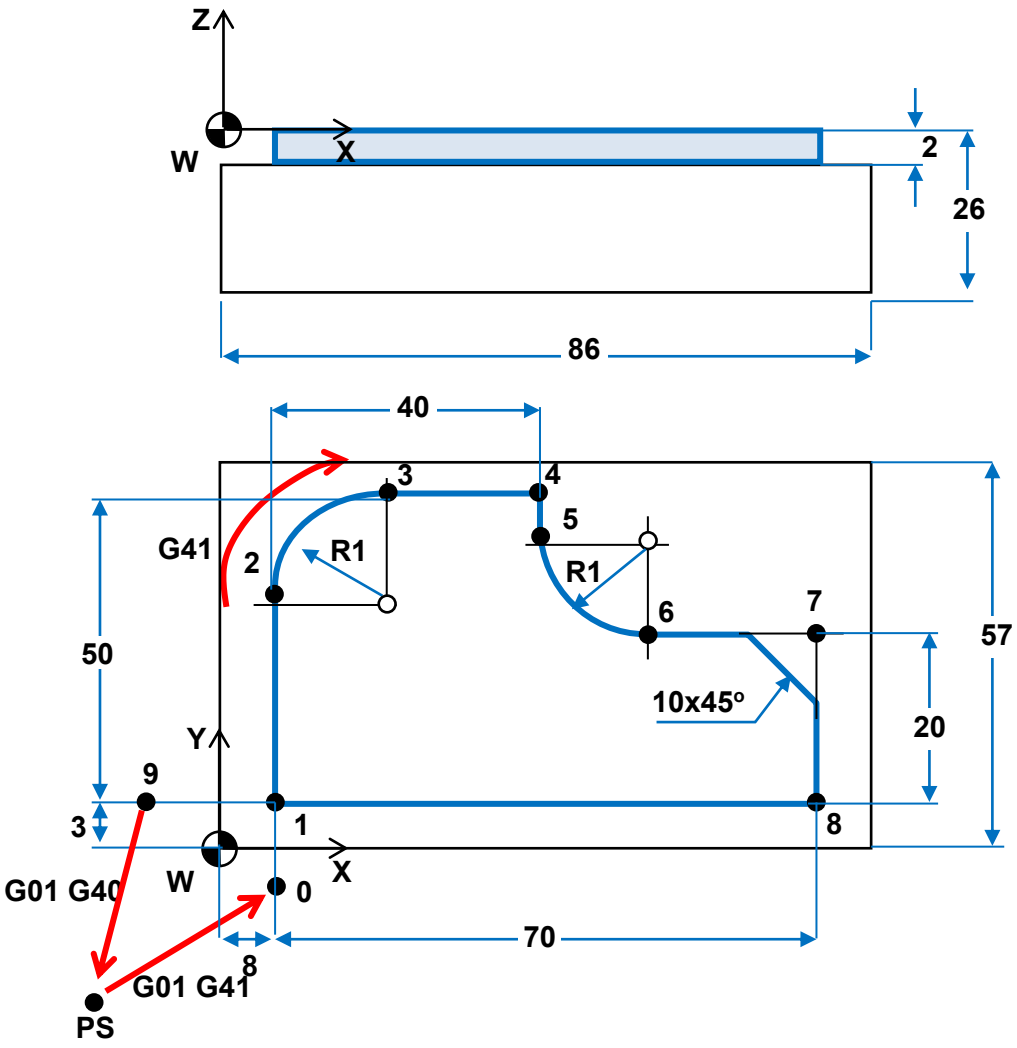


Fig. 2.16. Aplicaţie A1 – Contur exterior închis

(Continuare Program O00005)

G02 X18. Y53. I10. J0.
G01 X48.
Y33.
G03 X58. Y23. R10.
G01 X78., C10.

Y3.
X8.
X-12.
G40 G01 F600. X-15. Y-20.
G00 G80 Z10. M09
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
G00 G53 Y0
M30
%

A2 – Contur exterior deschis (figura 2.17)

Coordonate:

	PS	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
X	68.	48.	48.	70.	86.	86.	86.	100.
Y	77.	67.	57.	35.	19.	0.	-10.	-20.
Z	10.	-8.3						
				I22.	R16.			
				J0.				

Condiţii specifice:

- poziţionare cu compensare de rază STÂNGA G41
  [PS – 0] = 22,3 mm, pentru freză CF D20 mm
- intrare în aşchiere pe contur G01
  [0 – 1] = 10 mm, pentru freză CF D20 mm
- ieşire din aşchiere de pe contur G01
  [4 – 5] = 10 mm, pentru degajare freză din semifabricat
- retragere cu anularea compensării G40
  [5 – 6] = 17,2 mm

Program: **O00006 –** COMPENSARE RAZA 2

%
O00006 (COMPENSARE RAZA 2)
(Interpolare cu compensare de raza - contur deschis)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - fata superioara)

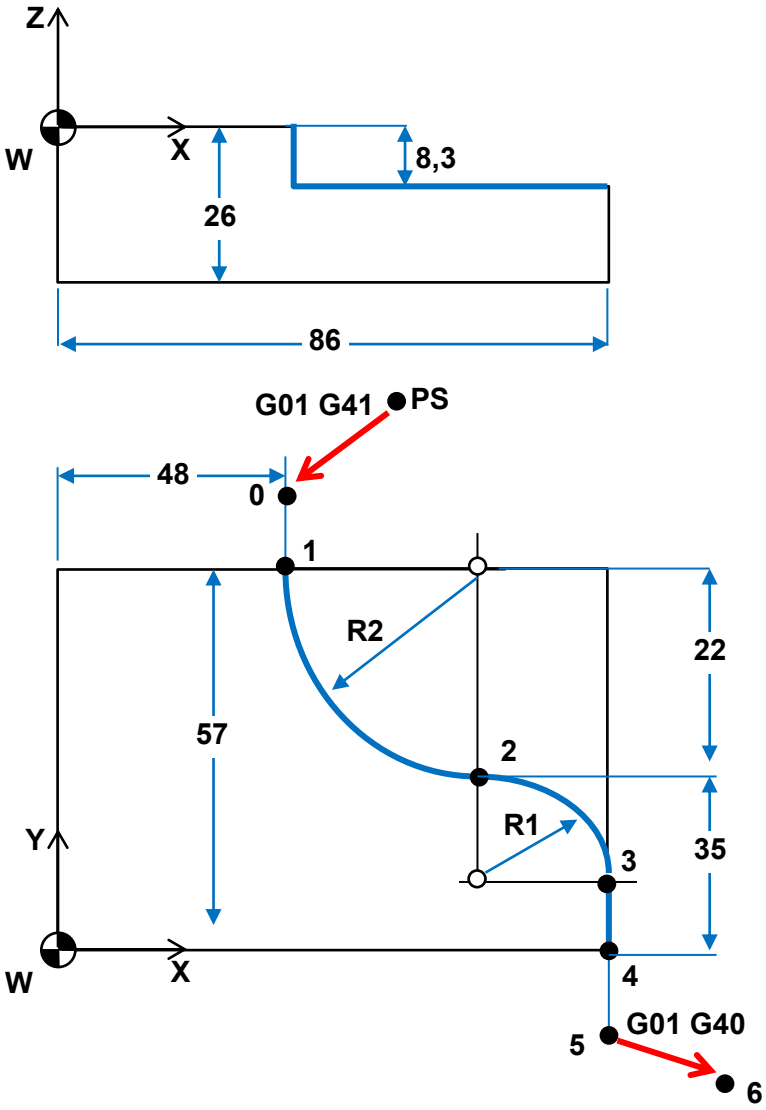


Fig. 2.17. Aplicaţie A2 – Contur exterior deschis

(Continuare Program O00006)

(Freza CF - D20x60/z4 - T15 / S3000 / F1000)
(Plan R10 / Adancime Z-8.3)
T15 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90
G00 G90 G54 X68. Y77.
S3000 M03

```
G43 H15 Z10. M01
M08
G01 F500. Z-8.3.
G41 G01 F1000. X48. Y67. D15
G01 Y57.
G03 X70. Y35. I22. J0.
G02 X86. Y19. R16.
G01 Y-15.
G40 G01 F500. X100. Y-20.
G00 G80 Z10. M09
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
G00 G53 Y0
M30
%
```

Terminologie specifică

Interpolare liniară

Traiectorie programată și executată după mai multe axe simultan, în care scula parcurge un segment de dreaptă.

Interpolare circulară

Traiectorie programată și executată după mai multe axe simultan, în care scula parcurge un arc de cerc.

Plan de interpolare

Planul de lucru în care funcţiile de interpolare sunt active.

Corecţie de sculă

Registru de dimensiuni unde se definesc parametri geometrici ai sculei (lungime și diametru).

Decalaj de coordonate

Registru de dimensiuni unde se definește transferul de coordonate între două sisteme de referinţă.

Compensare de rază

Deplasarea sculei după o traiectorie reală echidistantă faţă de traiectoria programată.

Buzunar circular

Cavitate înfundată cu muchie circulară.

CAPITOLUL 3 Programarea ciclurilor de găurire

- **G81 - Ciclul fix de centruire / găurire**
- **G82 - Ciclul fix de pregăurire / lărgire / adâncire**
- **G83 - Ciclul fix de găurire progresivă**
- **G84 - Ciclul fix de tarodare**
- **G85/G86/G89 - Cicluri fixe de alezare**
- **G70 - Prelucrarea găurilor în serie circulară**
- **G71 - Prelucrarea găurilor în serie arc**
- **G72 - Prelucrarea găurilor în serie liniară**
- **Aplicaţii**

3.1. G81 – Ciclul fix de centruire/găurire

Funcţia **G81** generează un ciclu fix de prelucrare a găurilor individuale, care au aceeaşi parametri geometrici şi programabili, pentru faze tehnologice de centruire sau găurire (burghiere) (figura 3.1).

Format:

G00 X__ Y__ - centru gaura 1
G81 G90/G91 Z-__ R__ F__

X__ Y__ - centru gaura 2
…
X__ Y__ - centru gaura N

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele centrului fiecărei găuri (CG);
Z – cota finală a găurii, absolută faţă de suprafaţa de referinţă W, programată cu funcţia G90, sau incrementală faţă de ultima poziţie, programată cu funcţia G91;
R – planul de retragere a sculei la sfârşitul ciclului;
F – viteza de avans în lungul axei găurii.

3.2. G82 – Ciclul fix de pregăurire/lărgire/adâncire

Funcţia **G82** generează un ciclu fix de prelucrare a găurilor individuale, care au aceeaşi parametri geometrici şi programabili, pentru faze tehnologice de pregăurire (centruire), lărgire sau adâncire (figura 3.1).

Format:

G00 X__ Y__ - centru gaura 1
G82 G90/G91 Z-__ R__ P__ F__
X__ Y__ - centru gaura 2
…
X__ Y__ - centru gaura N

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele centrului fiecărei găuri (CG);
Z – cota finală a găurii, absolută faţă de suprafaţa de referinţă W, programată cu funcţia G90, sau incrementală faţă de ultima poziţie, programată cu funcţia G91;
R – planul de retragere a sculei la sfârşitul ciclului;
F – viteza de avans în lungul axei găurii;
P – temporizare la cota Z (fundul găurii), utilizată pentru faze de lărgire sau adâncire (în minute).

Observaţie:

1. Ciclurile G81 şi G82 se utilizează pentru prelucrarea găurilor la care hG ≤ (3 ÷ 4) dG;

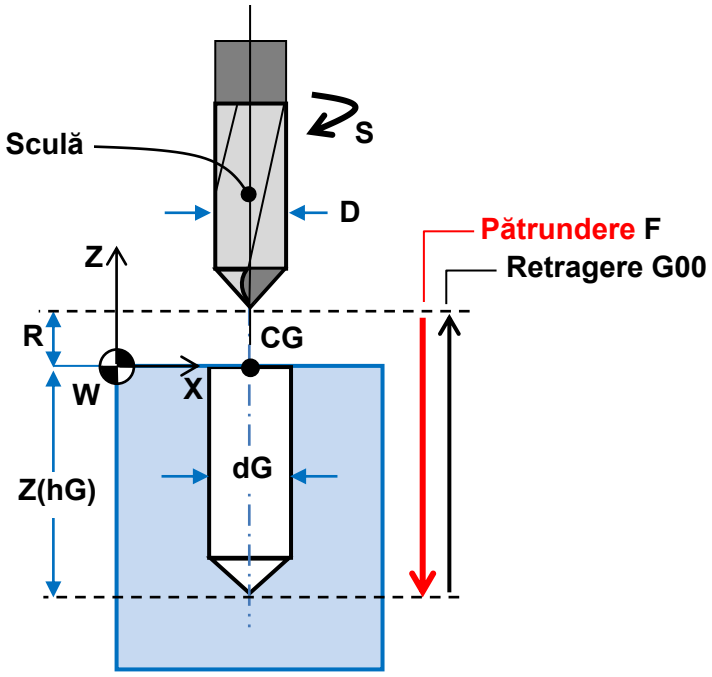


Fig. 3.1. Prelucrarea găurilor cu funcţiile G81 şi G82

3.3. G83/G73 – Ciclul fix de găurire progresivă

Funcţia **G83** generează un ciclu fix de prelucrare progresivă normală a găurilor individuale, care au aceiaşi parametri geometrici şi programabili şi la care hG ≥ (3 ÷ 4) dG (figura 3.1). Aceste suprafeţe sunt considerate „găuri adânci" şi necesită condiţii speciale de prelucrare pentru eliminarea eficientă a aşchiilor.

Funcţia **G73** generează un ciclu fix de prelucrare a găurilor adânci cu viteze mari de aşchiere.

Format:

G00 X__ Y__ - centru gaura 1

G83 G90/G91 Z-__ R__ P__ Q__ F__
X__ Y__ - centru gaura 2
…
X__ Y__ - centru gaura N

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele centrului fiecărei găuri (CG);
Z – cota finală a găurii, absolută faţă de suprafaţa de referinţă W, programată cu funcţia G90, sau incrementală faţă de ultima poziţie, programată cu funcţia G91;
R – planul de retragere a sculei la sfârşitul ciclului;
F – viteza de avans în lungul axei găurii;
P – temporizare la cota Z (fundul găurii), utilizată pentru faze de lărgire sau adâncire (în minute);
Q – adâncimea de pătrundere progresivă incrementală, măsurată din planul R. Se recomandă Q = (2 ÷ 3) dG.

Format:

G00 X__ Y__ - centru gaura 1
G73 G90/G91 Z-__ I__ J__ R__ K__ Q__ F__
X__ Y__ - centru gaura 2
…
X__ Y__ - centru gaura N

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele centrului fiecărei găuri (CG);
Z – cota finală a găurii, absolută faţă de suprafaţa de referinţă W, programată cu funcţia G90, sau incrementală faţă de ultima poziţie, programată cu funcţia G91;
R – planul de retragere a sculei la sfârşitul ciclului;
F – viteza de avans în lungul axei găurii;
P – temporizare la cota Z (fundul găurii), utilizată pentru faze de lărgire sau adâncire (în minute);
I – prima pătrundere, recomandată I = 3 dG;
J – valoarea cu care se reduce parametrul I la următoarele pătrunderi;
K – valoarea minimă a ultimei pătruderi (la cota finală Z).
Numărul de pătrunderi progresive este calculat automat.

Observaţii:

1. După ultima gaură prelucrată cu acelaşi ciclu fix, scula este retrasă într-o poziţie de siguranţă, superioară Z > R, cu anularea ciclului programat prin funcţia G80;
2. La ciclurile G83/G73 trebuie verificată setarea #22, necesară revenirii sculei cu o cotă de siguranţă faţă de pătrunderea anterioară.
   Setarea #22 – Can Cycle Deta Z = 0,5 ÷ 1 mm.

3. Pentru eliminarea sigură a aşchiilor la retragerea burghiului, după fiecare pătrundere Q, se poate utiliza una dintre variantele:
   - retragerea sculei în PS cu funcţia G98;
   - retragerea sculei în planul R cu funcţia G99 şi setarea #52 = 0;
   - retragerea sculei în poziţie superioară planului R cu funcţia G99 şi setarea #52 > 0.

   Setarea #52 – G83 Retract Above R = 2 ÷ 5 mm.

3.4. G84/G74 – Ciclul fix de tarodare

Funcţia **G84** generează un ciclu fix de prelucrare a filetelor în găuri individuale, care au aceiaşi parametri geometrici şi programabili, iar spira filetului are sensul DREAPTA.

Funcţia **G74** generează un ciclu fix de prelucrare a filetelor în găuri individuale cu spira filetului în sensul STÂNGA.

Format:

G00 X__ Y__ - centru gaura 1
G84/G74 Z-__ R__ J__ F__ S__
X__ Y__ - centru gaura 2
…
X__ Y__ - centru gaura N

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele centrului fiecărei găuri CG;
Z – cota finală a găurii, absolută faţă de suprafaţa de referinţă W, programată cu funcţia G90, sau incrementală faţă de ultima poziţie,

programată cu funcţia G91;
R – planul de retragere a sculei la sfârşitul ciclului;
F – viteza de avans în lungul axei găurii, F = S p (p – pasul filetului);
S – turaţia sculei (tarod) valabilă doar pentru ciclul curent;
J – numărul de retrageri multiple pentru degajarea găurilor adânci filetate, la care hG > (4 ÷ 5) D. Viteza de retragere este mai mare decât viteza de avans, conform setării #130 (parametru opţional).

3.5. Cicluri fixe de alezare

G85 – Ciclul fix de alezare I

Funcţia **G85** generează un ciclu fix, considerat ciclul de bază pentru alezarea sau lărgirea alezajelor/găurilor, utilizând scule de tipul alezoarelor de maşină (figura 3.2).

Format:

G00 X__ Y__ - centru gaura 1
G85 Z-__ R__ F__
X__ Y__ - centru gaura 2
…
X__ Y__ - centru gaura N

G86 – Ciclul fix de alezare II

Funcţia **G86** generează un ciclu fix auxiliar pentru alezarea sau lărgirea alezajelor, utilizând scule de tipul barelor de alezat cu plăcuţe schimbabile (figura 3.2).

Format:

G00 X__ Y__ - centru gaura 1
G86 Z-__ R__ F__
X__ Y__ - centru gaura 2
…
X__ Y__ - centru gaura N

G89 – Ciclul fix de alezare III

Format:

G00 X__ Y__ - centru gaura 1
G89 Z-__ R__ P__ F__
X__ Y__ - centru gaura 2
…
X__ Y__ - centru gaura N

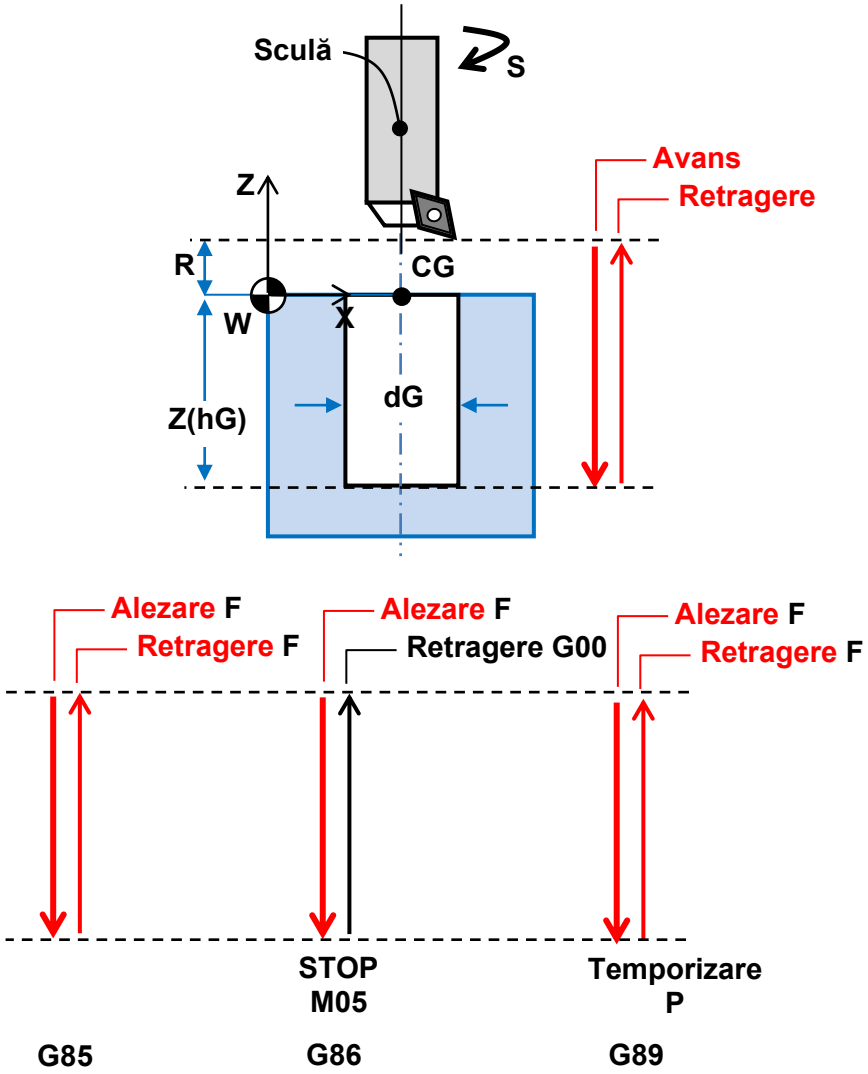


Fig. 3.2. Prelucrarea alezajelor cu funcţiile G85, G86 şi G89

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele centrului fiecărei găuri CG;
Z – cota finală a găurii, absolută faţă de suprafaţa de referinţă W, programată cu funcţia G90, sau incrementală faţă de ultima poziţie, programată cu funcţia G91;
R – planul de retragere a sculei la sfârşitul ciclului;
F – viteza de avans în lungul axei găurii;
P – temporizare la cota Z (fundul găurii), utilizată pentru faze de alezare de precizie (în minute).

Observaţii:

1. Ciclul de alezare I – G85: pătrundere şi retragere din alezaj cu aceeaşi viteză de avans F;

2. Ciclul de alezare II – G86: pătrundere cu viteza de avans F, oprire la cota Z (inclusiv oprirea rotirii sculei M05) şi retragere din alezaj cu viteză rapidă (G00);

3. Ciclul de alezare III – G89: pătrundere şi retragere din alezaj cu aceaşi viteză de avans F, cu staţionare/temporizare la cota Z;

4. Pentru a prelucra o serie de găuri în care se interpune o proeminenţă a piesei, bridă de fixare sau alt element de dispozitiv cu dimensiunea H>R se utilizează funcţiile **G98** şi **G99** exemplificate în figura 3.3.

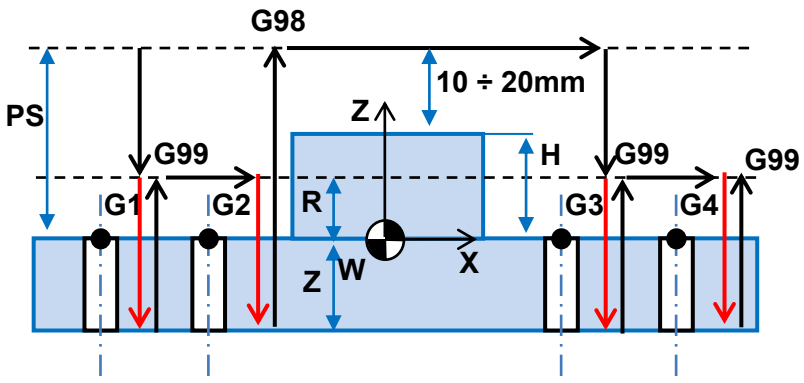


Fig. 3.3. Programarea ciclurilor fixe de găurire cu G98 şi G99

G98 – retrage scula la sfârşitul ciclului fix din fiecare poziţie programată în planul iniţial asociat punctului de start (PS), deasupra planului R;
G99 – retrage scula în planul de retragere şi deplasare între poziţii de prelucrare R.

Blocul de program pentru prelucrarea găurilor din figura 3.3 poate avea următoarea structură:

```
…
G00 X__ Y__              - centru gaura G1
S__ M03
M08
G81 G99 Z-__ R__ F__     - prelucrare şi retragere în planul R pentru G1
G98 X__ Y__              - prelucrare şi retragere în PS pentru G2
G99 X__ Y__              - prelucrare şi retragere în planul R pentru G3
X__ Y__                  - prelucrare G4
G00 G80 Z__ M09          - retragere în PS şi anulare ciclu fix G80
…
```

3.6. G70 – Prelucrarea găurilor în serie circulară

Funcţia **G70** generează un bloc de program, care descrie o structură ordonată de dispunere a găurilor echidistante pe un cerc de divizare (figura 3.4).

Format:

G00 X__ Y__ - centrul cercului de divizare CC
G81 ÷ 89 G98/G99 Z-__ R__ L0 F__ - fără gaură în CC
sau
G81 ÷ 89 G98/G99 Z-__ R__ L1 F__ - cu gaură în CC
G70 I__ J__ L__ - descriere serie de găuri

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele centrului cercului de divizare a găurilor CC;
I – raza cercului de divizare, pe care sunt dispuse echidistant centrele găurilor;
J – unghiul de poziţie al primei găuri din serie (1), măsurat în sens

trigonometric, între 0º şi 360º, faţă de axa X, cu semn +/- ;
L – numărul de găuri din serie (N) (figura 3.4).

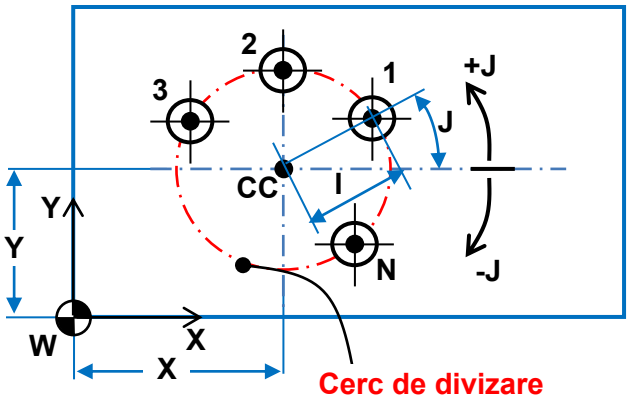


Fig. 3.4. Structură cu găuri în serie circulară – funcţia G70

Observaţii:

1. Funcţiile G98/G99, împreună cu parametrul L0, evită prelucrarea unei găuri în centrul cercului de divizare (CC);

2. Funcţiile G98/G99, împreună cu parametrul L1, determină prelucrarea unei găuri în centrul cercului de divizare (CC).

3.7. G71 – Prelucrarea găurilor în serie arc

Funcţia **G71** generează un bloc de program, care descrie o structură ordonată de dispunere a găurilor echidistante pe un arc de cerc (figura 3.5).

Format:

G00 X__ Y__ - centrul arcului de cerc CA
G81 ÷ 89 G98/G99 Z-__ R__ L0 F__ - fără gaură în CA
sau
G81 ÷ 89 G98/G99 Z-__ R__ L1 F__ - cu gaură în CA
G71 I__ J__ K__ L__ - descriere serie de găuri

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele centrului cercului de divizare a găurilor (CA);
I – raza arcului de divizare, pe care sunt dispuse centrele găurilor;
J – unghiul de poziţie al primei găuri din serie (1), măsurat în sens trigonometric, între 0^o şi 360^o, faţă de axa X, cu semn +/- ;
K – pasul unghiular dintre găuri, cu semn +/- ;
L – numărul de găuri din serie (N) (figura 3.5).

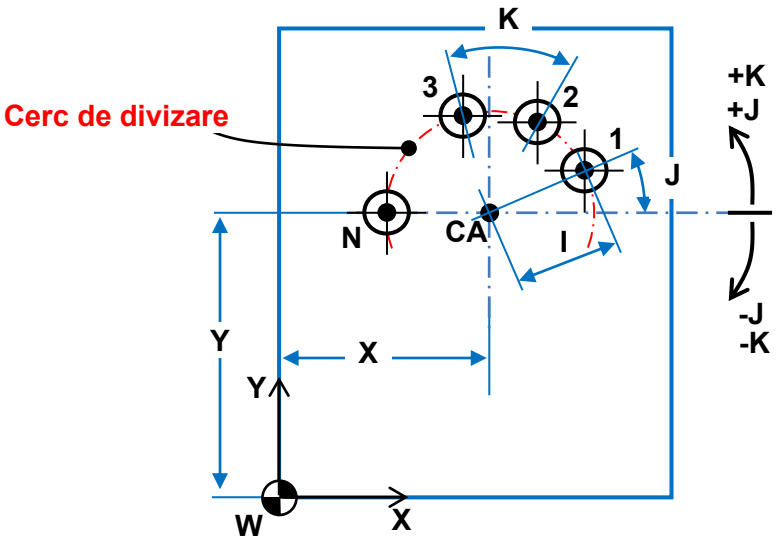


Fig. 3.5. Structură cu găuri în serie arc de cerc – funcţia G71

3.8. G72 – Prelucrarea găurilor în serie liniară

Funcţia **G72** generează un bloc de program, care descrie o structură ordonată de dispunere a găurilor echidistante pe o dreaptă de referinţă, ce constituie axa seriei (AS) (figura 3.6).

Format:

G00 X__ Y__ - gaura de referinţă 1
G81 ÷ 89 G98/G99 Z-__ R__ F__ - ciclu fix
G72 I__ J__ L__ - descriere serie de găuri

Parametri programabili:

X, Y – coordonatele primei găuri (1) sau gaura de referinţă faţă de care se calculează parametri geometrici ai seriei;
I – pasul liniar dintre găuri;
J – unghiul de poziţie al axei seriei (AS), măsurat în sens trigonometric, între 0^o şi 360^o, faţă de axa X, cu semn +/- ;
L – numărul de găuri din serie (N) (figura 3.6).

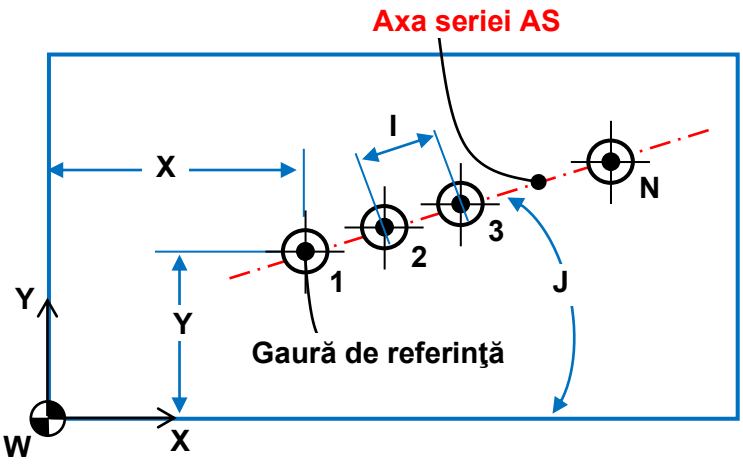


Fig. 3.6. Structură cu găuri în serie liniară – funcţia G72

Observaţii generale:

1. Grupul de funcţii G98/G99 şi L0 blochează executarea ciclului fix de găurire, alezare sau tarodare în poziţia curentă, programată cu coordonatele X-Y, aşa cum este descris în exemplul următor:

```
…
G00 X__ Y__                 - poziţia 1
G81 G98/G99 Z__ R__ L0 F__  - ciclul G81 nu se execută în poziţia 1
                              (poziţia curentă programată)
X__ Y__                     - poziţia 2
X__ Y__                     - poziţia 3 etc.
…
```

2. Funcţia G91 în ciclul fix, împreună cu parametrul L, cu rol de contor, determină prelucrarea unei serii liniare de găuri după axa X sau Y, conform exemplului din figura 3.7.

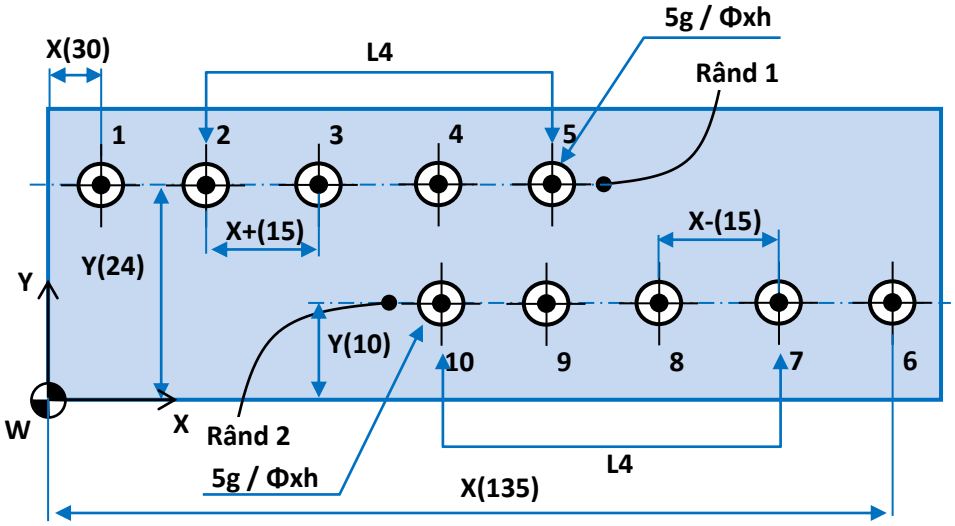


Fig. 3.7. Prelucrare găuri în serie liniară după axa X

…
G00 X__ Y__ - poziţia 1 – Rândul 1
G81 G99 Z__ R__ F__ - ciclul fix G81
G91 X+__ L4 - 4 poziţii pe axa X (2, 3, 4, 5), în sensul +X
G90 X__ Y__ - poziţia 6 – Rândul 2
G91 X-__ L4 - 4 poziţii pe axa X (7, 8, 9, 10), în sensul -X
…

Program: SERIE DE GAURI IN RETEA DUPA AXA X

```
%
O00014 (SERIE DE GAURI IN RETEA DUPA AXA X)
(Cuvinte cheie - Cicluri de gaurire incrementala cu contor L)
(Rand 1 - 5g / D5x20 / pas15)
(Rand 2 - 5g / D5x20 / pas15)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula - Centruitor D3.15/8 - T03 / S3000 / F550)
```

```
(Plan R10 / Adancime Z-6)
G00 G53 Z0
T03 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H03 Z20. M01
M08
(Punct de start PS)
X0. Y24.
(Centruire)
(Randul 1 - Gaura 1)
X30. Y24.
G81 G99 Z-6. R10. F550.
G91 X15. L4
(Randul 2 - Gaura 6)
G90 X135. Y10.
G91 X-15. L4
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Scula - Burghiu D5x45 - T11 / S4000 / F350)
(Plan R10 / Adancime Z-16, Z-20)
G00 G53 Z0
T11 M06
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H11 Z20. M01
M08
(Punct de start PS)
X0. Y24.
(Burghiere)
(Randul 1 - Gaura 1)
X30. Y24.
G81 G99 Z-20. R10. F550.
G91 X15. L4
(Randul 2 - Gaura 6)
G90 X135. Y10.
G91 X-15. L4
(Retragere scula)
```

```
G00 G80 Z20. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

3. Folosind parametrul L, cu rol de contor, pot fi ocolite obstacole sau colţuri ale piesei, interpuse în şirul de găuri prelucrate cu acelaşi ciclu fix (figura 3.8).

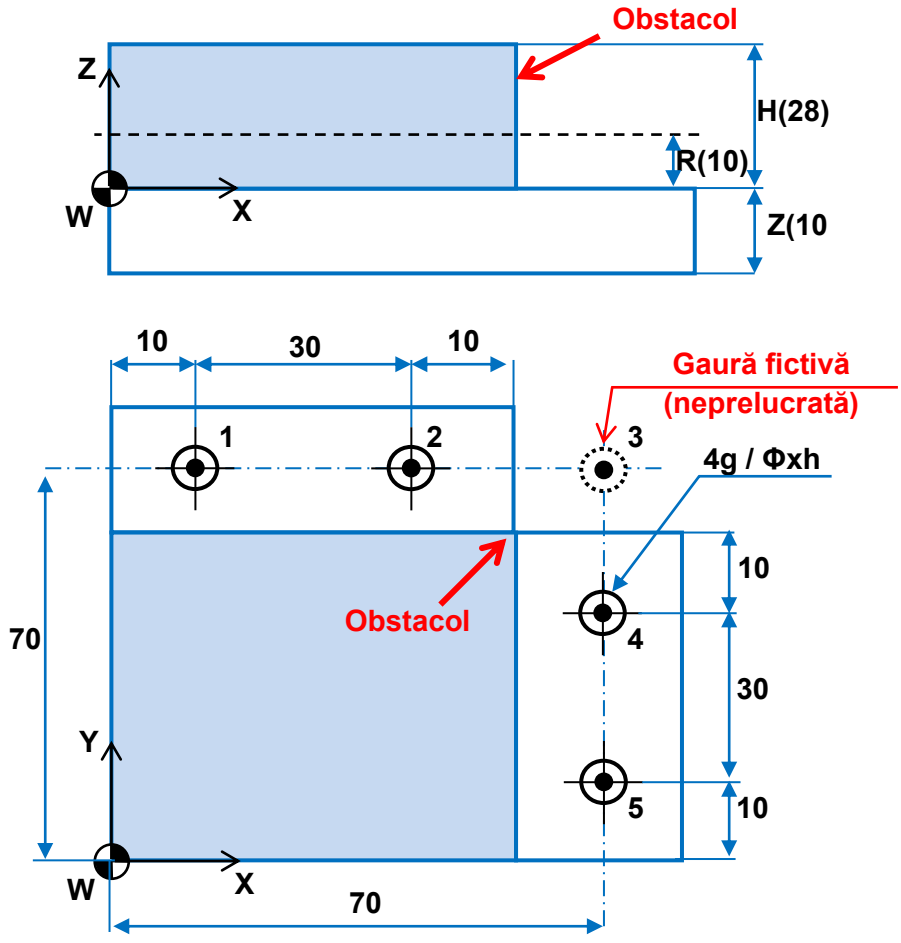


Fig. 3.8. Prelucrare găuri în serie cu obstacol

…
G00 X__ Y__ - poziţia 1
G81 Z__ R__ F__ - ciclu fix G81
X__ Y__ - poziţia 2
X__ Y__ L0 - poziţia fictivă 3, fără prelucrare
X__ Y__ - poziţia 4
X__ Y__ - poziţia 5
…

Program: SERIE DE GAURI CU OBSTACOL

```
%
O00015 (SERIE DE GAURI CU OBSTACOL)
(Cuvinte cheie - Cicluri de gaurire individuala)
(Gaurire flansa 2g + 2g / D5x12)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara flansa)
(Scula - Burghiu D5x45 - T11 / S4000 / F350)
(Plan R10 / Adancime Z-12)
G00 G53 Z0
T11 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H03 Z50. M01
M08
(Punct de start PS)
X-10. Y80.
(Burghiere)
X10. Y70.
G81 G99 Z-12. R10. F550.
X40.
X70. L0
Y40.
Y10.
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
```

```
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

4. Pentru prelucrarea aceleiaşi structuri de găuri în mai multe faze, cu scule diferite şi cicluri fixe diferite, se crează un subprogram în care sunt definite coordonatele structurii de găuri şi care este apelat în programul principal cu funcţiile M97/M98 P__ pentru fiecare ciclu fix, astfel:

M97 Pxxxxx – funcţia trimite la eticheta unei subrutine locale, inclusă în programul principal cu adresa Nxxxxx (P__ = N__)

Program: GAURIRE IN 2 FAZE CU SUBRUTINA M97

```
%
O00016 (GAURIRE IN 2 FAZE CU SUBRUTINA M97)
(Cuvinte cheie - Cicluri de gaurire individuala)
(Gaurire flansa 2g + 2g / D5x12)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara flansa)
(Scula - Centruitor NC D10/90 - T07 / S5000 / F1000)
(Plan R10 / Adancime Z-3)
G00 G53 Z0
T07 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H07 Z50. M01
M08
(Punct de start PS)
X-10. Y80.
(Faza 1 - Centruire)
X10. Y70.
G81 G99 Z-3. R10. F1000.
M97 P1000
(Retragere scula)
G00 G80 Z50. M09
```

```
(Scula - Burghiu D5x45 - T11 / S4000 / F350)
(Plan R10 / Adancime Z-12)
G00 G53 Z0
T11 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H03 Z50. M01
M08
(Punct de start PS)
X-10. Y80.
(Faza 2 - Burghiere)
X10. Y70.
G81 G99 Z-12. R10. F350.
M97 P1000
(Retragere scula)
G00 G80 Z50. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
(Subrutina locala 1000)
N1000
X40.
X70.
Y40.
Y10.
M99
%
```

M98 Pxxxxx – funcţia trimite la eticheta unui subprogram extern, din directorul activ de programe, cu formatul Oxxxxx (P__ = O__)

Program: FILETARE CU SUBPROGRAM M98

```
%
O00017 (FILETARE CU SUBPROGRAM M98)
(Cuvinte cheie - Cicluri de gaurire individuala)
(Filetare flansa 2g + 2g / M6x12)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara flansa)
(Scula - Tarod M6x1 – T11 / S1000 / F1000)
(Plan R10 / Adancime Z-12)
G00 G53 Z0
T11 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
G43 H11 Z50. M01
M08
(Punct de start PS)
X-10. Y80.
(Faza 1 - Filetare)
X10. Y70.
G84 G99 Z-12. R10. F1000. S1000
M98 P500
(Retragere scula)
G00 G80 Z50. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

Subprogram: 4 găuri M6x1

```
%
O00500(SUBPROGRAM 500)
X40.
X70.
Y40.
Y10.
M99
%
```

5. Pentru simplificarea programului principal ce conţine multiple faze de găurire, subrutina locală sau subprogramul extern pot conţine şi comenzile tipice de încheiere a ciclului fix:

```
…
(Subrutina locală 1000)
N1000
X__ Y__
X__ Y__
……..
G00 G80 Z__ M09          - anulare ciclu fix G80
G53 G49 Z0 M05           - retragere sculă în origine Z0
M99
```

Aplicaţii

Se prezintă două exemple de prelucrare a găurilor în structuri liniare şi circulare cu funcţiile G81, G82 şi G84.

A1 – Găuri în serie liniară (figura 3.9)

Coordonate:

	PS	1
X	0.	13.
Y	0.	11.5
Z	20.	-6.
		-30.
		-30.

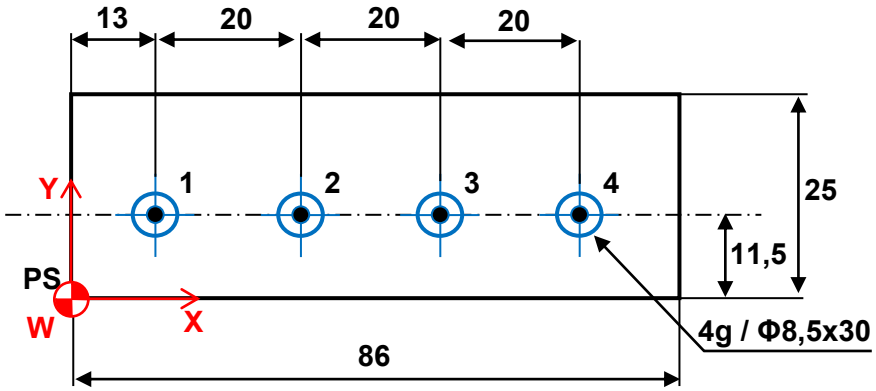


Fig. 3.9. Prelucrare găuri în serie liniară - Aplicaţie A1

Program: APLICATIE A1

```
%
O00012 (APLICATIE A1)
(Cuvinte cheie - Cicluri de gaurire si largire in serie liniară)
(Serie liniara 4g / D8,5x30 / pas20)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula - Centruitor D3.15/8 - T03 / S3000 / F550)
(Plan R10 / Adancime Z-6)
G00 G53 Z0
T03 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
M01
S3000 M03
G43 H03 Z10.
M08
(Punct de start PS)
X12. Y11.5
(Centruire)
G81 G98 Z-6. R10. L0 F550.
G72 I20. J0. L4
(Retragere scula)
```

```
G00 G80 Z20. M09
(Scula - Burghiu D5x45 - T11 / S4000 / F350)
(Plan R10 / Adancime Z-30)
G00 G53 Z0
T11 M06
G00 G90 G54 X0. Y0.
M01
S3000 M03
G43 H11 Z10.
M08
(Punct de start PS)
X12. Y11.5
(Burghiere)
G83 G98 Z-30. R10. Q10. P0. L0 F350.
G72 I20. J0. L4
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Scula - Largitor D8.5x73 - T05 / S3000 / F750)
(Plan R10 / Adancime Z-30)
G00 G53 Z0
T05 M06
G00 G90 G54 X0. Y0.
M01
S3000 M03
G43 H05 Z10.
M08
(Punct de start PS)
X12. Y11.5
(Largire)
G83 G98 Z-30. R10. Q15. P0. L0 F750.
G72 I20. J0. L4
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

A2 – Găuri în serie arc de cerc (figura 3.10)

Coordonate:

	PS	CA1	CA2
X	0.	30.	-30.
Y	0.	0.	0.
Z	20.	-6.	
		-20.	
		-15.	

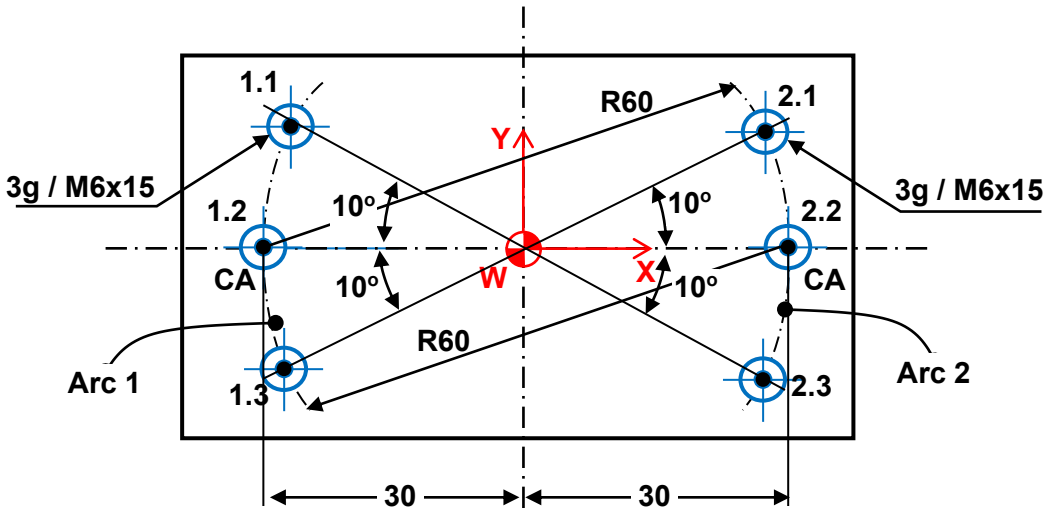


Fig. 3.10. Prelucrare găuri în serie arc de cerc - Aplicaţie A2

Program: APLICATIE A2

```
%
O00013 (APLICATIE A2)
(Cuvinte cheie - Cicluri de gaurire si filetare in serie arc)
(Serie arc 3g / M6x1x15 / pas30)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula - Centruitor D3.15/8 - T03 / S3000 / F550)
```

```
(Plan R10 / Adancime Z-6)
G00 G53 Z0
T03 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H03 Z10. M01
M08
(Centru CA1)
X30. Y0.
(Centruire - Arc 1)
G81 G98 Z-6. R10. L0 F550.
G71 I60. J170. K10. L3
G00 G80 Z20.
(Centru CA2)
X-30. Y0.
(Centruire - Arc 2)
G81 G98 Z-6. R10. L0 F550.
G71 I60. J10. K-10. L3
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Scula - Burghiu D5x45 - T11 / S4000 / F350)
(Plan R10 / Adancime Z-20)
G00 G53 Z0
T11 M06
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H11 Z10. M01
M08
(Centru CA1)
X30. Y0.
(Burghiere - Arc 1)
G83 G98 Z-20. R10. Q10. P0. L0 F350.
G71 I60. J170. K10. L3
G00 G80 Z20.
(Centru CA2)
X-30. Y0.
(Burghiere - Arc 2)
G83 G98 Z-20. R10. Q10. P0. L0 F350.
```

```
G71 I60. J10. K-10. L3
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Scula - Tarod M6x1x25 - T04 / S300 / F300)
(Plan R10 / Adancime Z-15)
G00 G53 Z0
T04 M06
G00 G90 G54 X0. Y0.
G43 H04 Z10. M01
M08
(Centru CA1)
X30. Y0.
(Filetare - Arc 1)
G84 G98 Z-15. R10. J0 L0 F300 S300
G71 I60. J170. K10. L3
G00 G80 Z20.
(Centru CA2)
X-30. Y0.
(Filetare - Arc 2)
G84 G98 Z-15. R10. J0 L0 F300 S300
G71 I60. J10. K-10. L3
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

Terminologie specifică

Ciclu fix

Bloc de program ce conţine mișcări secvenţiale și repetitive executate de sculă.

Serie de găuri

Structură ordonată de dispunere a găurilor într-un plan definit.

Serie de găuri circulară

Bloc de program, care descrie o structură ordonată de dispunere a găurilor echidistante pe un cerc de divizare.

Serie de găuri arc de cerc

Bloc de program, care descrie o structură ordonată de dispunere a găurilor echidistante pe un arc de cerc.

Serie de găuri liniară

Bloc de program, care descrie o structură ordonată de dispunere a găurilor echidistante pe o dreaptă de referinţă, ce constituie axa seriei.

CAPITOLUL 4 Programarea prelucrării suprafeţelor profilate

- **G150 - Frezarea suprafeţelor profilate interioare**
- **M97 - Subrutină locală**
- **M98 - Subprogram extern**
- **Aplicaţii**

4.1. G150 – Frezarea suprafeţelor profilate interioare

Pentru prelucrarea prin frezare a unor suprafeţe profilate de tip cavitate (cu profil interior), funcţia G150 determină în program realizarea următoarelor etape de execuţie (figura 4.1):

1. Poziţionarea sculei într-un punct de începere (PI) din interiorul cavităţii;
2. Frezarea de DEGROŞARE prin „benzi de frezare” longitudinale sau transversale, respectiv după axa X sau Y, la adâncimi de pătrundere progresivă;
3. Frezarea de FINISARE a profilului într-o singură trecere la adâncimea finală a cavităţii.

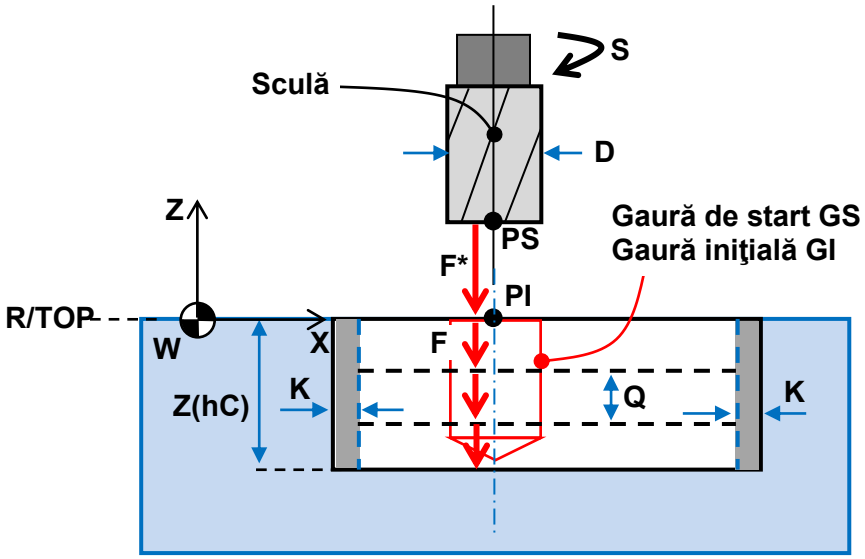


Fig. 4.1. Frezarea cavităţilor profilate cu funcţia G150

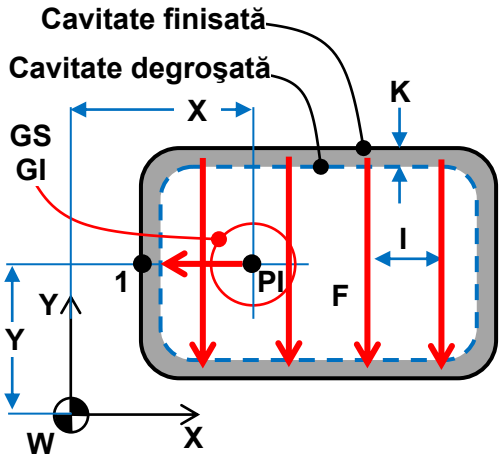


Fig. 4.2. Programarea frezării transversale – axa Y

Format:

G00 X__ Y__ - poziţionare în PI

G01 Z0. F*__ - avans pe suprafaţa de referinţă W, cu viteză de avans F50%

G150 G41/G42 P__ Z__ R__ I/J__ K__ Q__ D__ F__

G01 G40 X__ Y__ Z0. - revenire în PI, anulare compensare de rază G40

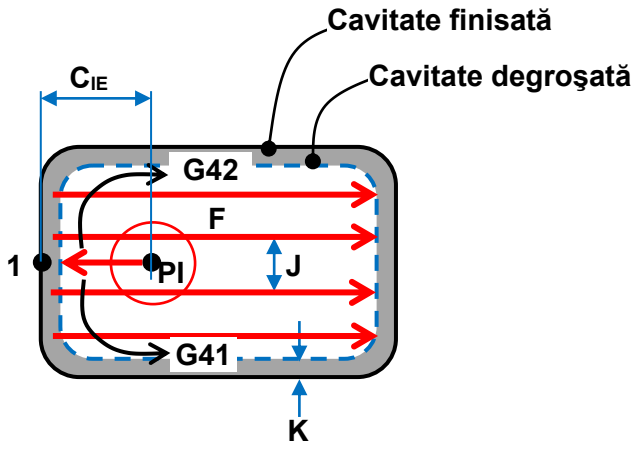


Fig. 4.3. Programarea frezării longitudinale – axa X

Parametri programabili CNC:

X, Y – coordonatele punctului de începere (PI), plasat pe direcţia unui segment de dreaptă din geometria profilului (figurile 4.2 și 4.3);
Z – adâncimea finală a cavităţii (hC), absolută faţă de suprafaţa de referinţă W (Z0.);
R – planul de retragere la suprafaţa de referinţă superioară, faţă de care se măsoară adâncimea de pătrundere;
I – lăţimea de contact a frezei cu materialul pentru degroşare transversală, după axa Y (figura 4.2);
J – lăţimea de contact a frezei cu materialul pentru degroşare longitudinală, după axa X (figura 4.3),

$$\mathbf{I/J} = (\mathbf{0,1} \div \mathbf{0,3})\mathbf{D},$$

D – registrul de corecţii de sculă necesar pentru compensarea de rază, (D__ = H__ = T__);
K – adaosul de finisare uniform pe pereţii cavităţii; se detaşează într-o singură trecere la adâncimea finală Z, recomandat K = 0,2 ÷ 1 mm;
Q – adâncimea de pătrundere, la o trecere de degroşare, se măsoară din planul R, recomandat Q = 0,33 D;

P – eticheta subprogramului extern sau a subrutinei locale care descrie geometria profilului, (P__ = O__) .

Observaţii:

1. Poziţionarea frezei la adâncimea de pătrundere Q începe din planul R (TOP) şi continuă până la adâncimea finală a cavităţii Z, de aceea se recomandă R = 0 ÷ 1 mm;

2. La prelucrarea unei cavităţi doar dintr-o singură trecere, degroşare sau finisare, adâncimea de pătrundere este egală cu adâncimea cavităţii Q = hC;

3. Pentru fază de degroşare K = 0, iar pentru fază de degroşare cu finisare K ≠ 0, recomandat K = 0,2 ÷ 1 mm;

4. Subprogramul extern sau subrutina locală Pxxxxx poate conţine maximum 40 de linii de comandă, cu funcţiile de aşchiere prin interpolare G01, G02, G03, G40, G41/G42, care descriu geometria cavităţii;

5. Pentru pătrunderea uşoară a frezei în lungul axei Z, în faza de degroşare, se recomandă executarea a două prelucrări anterioare, la alegere, în funcţie de diametrul frezei (D), astfel:

Prelucrare 1 – Pregăurire

Gaură de start (GS) în punctul de începere (PI), prelucrată cu ciclul fix G81/G83 ce conţine următorii parametri geometrici:

Diametru - $\mathbf{d_{GS} = (0,5 \div 1)D}$;
Adâncime - $\mathbf{h_{GS} = (0,9 \div 0,95)hC}$.

Această fază de prelucrare se recomandă la utilizarea frezelor cilindro-frontale cu diametrul D ≤ 10 mm. Pentru programarea găurii de start (GS) se utilizează următorul bloc de program

…
G00 X__ Y__ - poziţia PI
G81 Z__ R__ F__ - burghiere la cota Z = h_{GS}
…

Prelucrare 2 - Frezare de lărgire

Gaură iniţială (GI) în punctul de începere (PI) cu parametri geometrici:

Diametru - $\mathbf{d_{GI} = (1,2 \div 1,5)D}$;
Adâncime - $\mathbf{h_{GI} = hC.}$

Această fază de prelucrare se recomandă la utilizarea frezelor cilindro-frontale cu diametrul D ≥ 12 mm. Parametrii tehnologici specifici prelucrării găurii iniţiale sunt:

- cotă de intrare – ieşire C_{IE} = [PI – 1] = (0,6 ÷ 1) D;
- poziţie PI, Z_{PI} = 0,5 ÷ 2 mm;
- adâncimea de pătrundere incrementală Z* = (0,1 ÷ 0,15) D mm;
- viteza de pătrundere pe axa Z, F* = 0,5 F;
- planul R = (0 ÷ 0,5) Z_{PI} ;
- parametrul circular I = 0,5 (d_{GI} –D);
- numărul de spire de pătrundere L = hC / Z* , număr întreg.

Pentru programarea găurii iniţiale (GI) se utilizează următorul bloc de program

…
G00 X__ Y__ Z_{PI}__ - poziţionare în PI
G01 Z0. F*__ - avans pe suprafaţa de referinţă W
G03 G91 Z*-__ I-__ L__ - pătrundere circulară în GI
G03 G90 Z-__ I-__ - calibrare GI la cota finală Z
G01 X__ Y__ Z_{PI}__ - retragere în PI
…

6. Pentru funcţia G150, subrutina locală se recomandă doar pentru profile de complexitate mică sau medie; în schimb subprogramul extern este util pentru profile de complexitate mare, care pot fi uşor verificate (sintaxă, coordonate, traiectorie sculă) de la panoul de comandă al maşinii prin comanda

MEMORY
└_____ **GRAPHICS**

Subprogramul cu eticheta de apelare Pxxxxx trebuie să se găsească în acelaşi director activ cu programul principal.

Current Directory: Memory
└──PROGRAME

De aceea, programul principal şi subprogramul trebuie încărcate/copiate în acest director pentru a fi executabile.

Aplicaţie

Se prezintă un exemplu de prelucrare a unei cavităţi profilate cu funcţia G150 (figura 4.4).

Sculă: Freză cilindro-frontală D10x29 / z4 – post T10
Restricţie CNC: 0,5 D < R_{min} = 6 mm

Parametri gaură iniţială: d_{GI} = 1,3 D = 13 mm
h_{GI} = 7,8 mm
C_{IE} = 12 mm
I = 0,5 (d_{GI} – D) = 1.5

Parametri profil: R = 0.
K = 0.5
Q = 0,3 D = 3.

Coordonate:

	PS	PI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	0.	10.	10.	0.	0.	0.	40.	40.	34.	34.	40.
Y	0.	10.	20.	20.	-20.	-30.	-30.	-21.	-15.	5.	11.
					R20.	R6.	R6.		R6.	R10.	R6.

	10	11
X	40.	10.
Y	20.	20.

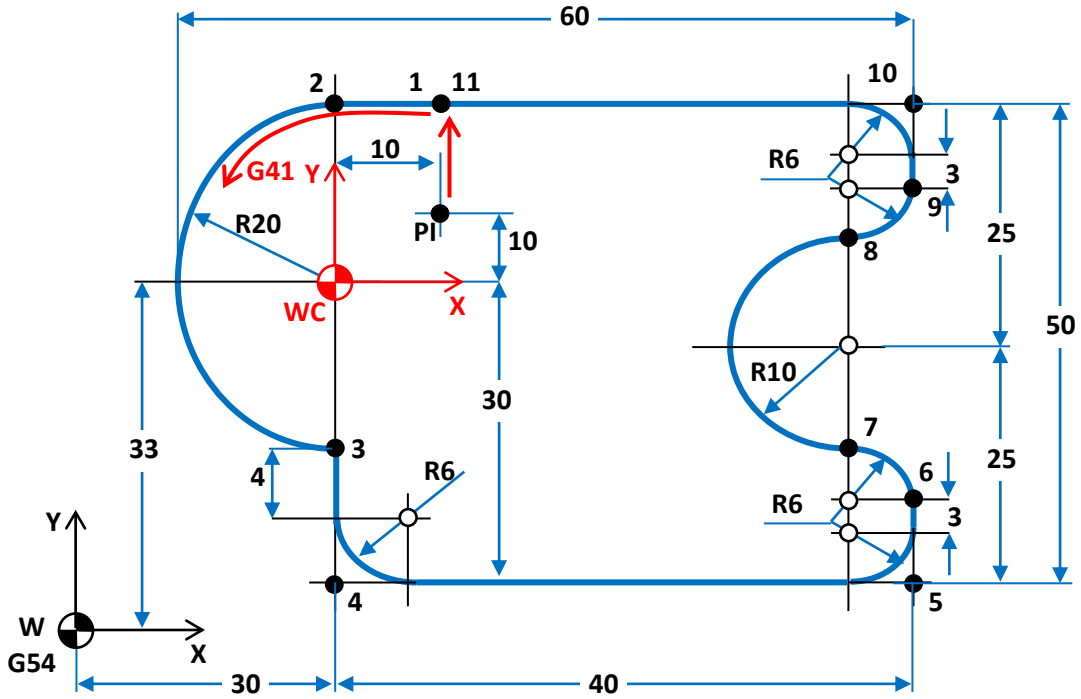


Fig. 4.4. Aplicaţie – Desen tehnologic CNC „Cavitate profilată 2”

Program: **O00018** – FREZARE PROFIL INTERIOR 2

```
%
O00018 (FREZARE PROFIL INTERIOR 2 / SP300)
(Cuvinte cheie - Frezare cavitate profilata cu interpolare)
(Frezare contur 60x50x2)
(Origine WC - G54 + X30 +Y33)
(Referinta Z0.0 - Colt 1 / Fata superioara)
(Scula - Freza CF D10x29/z4 - T10 / S3600 / F600)
(Plan R0 / Adancime Z-2)
G00 G53 Z0
T10 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3600 M03
G43 H10 Z10. M01
M08
```

```
(Punct initial PI)
X10. Y10.
(Prelucrare gaura initiala GI)
G01 Z0. F300.
G03 G91 Z-1. I-1.5 L2
G03 G90 Z-5.9 I-1.5
G01 Z0.
(Frezare – Degrosare + Finisare)
G150 G41 P300 Z-2. R0. J5. K0.5 Q2. D10 F600.
(Retragere scula)
G01 Z10. M09
G00 G40 X0. Y0.
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

Subprogram: CAVITATE PROFILATĂ 2

```
%
O00300 (CAVITATE PROFILATĂ 2 / SP 300)
G01 X10. Y20. F600.
X0.
G03 Y-20. R20.
G01 Y-30., R6.
X40., R6.
Y-21.
G03 X34. Y-15. R6.
G02 Y5. R10.
G03 X40. Y11. R6.
G01 Y20., R6.
X10.
M99
%
```

4.2. M97 – Subrutină locală
M98 – Subprogram extern

Subrutinele şi subprogramele conţin linii de comandă, funcţii, instrucţiuni sub forma unui bloc de program, care trebuie repetat de mai multe ori în programul principal. Ambele structuri au acelaşi mod de executare, cu următoarele diferenţe:

- **subrutina locală** este ataşată de programul principal cu eticheta de identificare Nxxxxx, imediat după funcţia M30 (sfârşit program), astfel

Format:



```
...
M97 P__                    - apelare subrutina N__
.....
M30                        - sfârşit program principal
(Subrutina locala P__)
N__                        - etichetă subrutină (N__ = P__)
.....
M99                        - sfârşit subrutină locală
%
```

Un program principal poate conţine mai multe subrutine locale, ataşate după funcţia M30 şi apelabile cu comanda M97 P__ .

- **subprogramul extern** este editat separat, în afara programului principal, sub forma unui program individual cu eticheta de identificare Oxxxxx şi este stocat în acelaşi director activ cu programul principal, astfel:

Observaţie

1. Subrutinele şi subprogramele pot fi repetate de mai multe ori în programul principal, folosind parametrul tip contor Lxx în linia de comandă

   M97/M98 P__ L__ - repetare subrutină/subprogram de L ori

Format:

```
…
M98 P__                          - apelare subprogram O__
……..
M30                              - sfârşit program principal
%

%
O__ (Subprogram P__)             - etichetă subprogram (O__ = P__)
……
M99                              - sfârşit subprogram
%
```

2. Subrutina/subprogramul trebuie să conţină în structura de comandă:

- punctul de intrare pe profil **PI**, cu compensare de rază **G41 / G42**;
- punctul de ieşire de pe profil **PE**, cu anularea compensării **G40.**

Format:

```
(Subrutina locala P__)
N__
G01 G41/G42 X__ Y__ D__ F__      - poziţionare în punctul de
                                   intrare PI cu compensare
……
G01 G40 X__ Y__ F__              - poziţionare în punctul de ieşire PE cu
                                   anularea compensării
M99
```

3. Intrarea sculei pe contur, respectiv ieşirea sculei de pe contur, se poate programa folosind două metode:

METODA 1 - muchie/colţ, în lungul unui segment liniar, cu intrarea şi ieşirea liniară prin funcţia G01 (figura 4.5).

Formatul de programare poate fi conceput astfel:

```
…
G00 X__ Y__                      - poziţionare în punctul de start PS
G01 Z-__ F*__                    - pătrundere la adâncime în PS
G01 G41/G42 X__ Y__ D__ F__      - poziţionare în punctul de intrare PI,
                                   compensare de rază
```

```
G01 X__ Y__                    - intrare liniară în colţ 1
G01 X__ Y__                    - interpolare primul segment 1 -> 2
……..
G01 X__ Y__                    - ultimul element geometric n -> 1
G01 X__ Y__                    - ieşire liniară în punctul de ieşire PE
G01 G40 X__ Y__ F__            - poziţionare în PS,
                                 anularea compensării de rază
…
```

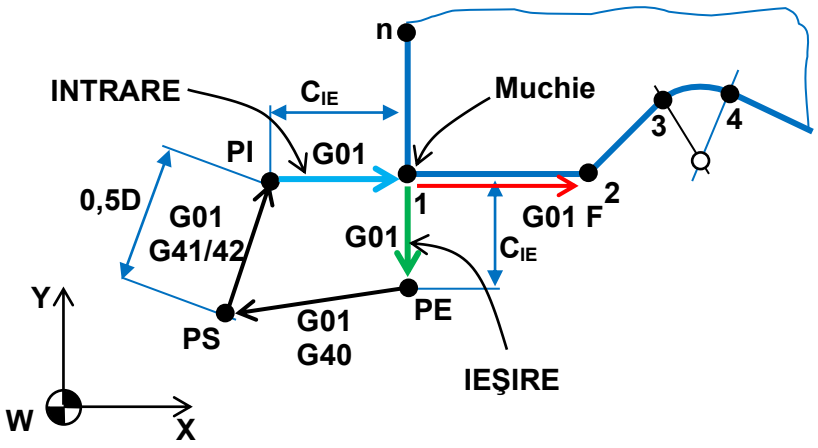


Fig. 4.5. Contur profilat – intrare şi ieşire liniară G01

Parametri geometrici recomandaţi:

- cota de intrare-ieşire C_{IE} = (1 ÷ 1,5) D;
- distanţa dintre PS și PI/PE este 0,5D, unde D este diametrul frezei.

METODA 2 – perpendicular sau tangent la un segment liniar, cu intrarea şi ieşirea circulară prin funcţia G02/G03 (figura 4.6).
Formatul de programare poate fi conceput astfel:

```
…
G00 X__ Y__                    - poziţionare în punctul de start PS
G01 Z-__ F*__                  - pătrundere la adâncime în PS
G01 G41/G42 X__ Y__ D__ F__    - poziţionare în punctul de intrare PI,
                                 compensare de rază
G02/G03 X__ Y__ R__            - intrare circulară în primul punct 1,
                                 cu raza R = D
```

G01 X__ Y__ - interpolare primul segment 1 -> 2
……..
G01 X__ Y__ - ultimul element geometric n -> 1
G02/G03 X__ Y__ R__ - ieşire circulară în punctul de ieşire PE, cu raza R = D
G01 G40 X__ Y__ F__ - poziţionare în PS, anularea compensării de rază
…

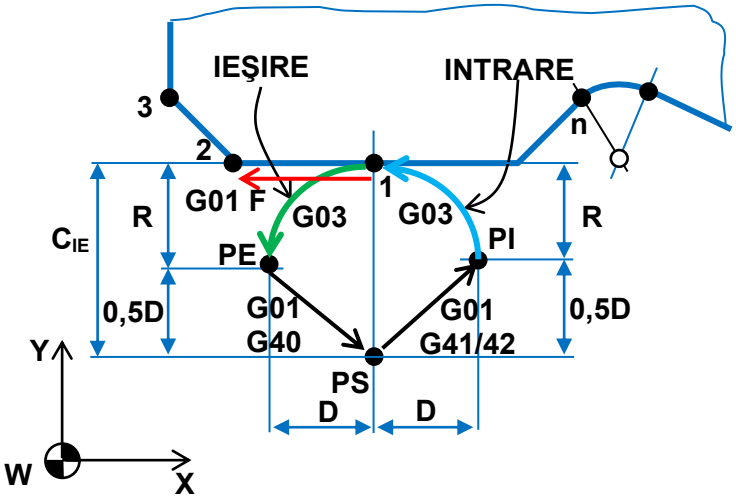


Fig. 4.6. Contur profilat – intrare şi ieşire circulară G02/G03

Parametri geometrici recomandaţi:

- cota de intrare-ieşire C_{IE} = 1,5 D;
- distanţa dintre PS și PI/PE este 0,5D, unde D este diametrul frezei.
- raza de intrare/ieşire circulară R = D, în care D este diametrul frezei.

Aplicaţie

Se prezintă un exemplu de prelucrare a unei suprafeţe de tip „Contur profilat închis” cu funcţiile M97 şi M98 (figura 4.7).

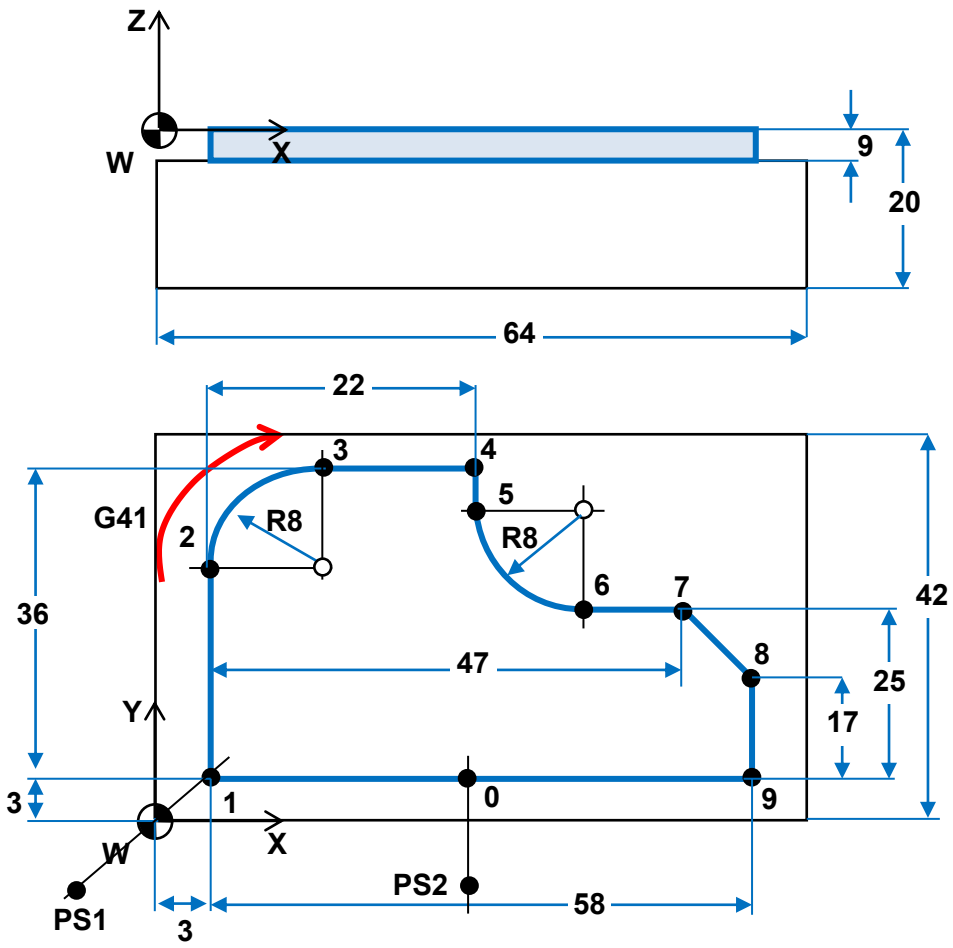


Fig. 4.7. Desen tehnologic CNC „Contur exterior închis”

Coordonate:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	29.	3.	3.	11.	25.	25.	44.	50.	61.	61.
Y	3.	3.	31.	39.	39.3	36.	28.	28.	20.	3.
Z	-9.									
				R8.			R8.			

Condiţii specifice:

- pentru raza R8 se adoptă freză cilindro-frontală D12x45/z4, post T12;

- compensare de rază STÂNGA, funcţia G41;
- subrutină locală M97 P400 pentru pătrunderi succesive de 3mm.

Program: **O00019 –** FREZARE CU SUBRUTINA M97
- intrare şi ieşire liniară G01/PS1

	PS1	PI1	PE1
X	-15.	3.	-10.
Y	-20.	-10.	3.
Z	10.		

```
%
O00019 (FREZARE CU SUBRUTINA M97)
(Cuvinte cheie - Frezare contur exterior inchis)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Colt 1 / Fata superioara)
(Scula - Freza CF D12x45 / z4 - T12 / S3000 / F600)
(Intrare - iesire liniara)
(Plan R10 / Adancime Z-9)
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
(Frezare contur cu patrunderi succesive)
(Punct de start PS1)
X-15. Y-20.
G01 Z-3. F300.
M97 P400
G01 Z-6. F300.
M97 P400
G01 Z-9. F300.
M97 P400
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
```

```
G00 G53 Y0
M30
(Subrutina locala P400)
N400
(Punct de start PS1)
G01 X-15. Y-20. F600.
(Punct de intrare PI1)
G01 G41 X3. Y-10. D12
Y31.
G02 X11. Y39. R10.
G01 X25.
Y36.
G03 X33. Y28. R8.
G01 X43.
X61. Y20.
Y3.
(Punct de iesire PE1)
X-10
(Punct de start PS1)
G01 G40 X-15. Y-20. F600.
M99
%
```

Program: **O00020 –** FREZARE CU SUBRUTINA M97
– intrare şi ieşire circulară G03/PS2

	PS2	**PI2**	**PE2**
X	32.	44.	20.
Y	-15.	-9.	-9.
Z	10.	R12.	R12.

```
%
O00020 (FREZARE CU SUBRUTINA M97)
(Cuvinte cheie - Frezare contur exterior inchis)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Colt 1 / Fata superioara)
(Scula - Freza CF D12x45 / z4 - T12 / S3000 / F600)
(Intrare - iesire circulara)
(Plan R10 / Adancime Z-9)
```

```
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
(Frezare contur cu patrunderi succesive)
(Punct de start PS2)
X32. Y-15.
G01 Z-3. F300.
M97 P400
G01 Z-6. F300.
M97 P400
G01 Z-9. F300.
M97 P400
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
(Subrutina locala 400)
N400
(Punct de start PS2)
G01 X32. Y-15. F600.
(Punct de intrare PI2)
G01 G41 X44. Y-9. D12 F600.
G03 X32. Y3. R12.
G01 X3.
Y31.
G02 X11. Y39. R10.
G01 X25.
Y36.
G03 X33. Y28. R8.
G01 X43.
X61. Y20.
Y3.
X32.
(Punct de iesire PE2)
```

```
G03 X20. Y-9. R12.
(Punct de start PS2)
G01 G40 X32. Y-15. F600.
M99
%
```

Terminologie specifică

Suprafaţă profilată

Suprafaţă definită geometric sub forma unui contur, deschis sau închis, prin segmente de dreaptă și arce de cerc.

Degroșare

Fază tehnologică programată pentru excavarea unei suprafeţe cu o cantitate mare de material.

Finisare

Fază tehnologică programată pentru îndepărtarea unui adaos mic de material, care să determine un anumit nivel al preciziei și rugozităţii suprafeţei prelucrate.

Gaură iniţială

Suprafaţă obţinută prin burghiere în punctul de iniţiere a prelucrării unei cavităţi.

Gaură de start

Suprafaţă obţinută prin frezare în punctul de iniţiere a prelucrării unei cavităţi.

Subrutină locală

Program individual intern, atașat de programul principal.

Subprogram extern

Program individual extern, editat separat și executabil din programul principal.

CAPITOLUL 5 Studii de caz CNC - FANUC

- **Studiul de caz 1**
- **Studiul de caz 2**

5.1. Studiul de caz 1

Se cere să se programeze prelucrarea piesei din figura 5.1, respectând succesiunea logică a operaţiilor și fazelor tehnologice.

Suprafeţe: FP – suprafaţă plană superioară 93 x 83 x 0,5 mm;
CD – contur drept 89 x 72,3 x 12 mm;
CE – contur exterior 87 x 65,5 x 12 / R8 mm;
CP – cavitate profilată 57 x 44 x 4 / R6,5 mm;
GF8 – 8 găuri filetate M6 x 1 x 15 mm.

Origine: W/G54 – Rectangle Block X/Y/Z

Faze: F1 – frezare plană;
F2 – frezare contur drept;
F3 – frezare contur exterior;
F4 – frezare cavitate profilată;

F5 – centruire – burghiere – filetare.

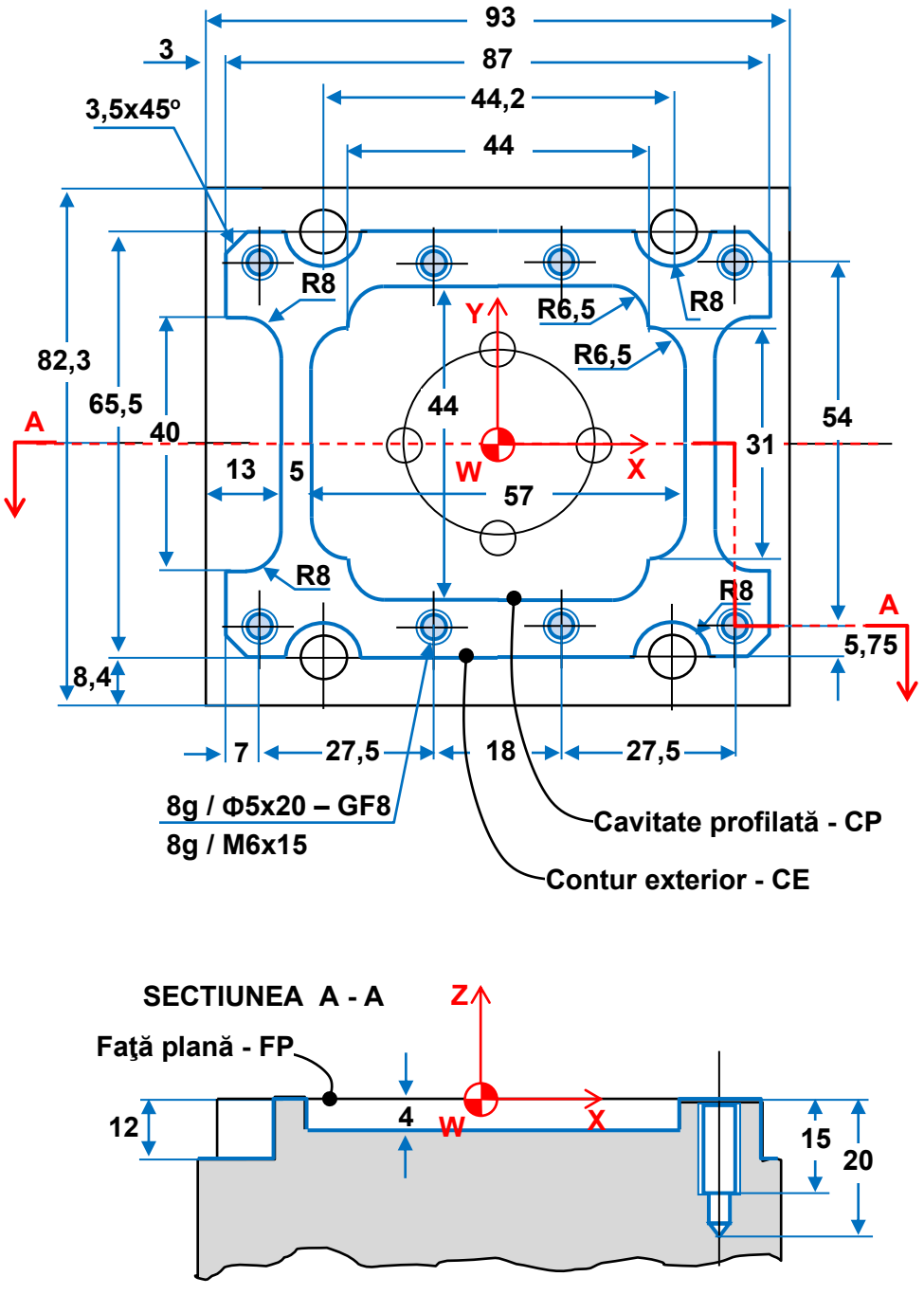


Fig. 5.1. Desen tehnologic CNC – STUDIUL DE CAZ 1

Faze şi scule:

Cod CNC	Parametri tehnologici		
	Faze Cicluri VPS Program FANUC	**Scule**	**Post magazin**
FP	F1 - frezare plană VPS - FACE MILLING	- freză FR D50x15 / z5	T1
CD	F2 – frezare dreaptă cu pătrunderi succesive PF – FREZARE CD+CE	- freză CF D16x10/25 / z2	T2
CE	F3 – frezare contur exterior cu pătrunderi succesive PF – FREZARE CD+CE	- freză CF D12x32 / z4	T12
CP	F4 – frezare cavitate profilată longitudinală cu pătrunderi succesive PF – FREZARE CP – G150	- freză CF D10x29 / z4	T10
GF8	F5.1 - centruire F5.2 - burghiere F5.3 - filetare PF – STRUCTURA 8GAURI - G81 – G81 – G84	- burghiu de centruire NC D10x5 / 90 - burghiu N D5x56 - tarod M6x1x32	T7 T11 T4

Faza F1 – VPS: FACE MILLING

Parametri VPS:

W	T	S	F	D	M8	X	Y	C
FP	1	3820	2292.	50.	1	-47.	42.	0

W	L	STEP	E	R	TOP	Z	DEPTH	FIN
FP	94.	2	40.	10.	0.	0.5	1	0.

Faza F2 – PROGRAM: FREZARE CD + CE

Se programează faza de frezare dreaptă cu pătrunderi succesive descrise prin subrutină locală, cu funcţia M97. Conturul drept (CD) este descris prin parametri de programare din figura 5.2.

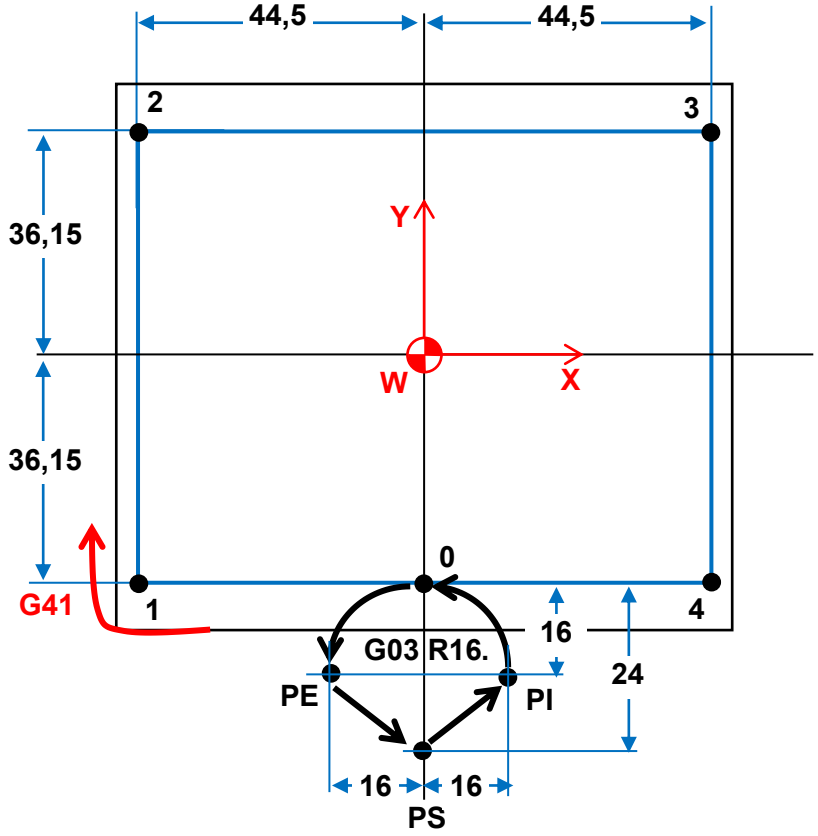


Fig. 5.2. Desen tehnologic CNC – Contur drept CD

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D16x10/25 / z2

Parametri geometrici: hCD = 12 mm
ae =3 mm
i = 4 treceri succesive
C_{IE} = 1,5D = 24 mm

Parametri programabili: S = 3997 rot/min
F = 1600 mm/min
F* = 500 mm/min

Coordonate:

	PS	PI	PE	0	1	2	3	4
X	0.	16.	-16.	0.	-44.5	-44.5	44.5	44.5
Y	-60.15	-52.15	-52.15	-36.15	-36.15	36.15	36.15	-36.15
	G00	G01	R16. G03 G40	R16. G03 G41	G01	G01	G01	G01
Z	10.			-3. -6. -9. -12.				

Faza F3 – PROGRAM: FREZARE CD + CE

Se programează faza de frezare cu interpolare în planul X-Y, cu pătrunderi succesive descrise prin subrutină locală, cu funcţia M97. Conturul profilat exterior (CE) este descris prin parametrii de programare din figura 5.3.

Faza F3 conţine patru treceri succesive de frezare a conturului, precum şi o trecere de teşire a muchiei superioare 0,5x45^{o}:

a. Frezare contur

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D12x32 / z4
0,5 D = (0,6 ÷ 0,8) R = 4,8 ÷ 6,4 mm

Parametri geometrici: hCE = 12 mm
ae = 0,3 D = 3 mm
i = 4 treceri succesive
C_{IE} = 1,5 D = 18 mm

Parametri programabili: S = 5730 rot/min
F = 1600 mm/min
F* = 800 mm/min

b. Teşire muchie contur

Sculă: Freză conică V90 D4x5 / z2

Parametri geometrici: a = 0,5 mm
ae = 0,5 (D+2a) = 2,5 mm
i = 1 trecere
C_{IE} = 1,5 D = 6 mm

Parametri programabili: S = 7600 rot/min
F = 1000 mm/min
F* = 500 mm/min
Z = -2,5 mm

Coordonate frezare:

	PS	PI	PE	0	1	2	3	4
X	0.	16.	-16.	0.	-14.1	-30.1	-43.5	-43.5
Y	-50.75	-44.75	-44.75	-32.75	-32.75	-32.75	-32.75	-20.
	G00	G01	R12. G03 G40	R12. G03 G41	G01	R8. G03	C3.5 G01	G01
	5	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
X	-33.5	-33.5	-43.5	-43.5	-30.1	-14.1	14.1	30.1
Y	-20.	20.	20.	32.75	32.75	32.75	32.75	32.75
	R8. G01	R8. G01	G01	C3.5 G01	G01	R8. G03	G01	R8. G03
	13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
X	43.5	43.5	33.5	33.5	43.5	43.5	30.1	14.1
Y	32.75	20.	20.	-20.	-20.	-32.75	-32.75	-32.75
	C3.5 G01	G01	R8. G01	R8. G01	G01	C3.5 G01	G01	R8. G03

Coordonate teşire:

	PS	PI	PE
X	0.	4.	-4.
Y	-38.75	-36.75	-36.75
Z	10.	-2.5	

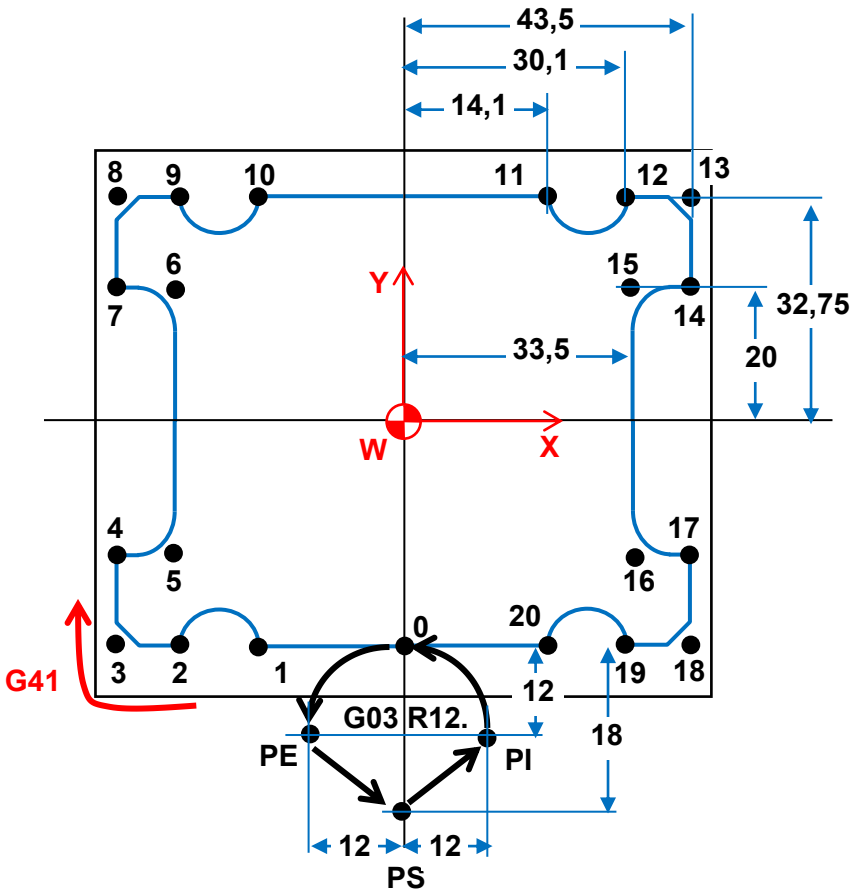


Fig. 5.3. Desen tehnologic CNC – Contur exterior CE

Program FANUC: FREZARE CD + CE

```
%
O00021 (FREZARE CD + CE)
(Cuvinte cheie - Frezare contur exterior)
(Contur CD - 89x72,3x12)
(Contur CE - 87x65,5x12/R8)
(Origine W - G54)
(Referinta Z0.0 - Centru / Fata superioara)
(Scula - Freza CF D16x10/25/z2 - T2 / S3978 / F1600)
(Intrare - iesire circulara)
```

```
(R10 / Z-12)
G00 G53 Z0
T2 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3978 M03
G43 H2 Z10. M01
M08
(Frezare contur CD cu patrunderi succesive)
(Punct de start PS)
X0. Y-60.15
G01 Z-3. F500.
M97 P100
G01 Z-6. F500.
M97 P100
G01 Z-9. F500.
M97 P100
G01 Z-12. F500.
M97 P100
(Retragere scula)
G01 Z10. M09
(Scula - Freza CF D12x32/z4 - T12 / S5730 / F1600)
(Intrare - iesire circulara)
(R10 / Z-12)
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S5730 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
(Frezare contur CE cu patrunderi succesive)
(Punct de start PS)
X0. Y-50.75
G01 Z-3. F800.
M97 P200
G01 Z-6. F800.
M97 P200
G01 Z-9. F800.
```

```
M97 P200
G01 Z-12. F800.
M97 P200
(Retragere scula)
G01 Z10. M09
(Scula - Freza V90 D4/z2 - T7 / S7600 / F1000)
(Intrare - iesire circulara)
(R10 / Z-2.5)
G00 G53 Z0
T7 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S5730 M03
G43 H7 Z10. M01
M08
(Tesire contur CE - 0.5x45)
(Punct de start PS)
X0. Y-38.75
G01 Z-2.5 F800.
M97 P300
(Retragere scula)
G01 Z10. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
(SUBRUTINA LOCALA 100)
N100
(Punct de start PS)
G01 X0. Y-60.15 F500.
(Punct de intrare PI)
G01 G41 X16. Y-52.15 D2
G03 X0. Y-36.15 R16. F1600.
G01 X-44.5
Y36.15
X44.5
Y-36.15
X0.
```

```
(Punct de iesire PE)
G03 X-16. Y-52.15 R16.
(Punct de start PS)
G01 G40 X0. Y-60.15 F500.
M99
(SUBRUTINA LOCALA 200)
N200
(Punct de start PS)
G01 X0. Y-50.75 F800.
(Punct de intrare PI)
G01 G41 X12. Y-44.75 D12
G03 X0. Y-32.75 R12. F1600.
G01 X-14.1
G03 X-30.1 R8.
G01 X-43.5, C3.5
Y-20.
X-33.5, R8.
Y20., R8.
X-43.5
Y32.75, C3.5
X-30.1
G03 X-14.1 R8.
G01 X14.1
G03 X30.1 R8.
G01 X43.5, C3.5
Y20.
X33.5, R8.
Y-20., R8.
X43.5
Y-32.75, C3.5
X30.1
G03 X14.1 R8.
G01 X0.
(Punct de iesire PE)
G03 X-12. Y-44.75 R12.
(Punct de start PS)
G01 G40 X0. Y-50.75 F800.
M99
(SUBRUTINA LOCALA 300)
```

```
N300
(Punct de start PS)
G01 X0. Y-38.75 F500.
(Punct de intrare PI)
G01 G41 X4. Y-36.75 D7
G03 X0. Y-32.75 R4. F1000.
G01 X-14.1
G03 X-30.1 R8.
G01 X-43.5, C3.5
Y-20.
X-33.5, R8.
Y20., R8.
X-43.5
Y32.75, C3.5
X-30.1
G03 X-14.1 R8.
G01 X14.1
G03 X30.1 R8.
G01 X43.5, C3.5
Y20.
X33.5, R8.
Y-20., R8.
X43.5
Y-32.75, C3.5
X30.1
G03 X14.1 R8.
G01 X0.
(Punct de iesire PE)
G03 X-4. Y-36.75 R4.
(Punct de start PS)
G01 G40 X0. Y-38.75 F500.
M99
%
```

Faza F4 – PROGRAM: FREZARE CP

Se programează faza de frezare cu interpolare în planul X-Y, utilizând funcţia de frezare cavitate profilată longitudinală G150, după axa

X, descrisă prin subrutină locală, cu funcţia M97. Conturul profilat interior (CP) este determinat prin parametrii de programare din figura 5.4.

Faza F4 conţine prelucrarea unei găuri iniţiale, o trecere de frezare a conturului, precum şi o trecere de teşire a muchiei superioare 0,5 x 45º:

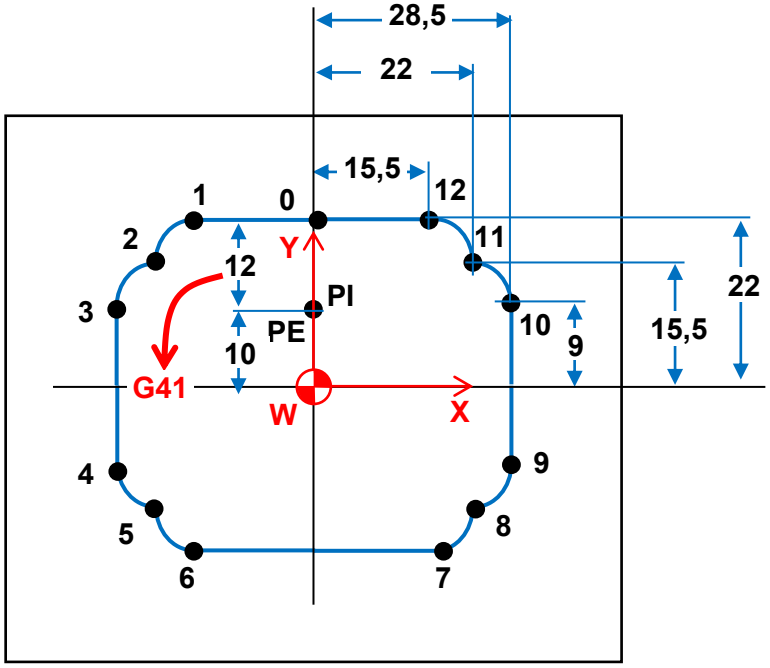


Fig. 5.4. Desen tehnologic CNC – Cavitate profilată CP

a. Frezare gaură iniţială

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D10x29 / z4

Parametri geometrici: hGI = 4 mm
dGI = 1,3 D = 15,6 mm
C_{IE} = D = 10 mm

Parametri programabili: S = 6300 rot/min
F = 1500 mm/min
F* = 600 mm/min
I = 0,5 (dGI – D) = 1,8 mm
Z = -1,333 mm
L = 3

b. Frezare contur

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D10x29 / z4
0,5 D = (0,6 ÷ 0,8) R = 3,9 ÷ 5,2 mm

Parametri geometrici: hCP = 4 mm
ae = 0,3 D = 3 mm
i = 2 treceri succesive

Parametri programabili: S = 6300 rot/min
F = 1500 mm/min
F* = 600 mm/min
Q = 2 mm
Z = -4 mm
K = 0,5 mm
J = 0,6 D = 6 mm

Coordonate frezare:

	PS	**PI**	**PE**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
X	0.	0.	0.	0.	-15.5	-22.	-28.5	-28.5
Y	0.	10.	10.	22.	22.	15.5	9.	-9.
	G00	G01	G01	G01	G01	R6.5 G03	R6.5 G03	G01
	5	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
X	-22.	-15.5	15.5	22.	28.5	28.5	22.	15.5
Y	-15.5	-22.	-22.	-15.5	-9.	9.	15.5	22.
	R6.5 G03	R6.5 G03	G01	R6.5 G03	R6.5 G03	G01	R6.5 G03	R6.5 G03

a. Teşire muchie contur

Sculă: Freză conică V90 D4x5 / z2

Parametri geometrici: a = 0,5 mm
ae = 0,5 (D+2a) = 2,5 mm
i = 1 trecere
C_{IE} = 1,5 D = 6 mm

Parametri programabili: S = 7600 rot/min

F = 1000 mm/min
F* = 500 mm/min
Z = -2,5 mm

Coordonate teşire:

	PS	PI	PE
X	0.	4.	-4.
Y	16.	18.	18.
Z	10.	-2.5	

Program FANUC: FREZARE CP

```
%
O00023 (FREZARE CP)
(Cuvinte cheie - Frezare cavitate profilata)
(Cavitate profilata - 57x44x4/R6,5)
(Origine WC - G54)
(Referinta Z0.0 - Centru / Fata superioara)
(Scula - Freza CF D10x29/z4 - T10 / S6300 / F1500)
(Plan R0 / Adancime Z-4)
G00 G53 Z0
T10 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3600 M03
G43 H10 Z10. M01
M08
(Punct initial PI)
X0. Y10.
(Prelucrare gaura initiala)
G01 Z0. F600.
G03 G91 Z-1.333 I-1.8 L3
G03 G90 Z-4. I-1.8
G01 Z0.
(Frezare CE - Degrosare+Finisare)
G150 G41 P500 Z-4. R0. J6. K0.5 Q2. D10 F1500.
(Retragere scula)
G01 Z10. M09
```

```
G00 G40 X0. Y0.
(Scula - Freza V90 D4/z2 - T7 / S7600 / F1000)
(Plan R10 / Adancime Z-2.5)
G00 G53 Z0
T7 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3600 M03
G43 H7 Z10. M01
M08
(Tesire profil CP - 0,5x45)
(Punct de start PS)
X0. Y16.
G01 Z-2.5 F600.
M97 P200
(Retragere scula)
G01 Z10. M09
G00 G40 X0. Y0.
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
(SUBRUTINA LOCALA 500)
N500
G01 X0. Y22. F1500.
X-15.5
G03 X-22. Y15.5 R6.5
G03 X-28.5 Y9. R6.5
G01 Y-9.
G03 X-22. Y-15.5 R6.5
G03 X-15.5 Y-22. R6.5
G01 X15.5
G03 X22. Y-15.5 R6.5
G03 X28.5 Y-9. R6.5
G01 Y9.
G03 X22. Y15.5 R6.5
G03 X15.5 Y22. R6.5
G01 X0.
```

```
M99
(SUBRUTINA LOCALA 200)
N200
(Punct de start PS)
G01 X0. Y16. F500.
(Punct de intrare PI)
G01 G41 X4. Y18. D7
G03 X0. Y22. R4. F1000.
G01 X-15.5
G03 X-22. Y15.5 R6.5
G03 X-28.5 Y9. R6.5
G01 Y-9.
G03 X-22. Y-15.5 R6.5
G03 X-15.5 Y-22. R6.5
G01 X15.5
G03 X22. Y-15.5 R6.5
G03 X28.5 Y-9. R6.5
G01 Y9.
G03 X22. Y15.5 R6.5
G03 X15.5 Y22. R6.5
G01 X0.
(Punct de iesire PE)
G03 X-4. Y18. R4.
(Punct de start PS)
G01 G40 X0. Y16. F500.
M99
%
```

Faza F5 – VPS: DRILLING

Prelucrarea celor opt găuri individuale este realizată prin trei subfaze, iar coordonatele centrelor sunt descrise în figura 5.5:

- F5.1 – centruire;
- F5.2 – burghiere;
- F5.3 – filetare.

Scule: Centruitor NC 90 D10x5
Burghiu elicoidal N118 D5x56
Tarod Metric C M6x1x32

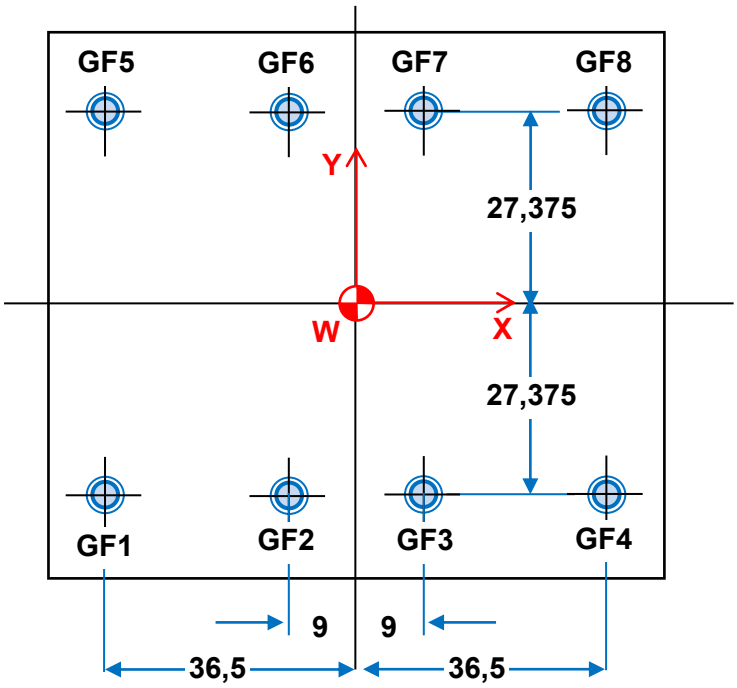


Fig. 5.5. Desen tehnologic CNC – Găuri filetate GF8

Coordonate:

	PS	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7
X	0.	-36.5	-9.	9.	36.5	36.5	9.	-9.
Y	0.	-27.37	-27.37	-27.37	-27.37	27.37	27.37	27.37
Z	20.	F5.1 -2.5						
		F5.2 -15.						
		F5.3 -12.						

	GF8	
X	-36.5	
Y	27.37	
Z	-2.5	F5.1
	-15.	F5.2
	-12.	F5.3

Parametri programabili centruire: S = 3505 rot/min
F = 700 mm/min
Z = -2,5 mm

Parametri programabili burghiere: S = 2993 rot/min
F = 479 mm/min
Z = -15 mm

Parametri programabili filetare: S = 530 rot/min
F = 530 mm/min
Z = -12 mm

Program FANUC: STRUCTURA GF8

```
%
O00032 (STRUCTURA GF8)
(Cuvinte cheie - Cicluri de gaurire si filetare individuala)
(Filetare 8g / M6x12)
(Origine W - G54 / Centru)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula - Centruitor NC D10x5/90 - T07 / S3505 / F700)
(Plan R10 / Adancime Z-2.5)
G00 G53 Z0
T07 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3505 M03
G43 H07 Z20. M01
M08
(Punct de start PS)
X0. Y0.
(Centruire)
X-36.5 Y-27.375
G81 G99 Z-2.5 R10. F700.
M97 P1000
(Scula - Burghiu N-118 D5x56 - T11 / S2993 / F479)
(Plan R10 / Adancime Z-15)
G00 G53 Z0
T11 M06
```

```
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S2993 M03
G43 H11 Z20. M01
M08
(Punct de start PS)
X0. Y0.
(Burghiere)
X-36.5 Y-27.375
G81 G99 Z-15. R10. F479.
M97 P1000
(Scula - Tarod M6x1x32 - T4 / S530 / F530)
(Plan R10 / Adancime Z-12)
G00 G53 Z0
T4 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
G43 H4 Z20. M01
M08
(Punct de start PS)
X0. Y0.
(Filetare)
X-36.5 Y-27.375
G84 G99 Z-12. R10. J0 F530. S530
M97 P1000
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
(SUBRUTINA LOCALA 1000)
N1000
X-9. Y-27.375
X9.
X36.5
X36.5 Y27.375
X9.
X-9.
X-36.5
```

```
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
M99
%
```

5.2. Studiul de caz 2

Se cere să se programeze prelucrarea piesei din figura 5.6, respectând succesiunea logică a operaţiilor și fazelor tehnologice.

Suprafeţe: CPS – cavitate profilată simetrică 64,2 x 44 x 6 mm;
BD1+BD2 – buzunare dreptunghiulare 40 x 13 x 14/R8 mm;
A – alezaj Φ18 x 20 mm;
BC – buzunar circular Φ38 x 4 mm;
GF4 – 4 găuri filetate M6 x 1 x 10 mm.

Origine: W/G54 – Rectangle Block X/Y/Z

Faze: F1 – frezare cavitate profilată simetrică;
F2 – frezare buzunare dreptunghiulare;
F3 – frezare alezaj;
F4 – frezare buzunar circular;
F5 – centruire – burghiere – filetare.

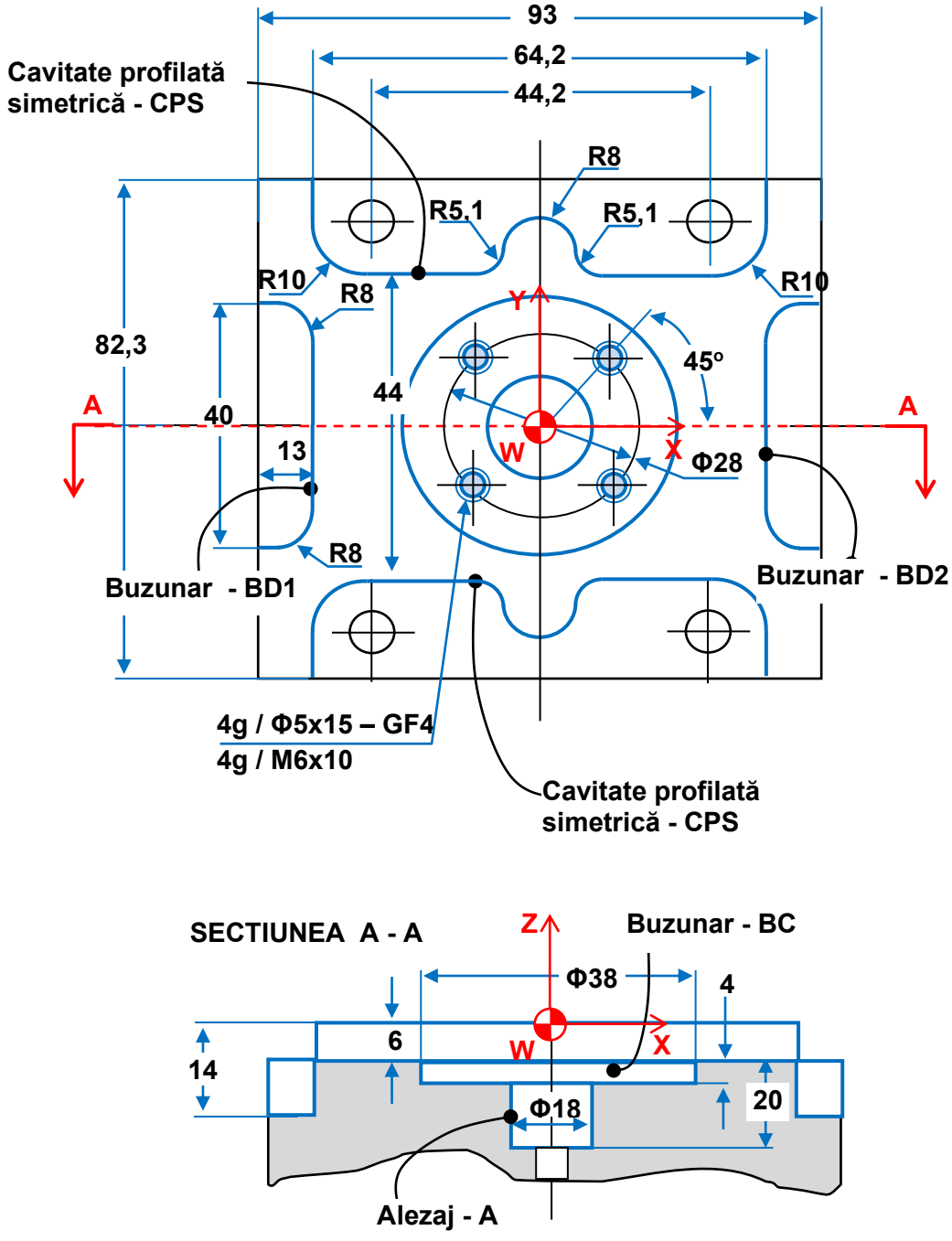


Fig. 5.6. Desen tehnologic CNC – STUDIUL DE CAZ 2

Faze şi scule:

Cod CNC	Parametri tehnologici		
	Faze Cicluri VPS Program FANUC	**Scule**	**Post magazin**
CPS	F1 - frezare cavitate profilată simetrică + teşire PF – FREZARE CPS	- freză CF D12x32 / z4 - freză V90 D4 / z2	T12 T7
BD1 **BD2**	F2 – frezare buzunare dreptunghiulare + teşire VPS – SQUARE POCKET	- freză CF D12x32 / z4 - freză V90 D4 / z2	T12 T7
A	F3 – frezare alezaj PF – ALEZAJ D18x20 G13 / Metoda IV	- freză CF D10x29 / z4	T10
BC	F4 – frezare buzunar circular PF – FREZARE BC G13 / Metoda III	- freză CF D20x47 / z4	T15
GF4	F5.1 - centruire F5.2 - burghiere F5.3 - filetare PF – FILETARE 4gxM6 G81 – G81 – G84	- burghiu de centruire A D3,15/8 - burghiu N D5x56 - tarod M6x1x32	T3 T11 T4

Faza F1 – PROGRAM: FREZARE CPS

Se programează faza de frezare profilată a unui contur interior, extins geometric sub forma unei cavităţi închise cu funcţia G150 şi subprogram. Conturul profilat CPS este descris prin parametrii de programare din figura 5.7.

Teşirea muchiei superioare 0,5x45º este descrisă prin subrutină locală cu funcţia M97.

a. Frezare gaură iniţială

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D12x32 / z4

Parametri geometrici: dGI = 1,5 D = 18 mm
hGI = hCPS - 0,2 = 5,8 mm
C_{IE} = 1 D = 12 mm

Parametri programabili: S = 7600 rot/min
F = 600 mm/min
z = -1,933 mm
L = 3

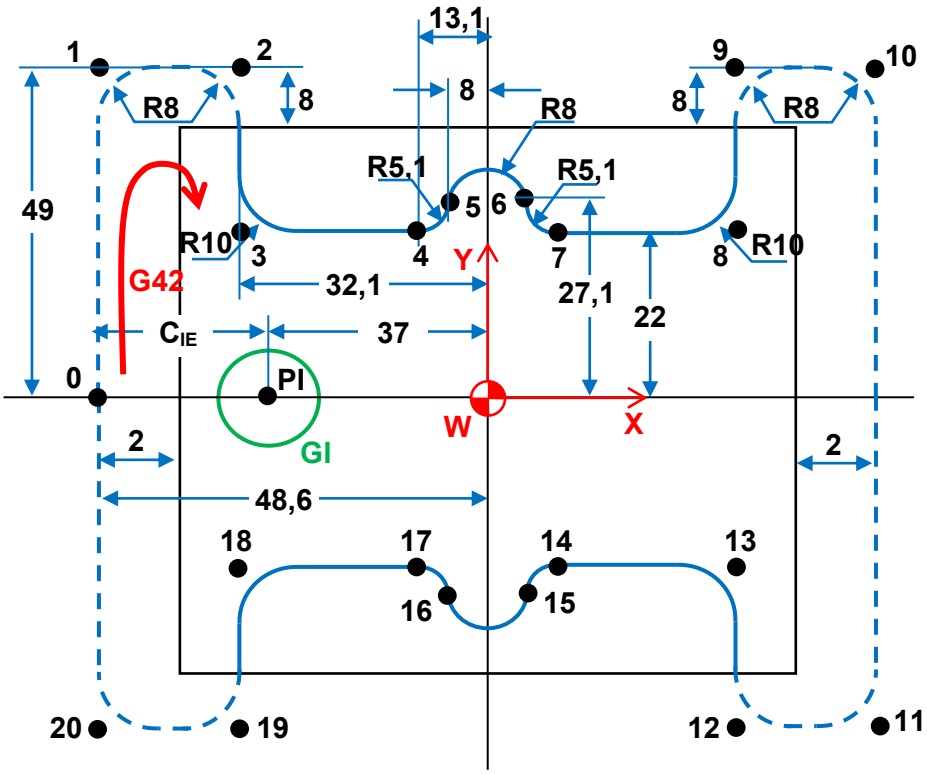


Fig. 5.7. Desen tehnologic CNC – Contur profilat simetric CPS

b. Frezare contur profilat

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D12x32 / z4
0,5 D = (0,6 ÷ 0,8) R = 4,8 ÷ 6,4 mm

Parametri geometrici: hCPS = 6 mm
ae = 0,3 D = 3,6 mm
i = 1 trecere

Parametri programabili: S = 5730 rot/min
F = 1600 mm/min
F* = 800 mm/min
I ≤ 0,6 D = 7 mm
R = 0
K = 0,5 mm

Coordonate:

	PS	PI	0	1	2	3	4	5
X	0.	-37.	-48.6	-48.6	-32.1	-32.1	-13.1	-8.
Y	0.	0.	0.	49.	49.	22.	22.	27.1
Z	10. G00	0. G01	G42 G01	R8 G01	R8 G01	R10 G01	G01	R5.1 G03
	6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
X	8.	13.1	32.1	32.1	48.6	48.6	32.1	32.1
Y	27.1	22.	22.	49.	49.	-49.	-49.	-22.
	R8. G02	R5.1 G03	R10. G01	R8. G01	R8. G01	R8. G01	R8. G01	R10. G01
	14	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	
X	13.1	8.	-8.	-13.1	-32.1	-32.1	-48.6	
Y	-22.	-27.1	-27.1	-22.	-22.	-49.	-49.	
	G01	R5.1 G03	R8. G02	R5.1 G03	R10. G01	R8. G01	R8. G01	

a. Teşire muchie contur

Sculă: Freză conică V90 D4x5 / z2

Parametri geometrici: a = 0,5 mm
ae = 0,5 (D+2a) = 2,5 mm
i = 1 trecere
C_{IE} = 1,5 D = 6 mm

Parametri programabili: S = 7600 rot/min
F = 1000 mm/min
F* = 500 mm/min
Z = -2,5 mm

Program FANUC: FREZARE CPS

```
%
O00040 (FREZARE CPS / SP 500)
(Cuvinte cheie - Frezare cavitate profilata simetrica)
(Cavitate profilata - 64,2x44x6/R5,1/R8/R10)
(Origine WC - G54)
(Referinta Z0.0 - Centru / Fata superioara)
(Scula - Freza CF D12x32/z4 - T12 / S5730 / F1600)
(Plan R0 / Adancime Z-6)
G00 G53 Z0
T12 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S5730 M03
G43 H12 Z10. M01
M08
(Punct initial PI)
X-37. Y0.
(Prelucrare gaura initiala)
G01 Z0. F600.
G03 G91 Z-1.933 I-3. L3
G03 G90 Z-5.8 I-3.
G01 Z0.
(Frezare CPS - Degrosare+Finisare)
G150 G42 P500 Z-6. R0. I7. K0.5 Q6. D12 F1600.
(Retragere scula)
G01 Z10. M09
G00 G40 X0. Y0.
(Scula - Freza V90 D4/z2 - T7 / S7600 / F1000)
(Plan R10 / Adancime Z-2.5)
G00 G53 Z0
T7 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3600 M03
G43 H7 Z10. M01
M08
(Tesire profil CPS - 0,5x45)
```

```
(Punct de start PS)
X-42.6 Y0.
G01 Z-2.5 F600.
M97 P200
(Retragere scula)
G01 Z10. M09
G00 G40 X0. Y0.
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
(SUBRUTINA LOCALA 200 - Tesire CPS)
N200
(Punct de start PS)
G01 X-42.6 Y0. F500.
(Punct de intrare PI)
G01 G42 X-40.6 Y0. D7
G03 X-48.6 Y0. R4. F1000.
G01 Y49., R8.
X-32.1, R8.
Y22., R10.
X-13.1
G03 X-8. Y27.1 R5.1
G02 X8. R8.
G03 X13.1 Y22. R5.1
G01 X32.1, R10.
Y49., R8.
X48.6, R8.
Y-49., R8.
X32.1, R8
Y-22., R10.
X13.1
G03 X8. Y-27.1 R5.1
G02 X-8. R8.
G03 X-13.1 Y-22. R5.1
G01 X-32.1, R10.
Y-49., R8.
X-48.6, R8.
```

```
Y0.
(Punct de iesire PE)
G03 X-40.6 Y0. R4.
(Punct de start PS)
G01 G40 X-42.6 Y0. F500.
M99
%
```

Subprogram FANUC: CONTUR PROFILAT SIMETRIC

```
%
O00500 (CONTUR PROFILAT SIMETRIC / SP 500)
G01 X-48.6 Y0. F1600.
Y49., R8.
X-32.1, R8.
Y22., R10.
X-13.1
G03 X-8. Y27.1 R5.1
G02 X8. R8.
G03 X13.1 Y22. R5.1
G01 X32.1, R10.
Y49., R8.
X48.6, R8.
Y-49., R8.
X32.1, R8
Y-22., R10.
X13.1
G03 X8. Y-27.1 R5.1
G02 X-8. R8.
G03 X-13.1 Y-22. R5.1
G01 X-32.1, R10.
Y-49., R8.
X-48.6, R8.
Y0.
M99
%
```

Faza F2 – VPS: FREZARE BUZUNARE

Se programează faza de frezare după un ciclu VPS specific prelucrării cavităţilor rectangulare. Geometria celor două buzunare dreptunghiulare este descrisă în figura 5.8. Faza este executată în două subfaze:

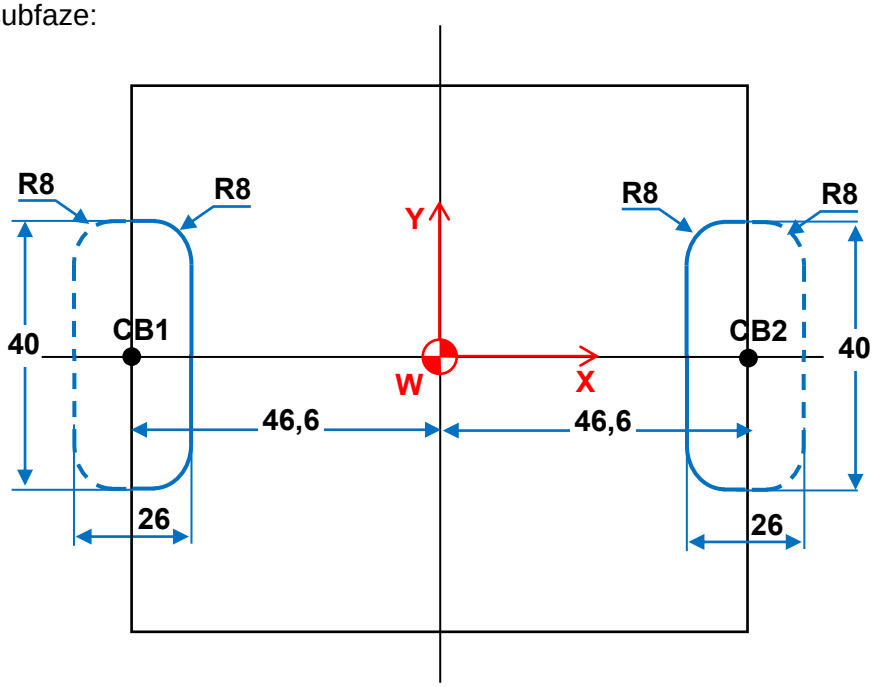


Fig. 5.8. Desen tehnologic CNC – Buzunare dreptunghiulare BD1+BD2

F2.1 – VPS: SQUARE POCKET MILLING

Parametri VPS - Frezare:

W	T	D	S	F	M8	X	Y	WX
BD1	12	12.	3000	600.	1	-46.6	0.	26.
BD2						46.6	0.	

W	WY	J	K	R	TOP	Z	B	L
BD1	40.	6.	0.5	10.	0.	-14.	14.4	4
BD2								

W	ZFIN	RAD
BD1	0.5	8.
BD2		

F2.2 – VPS: SQUARE CONTOUR MILLING

Parametri VPS – Teşire 0,5x45°:

W	T	D	S	F	X	Y	R	Z
BD1	7	4.	7000	1000.	-46.6	0.	10.	-2.5
BD2					46.6	0.		

W	IN	WX	WY	CR	RAD	RAD_I
BD1	0	26.	40.	0	0.	8.
BD2						

Faza F3 – PROGRAM: ALEZAJ D18x20

Se programează faza de frezare cu pătrunderi succesive în axa alezajului, respectiv cu lărgirea progresivă a diametrului, cu regim de degroşare şi finisare. Se utilizează funcţia G13 (frezare buzunar circular în sens antiorar) cu Metoda IV şi gaură iniţială (GI) (figura 5.9).

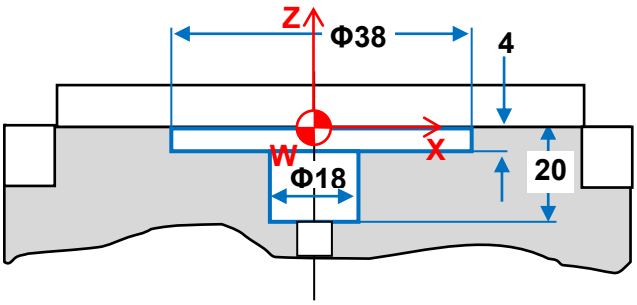


Fig. 5.9. Desen tehnologic CNC – Alezaj A şi Buzunar circular BC

a. Frezare gaură iniţială

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D10x29 / z4

Parametri geometrici: dGI ≥ 1,2 D =13 mm
hGI = 20 mm

Parametri programabili: S = 300 rot/min

F = 500 mm/min
I = 0,5 (dGI – D) = -1,5 mm
Z = -3,333 mm
L = hGI / Z = 6

b. Frezare alezaj

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D10x29 / z4
D = (0,5 ÷ 0,8) dA = 9 ÷ 14,4 mm

Parametri geometrici: dA = 18 mm
hA = 20 mm
ae = 0,33 D = 3,3 mm
i = 6 treceri

Parametri programabili: S = 5700 rot/min
F = 1500 mm/min
I = (0,6 ÷ 1,2) D = 6 ÷ 12 mm
K = 9 mm
I < K, I = 8 mm
L = 6
Q = 0,3D = 3 mm

Program FANUC: FREZARE ALEZAJ D18X20

```
%
O00050 (FREZARE ALEZAJ D18X20)
(Cuvinte cheie - G13 / Metoda IV)
(Origine W - G54 / Centru)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula - Freza CF D10x29/z4 - T10 / S5700 / F1500)
(Plan R10 / Adancime Z-20)
G00 G53 Z0
T10 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S5700 M03
G43 H10 Z10. M01
M08
(Punct de start PS)
```

```
X0. Y0.
G01 Z0. F500.
(Prelucrare gaura initiala GI)
G03 G91 Z-3.333 I-1.5 L6 F500.
G03 G90 I-1.5 Z-20. F1000.
G01 X0. Y0. Z0. F1000.
(Prelucrare - Degrosare + Finisare)
G13 G91 Z-3.333 I8. K9. Q3. D10 L6 F1500.
(Retragere scula)
G00 G80 Z10. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

Faza F4 – PROGRAM: FREZARE BC

Se programează faza de frezare într-o trecere la adâncimea finală și cu lărgirea progresivă a diametrului, cu regim de degroşare şi finisare. Se utilizează funcţia G12 (frezare buzunar circular în sens orar), cu Metoda III.

Sculă: Freză cilindro-frontală CF D20x47 / z4
D = (0,5 ÷ 0,8) dA = 9 ÷ 14,4 mm

Parametri geometrici: dA = 38 mm
hA = 4 mm
dI = 18 mm
ae = 0,3 D = 6 mm
i = 1 trecere

Parametri programabili: S = 3200 rot/min
F = 2000 mm/min
K = 19 mm
I < K, I = 0,8 K = 15,2 mm
Q = ae = 6 mm

Program FANUC: FREZARE BUZUNAR BC

```
%
O00060 (FREZARE BUZUNAR BC)
(Cuvinte cheie - G13 / Metoda III)
(Origine W - G54 / Centru)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula - Freza CF D20x47/z4 - T15 / S3200 / F2000)
(Plan R10 / Adancime Z-4)
G00 G53 Z0
T15 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3200 M03
G43 H15 Z10. M01
M08
(Punct de start PS)
X0. Y0.
(Prelucrare - Degrosare + Finisare)
G12 Z-4. I15.2 K19. Q6. D15 F2000.
(Retragere scula)
G00 G80 Z10. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

Faza F5 – PROGRAM: FILETARE 4gxM6

Prelucrarea celor patru găuri echidistante, dispuse în serie circulară, este realizată prin trei subfaze:

- F5.1 – centruire;
- F5.2 – burghiere;
- F5.3 – filetare.

Structura seriei de găuri este descrisă prin funcţia G70 cu parametri din figura 5.9.

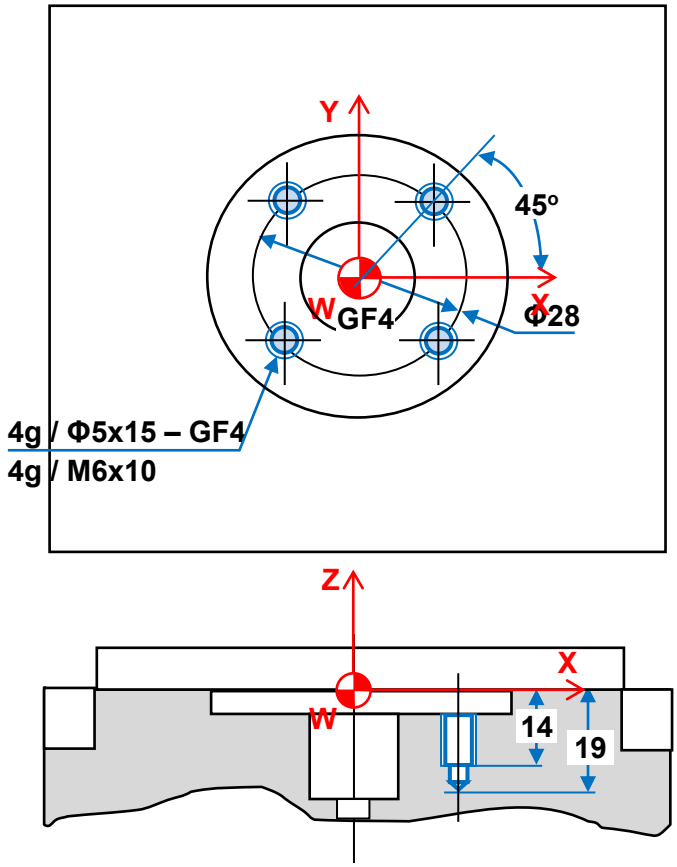


Fig. 5.9. Desen tehnologic CNC – Serie circulară de găuri filetate GF4

Scule: Centruitor A D3,15/8
Burghiu elicoidal N118 D5x56
Tarod Metric C M6x1x32

Parametri programabili centruire: S = 3600 rot/min
F = 215 mm/min
Z = -6 mm

Parametri programabili burghiere: S = 3000 rot/min
F = 470 mm/min
Z = -19 mm

Parametri programabili filetare: S = 500 rot/min

F = 500 mm/min
Z = -14 mm

Parametri serie: I = 14 mm
J = 45
L = 4

Program FANUC: STRUCTURA GF4

```
%
O00070 (STRUCTURA GF4)
(Cuvinte cheie - Cicluri de gaurire si filetare in serie circulara)
(Serie circulara 4g / M6x1x10 / pas90)
(Origine W - G54 / Centru)
(Referinta Z0.0 - Fata superioara)
(Scula - Centruitor A D3.15/8 - T03 / S3600 / F215)
(Plan R10 / Adancime Z-6)
G00 G53 Z0
T03 M06
G00 G17 G40 G49 G80 G90 G98
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3600 M03
G43 H03 Z10. M01
M08
(Centru CC)
X0. Y0.
(Centruire)
G81 G98 Z-6. R10. L0 F215.
G70 I14. J45. L4
G00 G80 Z20.
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Scula - Burghiu N D5x45 - T11 / S3000 / F470)
(Plan R10 / Adancime Z-19)
G00 G53 Z0
T11 M06
G00 G90 G54 X0. Y0.
S3000 M03
G43 H11 Z10. M01
```

```
M08
(Centru CC)
X0. Y0.
(Burghiere)
G81 G98 Z-19. R10. L0 F470.
G70 I14. J45. L4
G00 G80 Z20.
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Scula - Tarod M6x1x25 - T04 / S500 / F500)
(Plan R10 / Adancime Z-14)
G00 G53 Z0
T04 M06
G00 G90 G54 X0. Y0.
G43 H04 Z10. M01
M08
(Centru CC)
X0. Y0.
(Filetare)
G84 G98 Z-14. R10. J0 L0 F500 S500
G70 I14. J45. L4
G00 G80 Z20.
(Retragere scula)
G00 G80 Z20. M09
(Origine Z)
G00 G90 G53 G49 Z0 M05
(Origine Y)
G00 G53 Y0
M30
%
```

ANEXĂ Lista codurilor și funcţiilor

Lista codurilor și funcţiilor programabile

Cod / Funcţie	Descriere
G00	Poziţionarea prin deplasare rapidă
G01	Mişcarea de interpolare liniară
G02	Mişcarea de interpolare circulară în sens direct orar
G03	Mişcarea de interpolare circulară în sens invers orar
G04	Oprirea temporizată
G10	Programarea corecţiilor şi decalajelor
G12	Frezarea cavităţilor circulare în sens direct orar
G13	Frezarea cavităţilor circulare în sens invers orar
G17	Selectarea planului de lucru X-Y
G18	Selectarea planului de lucru X-Z
G19	Selectarea planului de lucru Y-Z
G28	Revenirea în originea maşinii pe toate axele

Cod / Funcţie	Descriere
G40	Anularea compensării de rază
G41	Compensarea de rază 2D spre stânga
G42	Compensarea de rază 2D spre dreapta
G43	Compensarea lungimii sculei în plus (+)
G44	Compensarea lungimii sculei în minus (-)
G49	Anularea compensării lungimii sculei
G53	Anularea decalajelor de coordonate
G54 ÷ G59	Selectarea coordonatelor de lucru principale
G70	Prelucrarea găurilor în serie circulară
G71	Prelucrarea găurilor în serie arc
G72	Prelucrarea găurilor în serie liniară
G80	Anularea ciclului fix
G81	Ciclul fix de centruire / găurire
G82	Ciclul fix de pregăurire / lărgire / adâncire
G83	Ciclul fix de găurire progresivă normală
G84	Ciclul fix de tarodare
G85	Ciclul fix de alezare I
G86	Ciclul fix de alezare II cu oprire şi retragere rapidă
G89	Ciclul fix de alezare III cu temporizare
G90	Poziţia / cotarea absolută
G91	Poziţia / cotarea incrementală
G94	Viteza de avans în mm/min
G98	Retragerea sculei după ciclul fix în poziţie iniţială
G99	Retragerea sculei după ciclul fix în planul R
G150	Frezarea cavităţilor rectangulare şi profilate

Cod / Funcţie	Descriere
G154	Selectarea coordonatelor de lucru secundare P1 ÷ P99
T	Numărul postului de stocare a sculei în magazin
S	Turaţia axului principal / sculei
F	Viteza de avans de lucru
H	Registrul corecţiei de lungime a sculei
D	Registrul corecţiei de rază a sculei
R	Planul de poziţionare, retragere şi transfer
M00	Oprirea programată, maşina intră în starea de STOP
M01	Oprirea facultativă a executării programului
M02, M30	Sfârşitul unui program
M03	Rotirea axului principal / sculei în sens direct orar
M04	Rotirea axului principal / sculei în sens invers orar
M05	Oprirea rotirii axului principal / sculei
M06	Activarea ciclului de schimbare a sculei din magazin
M97	Apelarea unei subrutine locale P
M98	Apelarea unui subprogram extern P
M99	Sfârşitul unei subrutine sau a unui subprogram

BIBLIOGRAFIE

[1] C. Chivu, V. Tăbăcaru, ***Programarea tehnologiilor CNC în intreprinderea simulată***, Galati University Press, Galaţi, 2023.

[2] V. Tăbăcaru, F. Susac, ***Sisteme integrate de producţie – Aplicaţii rezolvate***, Galati University Press, Galaţi, 2020.

[3] Haas Automation Inc., ***Vertical & Horizontal Mill, 96-8210*** – www.HaasCNC.com, Oxnard, 2020.

[4] Haas Automation Inc., ***Manualul operatorului frezei, Manuals and Documentation, 96-8210*** – www.HaasCNC.com, Oxnard, 2016.

[5] F. Susac, V. Tăbăcaru, ***Programarea sistemelor integrate de producţie – Tehnologii de frezare şi găurire***, Galati University Press, Galaţi, 2015.

[6] Productivity Inc., ***Haas CNC Mill Programming Manual, 021913*** – www.productivity.com, Minneapolis, 2013.