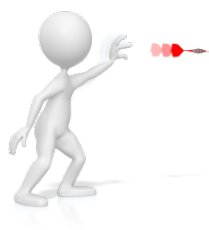


**LUCRAREA NR. 6**

# **PROGRAMAREA PRELUCRĂRII GĂURILOR PE O FREZĂ CNC**



Lucrarea prezintă modul de programare a celor mai des întâlnite operații pentru prelucrarea găurilor: găurire, lărgire, teșire și filetare. De asemenea se prezintă modul de utilizare a subprogramelor.



## CE TREBUIE SĂ CUNOAȘTEM ?



### ***Ce este o gaură și care sunt parametrii care o definesc?***

O gaură reprezintă o cavitate cilindrică realizată într-un material, caracterizată prin:

- adâncime (sau lungimea găurii);
- diametru (uneori se specifică raza);
- gradul de finisare;
- prezența sau absența șanfrenului;
- tipul de prelucrare a suprafeței interioare a găurii.



### ***Ce operații se folosesc pentru realizarea unei găuri?***

Cele mai des întâlnite operații sunt:

- găurirea preliminară;
- găurirea efectivă;
- alezarea;
- teșirea;
- filetarea.



#### ***Găurirea preliminară***

*Se realizează cu ajutorul unui burghiu cu unghiul la vârf de 90 de grade.*

*Găurirea preliminară se folosește pentru:*

- *inițierea unei găuri, cu scopul de a asigura o mai ușoară centrare a burghiului folosit pentru găurirea efectivă;*
- *teșirea unei găuri pe interior, pentru a ușura introducerea unui bolț, nit sau șurub (în cazul în care gaura are un filet interior);*
- *atât inițiere cât și teșire.*

**Găurirea efectivă**

Este operația de realizare a unei găuri până la adâncimea specificată. În general gaura obținută prezintă bavuri la buza găurii (datorită formei burghiului folosit) fiind necesare operații suplimentare de prelucrare.

**Alezarea**

Este operația de lărgire sau finisare a unei găuri existente.

**Teșirea sau șanfrenarea**

Este operația de prelucrare a buzei unei găuri. Se poate folosi o freză specială sau un burghiu normal, în funcție de specificații.

**Filetarea**

Este operația de prelucrare a interiorului unei găuri existente, în vederea realizării unui filet, cu ajutorul unei scule speciale numită tarod.

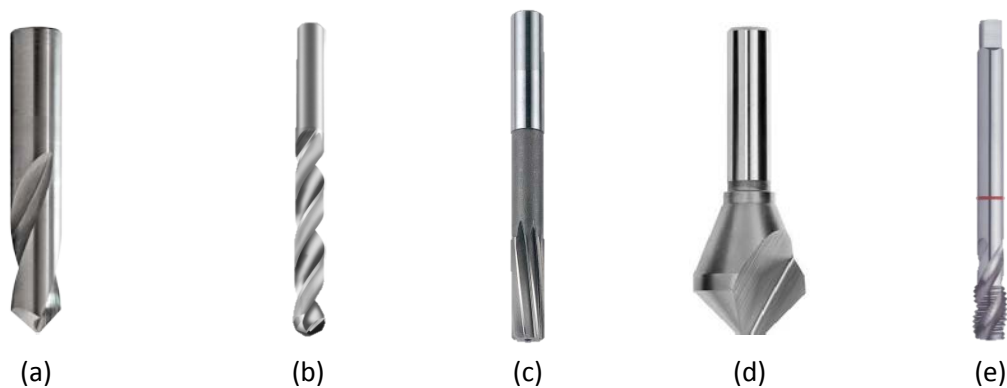
**Ce tipuri de scule se folosesc pentru prelucrarea găurilor pe o freză cu comandă numerică?**

Sculele cel mai des utilizate sunt (vezi figura 6.1):

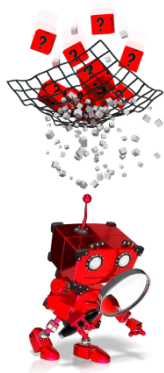
- freza de tip burghiu pentru găurire preliminară (are unghiul la vârf de 90 de grade);
- freza de tip burghiu pentru găurire efectivă (are unghiul la vârf de 118 grade);
- alezor (are vârful bont);
- freză de șanfrenat;
- tarod.



Operația de șanfrenare poate fi realizată și cu un burghiu normal, dacă se alege astfel încât diametrul său să fie mai mare decât diametrul găurii de șanfrenat.



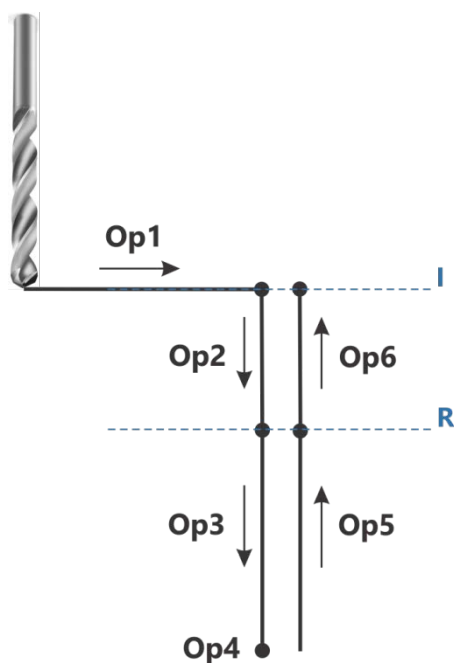
**Figura 6.1** Scule utilizate pentru prelucrarea găurilor: (a) freză (burghiu) pentru găurire preliminară, (b) freză (burghiu) pentru găurire efectivă; (c) alezor; (d) freză de șanfrenat; (e) tarod.



### ***Care sunt operațiile necesare realizării unei găuri?***

Realizarea unei găuri presupune o serie de operații prezentate în continuare (vezi figura 6.2):

1. Poziționarea sculei deasupra găurii (pe axele X și Y);
2. Aproximarea rapidă a sculei de punctul în care începe mișcarea de prelucrare (nivelul R situat tot deasupra găurii);
3. Găurirea efectivă;
4. Prelucrarea fundului găurii (dacă este cazul);
5. Retragera sculei până la nivelul de referință R;
6. Retragera rapidă a sculei până în punctul inițial I.



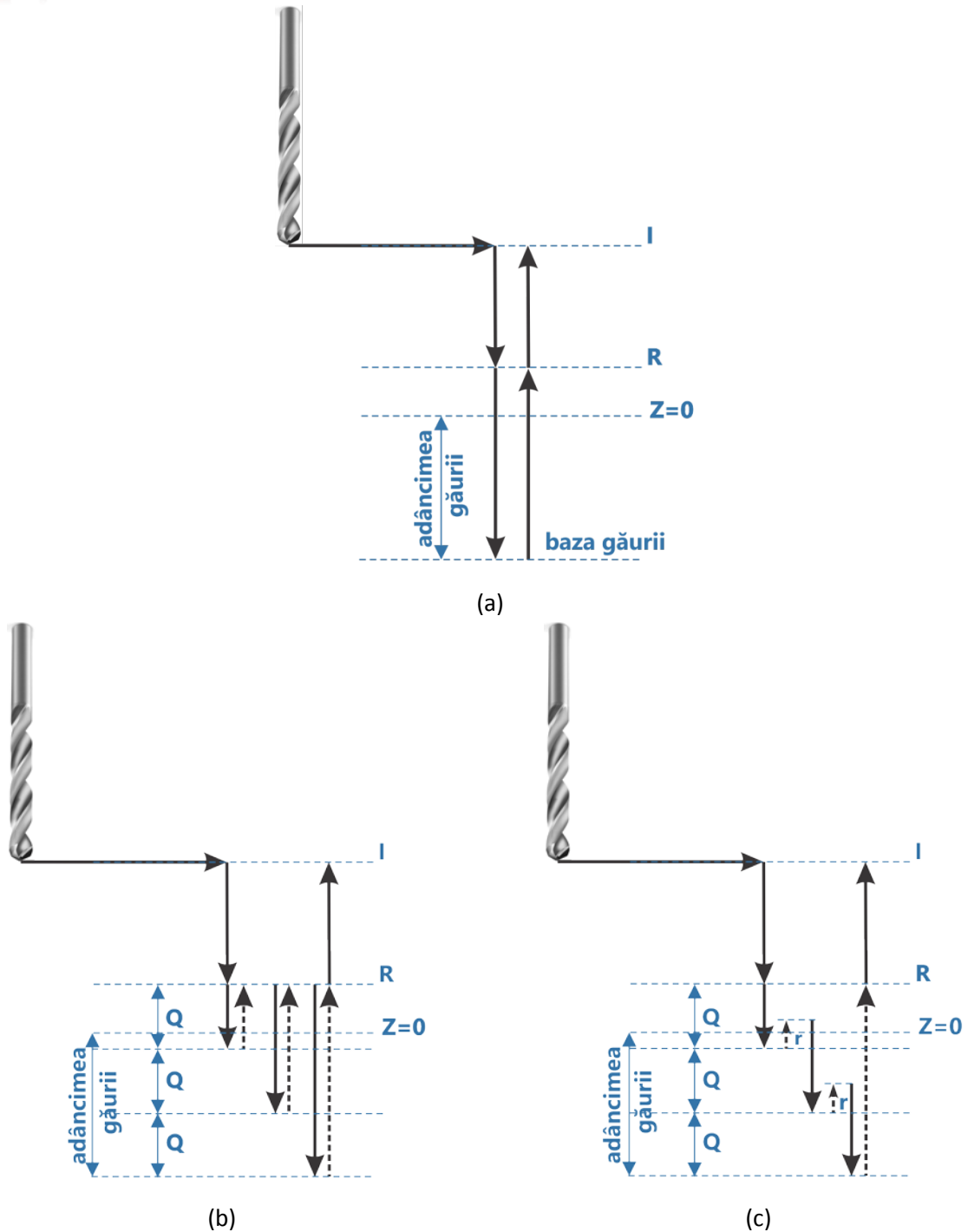
**Figura 6.2** Etapele realizării unei găuri



## Prin ce metode poate fi realizată o gaură pe o freză CNC?

Găurile pot fi prelucrate prin una dintre următoarele metode (vezi figura 6.3):

- găurire continuă;
- găurire în trepte cu revenire la punct fix;
- găurire în trepte cu revenire la punct variabil.



**Figura 6.3** Modalități de realizare a unei găuri: (a) continuu; (b) în trepte cu revenire la punct fix; (c) în trepte cu revenire la punct variabil.



### **Găurirea continuă**

*Se folosește în general în cazul în care nu este nevoie de fărâmițarea șpanului și nu este necesară o întârziere la baza găurii.*



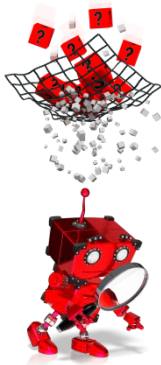
### **Găurirea în trepte cu revenire la punct fix**

*Se folosește în general în cazul în care este nevoie de extragerea șpanului cât mai des.*



### **Găurirea în trepte cu revenire la punct variabil**

*Se folosește în general în cazul în care este nevoie de fărâmițarea șpanului, dar extragerea totală a acestuia nu este necesară.*



## **Ce calcule sunt necesare pentru realizarea unei operații de găurire preliminară?**

Realizarea unei găuri preliminare presupune folosirea unui burghiu cu unghiul la vârf de 90 de grade (mai rar, unghiul la vârf poate fi de 60 de grade). Adâncimea la care trebuie să ajungă se determină în funcție de diametrul găurii finale și de diametrul burghiului folosit pentru găurirea preliminară astfel:

- dacă diametrul burghiului pentru găurire preliminară este mai mic sau cel mult egal cu cel prevăzut pentru gaura finală, atunci burghiul va putea intra în material cu toată lungimea vârfului;
- dacă diametrul burghiului pentru găurire preliminară este mai mare decât cel prevăzut pentru gaura finală, atunci burghiul va putea intra în material numai cu o parte din lungimea vârfului, astfel încât să nu se depășească diametrul prevăzut pentru gaura finală.

## **EXEMPLUL 1**

Se consideră că este necesară realizarea unei găuri preliminare pentru o gaură finală a cărei diametru va fi de 8 mm. Sunt disponibile două freze pentru găurire preliminară cu diametru de 8 mm, respectiv de 12 mm.

Care va fi adâncimea maximă la care vor putea intra cele două freze astfel încât să nu se depășească diametrul găurii finale?

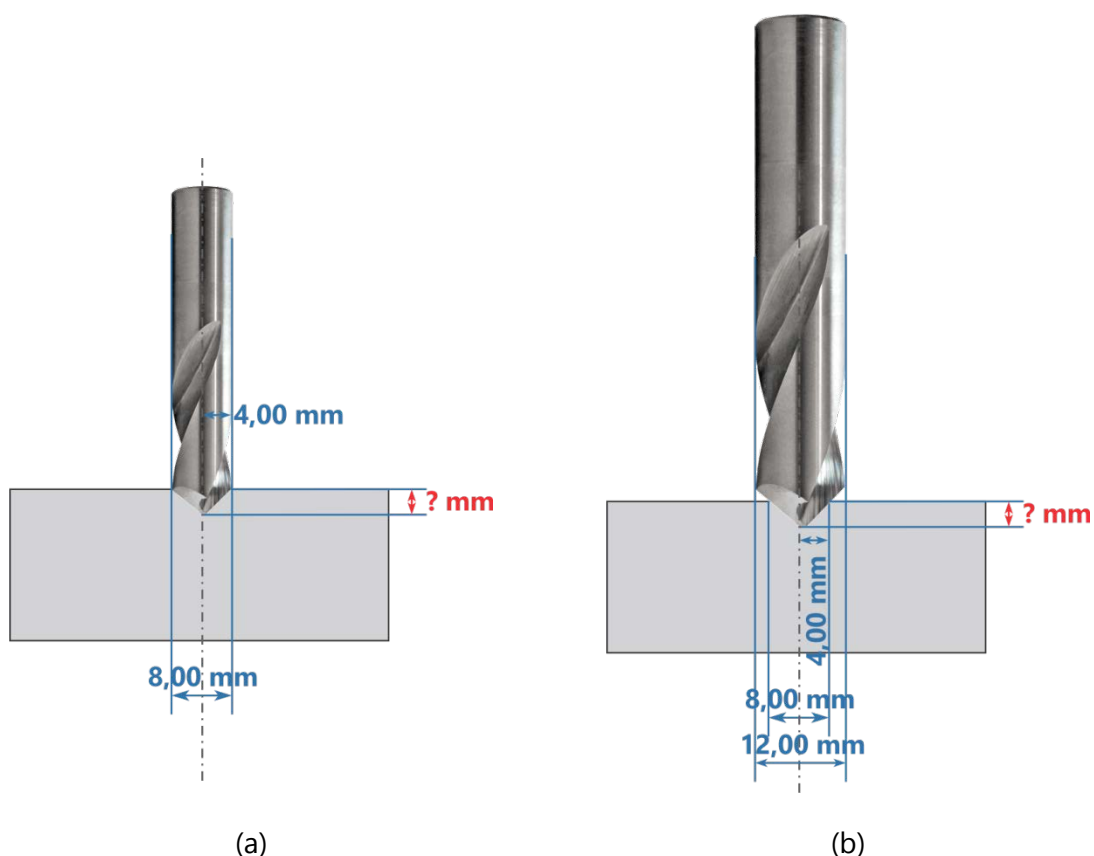


Pentru exemplificare se consideră desenul din figura 6.4a pentru cazul frezei de 8 mm și figura 6.4b pentru cazul frezei de 12 mm.

Având în vedere că unghiul la vârful frezei este de 90 de grade, înălțimea vârfului frezei este egală cu raza frezei.

Astfel, în cazul (a) pentru diametrul găurii finale de 8 mm (adică având raza de 4 mm), vârful frezei poate să coboare cu 4 mm, adică exact cu raza frezei, deci tot vârful poate să intre în piesă.

În cazul (b) pentru a păstra diametrul găurii finale de 8 mm, înseamnă că vârful frezei poate să intre în piesă cel mult 4 mm adică doar 2/3 din lungimea sa de 6 mm (egală cu raza sculei, care are diametrul de 12 mm).



**Figura 6.4** Realizarea unei găuri preliminare: (a) folosind o freză cu diametrul de 8 mm; (b) folosind o freză cu diametrul de 12 mm.



Să se simuleze secvențele de cod prezentate mai jos. Se vor folosi: T1, T2 – freze pentru găurire preliminară cu diametrul de 8 mm, respectiv 12 mm. Piesa brută are dimensiunile 100 mm x 100 mm x 20 mm.

Să se precizeze ce operație realizează fiecare din cele trei secvențe de cod și să se analizeze comparativ.

**N1 G00 G54 T1 M03 F10 S100**  
**N2 G00 X10 Y80 Z5**  
**N3 G01 Z-4**  
**N4 Z5**

(1)

**N5 T2**  
**N6 G00 X40 Y80 Z5**  
**N7 G01 Z-4**  
**N8 Z5**

(2)

**N9 G00 X70 Y80 Z5**  
**N10 G01 Z-6**  
**N11 Z5**

(3)



## Ce calcule sunt necesare pentru realizarea unei găuri înfundate?

Realizarea unei găuri înfundate presupune folosirea unui burghiu cu unghiul la vârf de 118 grade. Având în vedere că freza nu are vârful plat, gaura care se va obține nu va avea același diametru pe toată lungimea sa. De aceea dacă se dorește o gaură cu o anumită adâncime, pentru obținerea adâncimii dorite, freza va trebui să coboare mai mult (lungimea găurii plus lungimea vârfului sculei).

## EXEMPLUL 2

Se consideră că este necesară realizarea unei găuri înfundate cu diametrul de 8 mm.

Care va fi adâncimea la care trebuie să coboare freza astfel încât să se obțină o gaură cu lungimea (adâncimea) de 10 mm utili (adică, în care să intre total un bolț cu lungimea de 10 mm, care are vârful plat)?



Pentru exemplificare se consideră desenul din figura 6.5.

Pentru determinarea adâncimii la care trebuie să ajungă vârful burghiului trebuie determinată lungimea vârfului acestuia.

În triunghiul format se cunoaște un unghi de  $59^{\circ}$  (adică jumătate din unghiul burghiului la vârf) și o catetă, care este raza burghiului (4 mm). Lungimea celeilalte catete este egală cu lungimea vârfului burghiului.

Aplicând formula de mai jos, se determină lungimea vârfului burghiului:

$$\operatorname{tg}(59) = \frac{4}{?} \Rightarrow ? = \frac{4}{\operatorname{tg}(59)} \cong 2,40 \quad (6.1)$$

Astfel adâncimea la care trebuie să ajungă vârful burghiului va fi:

$$Z = -(10,00 + 2,40) = -12,40 \quad (6.2)$$

Observație:

Z are valoare negativă, deoarece s-a considerat punctul de zero piesă la suprafața acesteia.



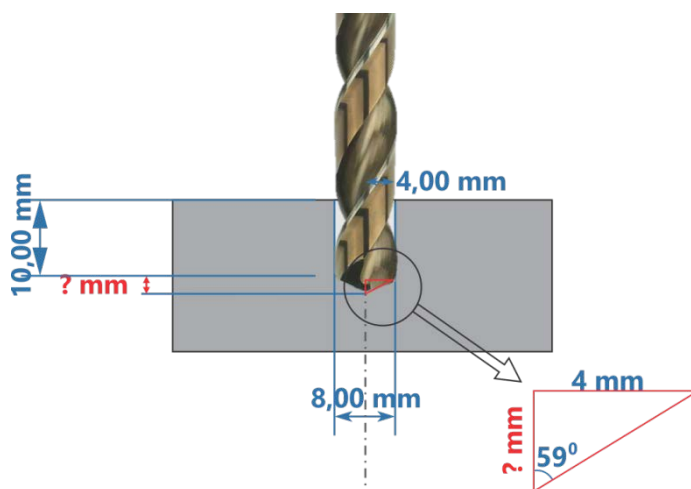


Figura 6.5 Realizarea unei găuri finale



Să se simuleze secvențele de cod prezentate mai jos. Se va folosi: T3 – freză pentru găurire efectivă cu diametrul de 8 mm.

Să se precizeze ce operație realizează fiecare din cele trei secvențe de cod și să se analizeze comparativ rezultatele operațiilor. După caz, să se precizeze care este valoarea parametrilor Q, R, r.

N12 T3  
N13 G00 X10 Y80 Z5  
N14 G01 Z-12.4  
N15 Z5

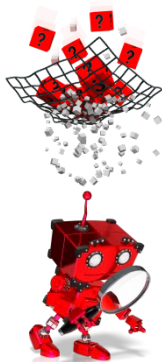
(1)

N16 G00 X40 Y80 Z5  
N17 G01 Z2.4  
N18 Z-0.4  
N19 Z2.4  
N20 Z-3.4  
N21 Z2.4  
N22 Z-6.4  
N23 Z2.4  
N24 Z-9.4  
N25 Z2.4  
N26 Z-12.4  
N27 Z2.4  
N28 Z5

(2)

N29 T3 F1  
N30 G00 X70 Y80 Z5  
N31 G01 Z2.4  
N32 Z-0.4  
N33 Z0.4  
N34 Z-3.4  
N35 Z-2.4  
N36 Z-5.4  
N37 Z-4.4  
N38 Z-7.4  
N39 Z-6.4  
N40 Z-9.4  
N41 Z-8.4  
N42 Z-11.4  
N43 Z-10.4  
N44 Z-12.4  
N45 Z5

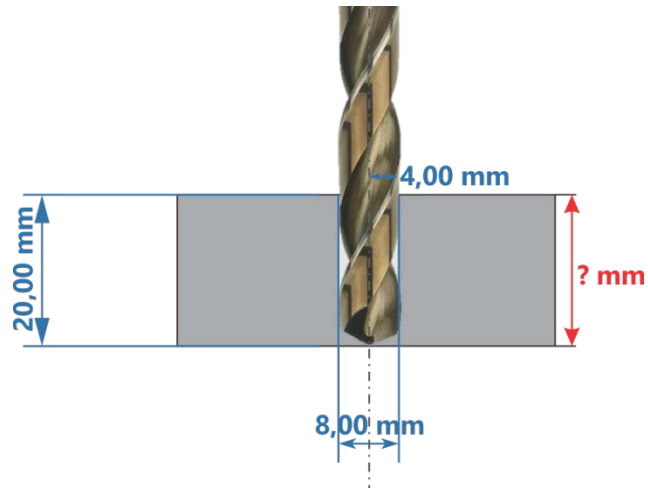
(3)



### ***Ce calcule sunt necesare pentru realizarea unei găuri totale?***

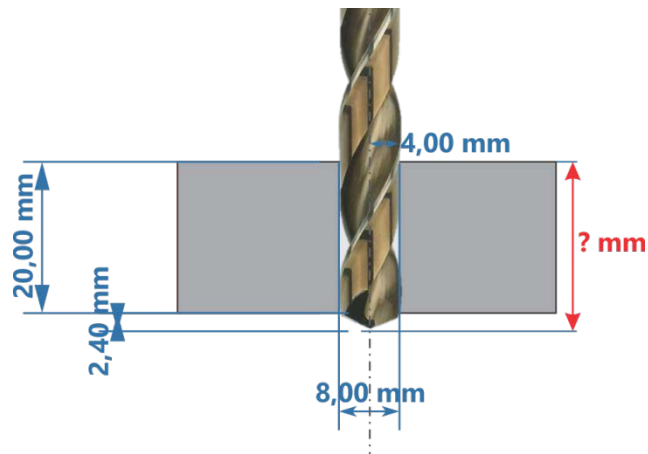
O gaură totală, este o gaură care penetrează materialul în care este realizată. Pentru determinarea adâncimii la care trebuie să ajungă vârful burghiului este necesar să se cunoască: înălțimea piesei, lungimea vârfului sculei și distanța de verificare.

Dacă vom coborî pe axa Z numai cu înălțimea piesei, vârful burghiului se va afla la baza piesei și prin urmare nu va exista o gaură totală (vezi figura 6.6).



**Figura 6.6** Realizarea unei găuri înfundate

Pentru a realiza gaura totală este necesar să se coboare cu încă lungimea vârfului sculei sub baza piesei (materialului) (vezi figura 6.7).



**Figura 6.7** Gaură totală incorect executată

Pentru a garanta prelucrarea corectă a marginilor interioare ale găurii, la baza acesteia, datorită formei burghiilor, este necesar să se coboare chiar mai jos decât înălțimea piesei plus lungimea vârfului sculei, cu o distanță numită distanță de verificare, a cărei valoare este de aproximativ 1 mm. (vezi figura 6.8).

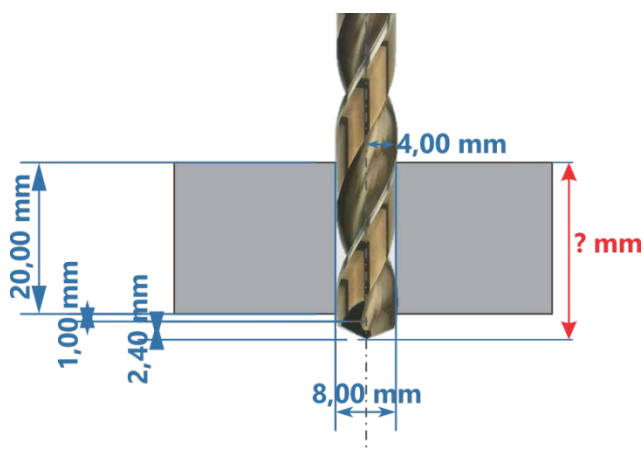


Figura 6.8 Gaură totală corect executată

### EXEMPLUL 3

Se consideră că este necesară realizarea unei găuri totale cu diametrul de 8 mm.

Care va fi adâncimea la care trebuie să coboare burghiul, astfel încât să se obțină o gaură totală, într-un material cu grosimea de 20 mm.



Pentru exemplificare se consideră desenul din figura 6.8.

Așadar adâncimea la care trebuie să ajungă vârful sculei este egală cu suma (cu minus) dintre grosimea piesei, lungimea vârfului sculei și distanța de verificare (vezi relația (6.3):

$$Z = -(20,00 + 2,40 + 1) = -23,40 \quad (6.3)$$



Să se simuleze secvențele de cod prezentate mai jos. Se va folosi: T3 – freză pentru găurire finală cu diametrul de 8 mm.

Să se precizeze ce operație realizează fiecare din cele trei secvențe de cod și să se analizeze comparativ rezultatele operațiilor.

N46 G00 X25 Y50 Z5  
N47 G01 Z-20  
N48 Z5

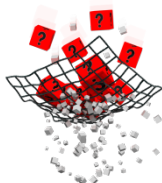
(1)

N49 G00 X55 Y50 Z5  
N50 G01 Z-22.4  
N51 Z5

(2)

N52 G00 X85 Y50 Z5  
N53 G01 Z-23.4  
N54 Z5

(3)



***Ce calcule sunt necesare pentru realizarea unui șanfron?***



Șanfrenul este o teșitură a unei găuri, de obicei în partea superioară, pe interior, care poate avea rolul de a elimina bavurile (finisare) sau de a înlesni introducerea unei alte componente în gaura cu șanfren.

Operația de șanfrenare se poate realiza cu o freză specială (vezi figura 6.1d), sau cu o freză pentru găurire obișnuită, care va trebui să aibă diametrul mai mare decât cel al găurii finale sau totale.

Operația de șanfrenare succede de obicei operația de găurire, dar poate fi realizată și înainte acesteia (prin combinarea operației de găurire preliminară cu cea de șanfrenare).

Marea majoritate a sculelor folosite pentru șanfrenare au vârful bont (de aceea este necesară cel puțin o operație de găurire preliminară care să precedă operația de șanfrenare).

În figura 6.9 sunt prezentați parametrii pentru programarea unei operații de șanfrenare. Semnificația acestora este:

- $d_f$  – diametrul la vârful frezei;
- $D_g$  – diametrul găurii ce trebuie șanfrenată;
- $D_s$  – diametrul găurii cu șanfren;
- $D_f$  – diametrul frezei;
- $a, b$  – dimensiunile șanfrenului ( $a=b$  în cazul în care șanfrenul se realizează cu o freză având unghiul la vârf de 90 de grade);
- $v$  – diferența între lungimea teoretică a vârfului sculei (dacă vârful nu ar fi bont) și cea reală (considerând că vârful este bont);
- $A$  –  $\frac{1}{2}$  din unghiul vârfului frezei.

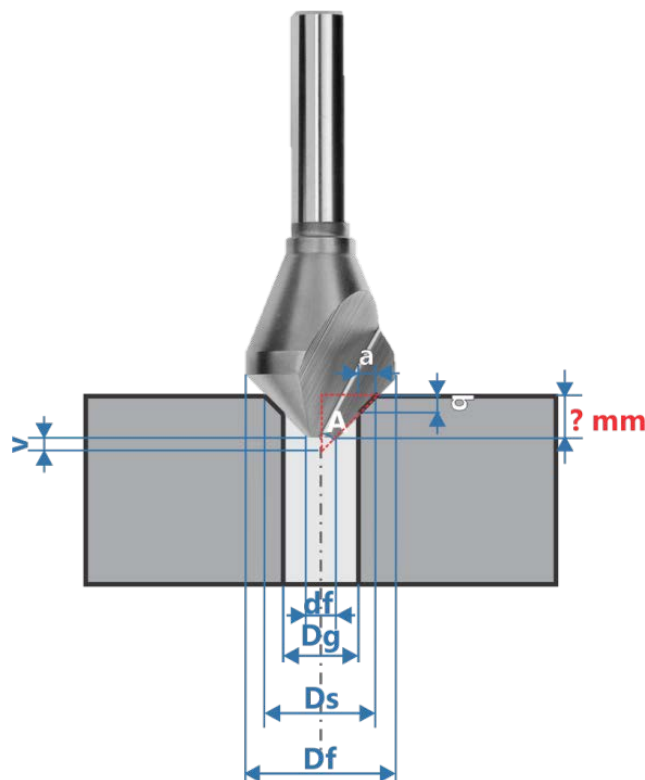


Figura 6.9 Parametrii pentru șanfrenare



Parametrii  $Df$ ,  $df$  și unghiul la vârf ( $2^*A$ ) sunt furnizați de producătorul frezei.

Dacă se cunosc parametrii referitori la geometria frezei și se cunoaște diametrul șanfrenului (sau parametrii  $a$  și  $b$ ), se poate determina adâncimea până la care trebuie să coboare vârful frezei pentru a realiza șanfrenul dorit.

Fie  $x$  adâncimea până la care trebuie să coboare freza.

Atunci:

$$tg(A) = \frac{\frac{Ds}{2}}{x+v} \quad (6.4)$$

de unde:

$$x = \frac{Ds}{2 * tg(A)} - v \quad (6.5)$$

Pentru cazul unei freze de șanfrenare cu unghiul la vârf de 90 de grade, ecuația (6.5) se poate scrie și sub forma (6.6):

$$x = \frac{Ds}{2} - v \quad (6.6)$$

sau:

$$x = \frac{Dg}{2} + a - v \quad (6.7)$$

iar,

$$v = \frac{df}{2} \quad (6.8)$$

Din (6.8) și (6.9), rezultă că:

$$x = \frac{Dg}{2} + a - \frac{df}{2} \quad (6.9)$$

De asemenea pentru a exista un șanfren trebuie ca:

$$Dg < Ds \leq Df \quad (6.10)$$

## EXEMPLUL 4

Se dorește șanfrenarea unei găuri cu diametrul ( $D_g$ ) de 8 mm. Se dorește ca parametrul  $a$  să fie 2 mm (vezi figura 6.9). Se cunoaște că freza are unghiul la vârf de 90 de grade și diametrul ( $D_f$ ) de 16 mm. De asemenea se cunoaște că diametrul vârfului frezei ( $d_f$ ) este de 3,2 mm. Care este adâncimea până la care trebuie să coboare vârful frezei de șanfrenare?



Pentru că unghiul la vârf este de 90 de grade, se poate aplica relația (6.9), rezultând:

$$x = \frac{8}{2} + 2 - \frac{3,2}{2} = 4,4$$

Deci adâncimea până la care va trebui să coboare vârful frezei va fi  $Z = -4,4$ .



Să se simuleze secvențele de cod prezentate mai jos.

Se va folosi: T4 – freză pentru șanfrenare cu diametrul de 16 mm și diametrul vârfului de 3,2 mm, iar unghiul la vârf de 90 de grade.

Să se analizeze rezultatele obținute și să se comenteze referitor la corectitudinea secvențelor prezentate mai jos.

Care este valoarea parametrului  $a$  în cele trei cazuri?

**N55 T4**

**N56 G00 X25 Y50 Z5**

**N57 G01 Z-4.40**

**N58 Z5**

(1)

**N59 G00 X55 Y50 Z5**

**N60 G01 Z-6.40**

**N61 Z5**

(2)

**N62 G00 X85 Y50 Z5**

**N63 G01 Z-10.40**

**N64 Z5**

(3)



### **Cum se realizează filetarea unei găuri?**

Realizarea unui filet interior pentru o gaură se face cu ajutorul unei freze speciale numite tarod. Freza poate să fie cilindrică sau conică (vezi figura 6.1e).

Se realizează inițial o gaură a cărui diametru este puțin mai mic decât diametrul găurii filetate, apoi, folosind un tarod se prelucrează filetul interior. În general pentru prelucrarea filetelor se folosesc cicluri predefinite.



*Există și posibilitatea folosirii unei freze speciale cu un singur dinte. În acest caz pentru realizarea filetului trebuie programată o mișcare elicoidală (o mișcare circulară, combinată cu una liniară în lungul găurii) pe interiorul găurii.*



## Ce este un subprogram?

Un subprogram are aceeași structură cu a unui program, cu mici deosebiri legate de numele subprogramului, instrucțiunea folosită pentru terminarea unui subprogram și modul de apel din programul principal.

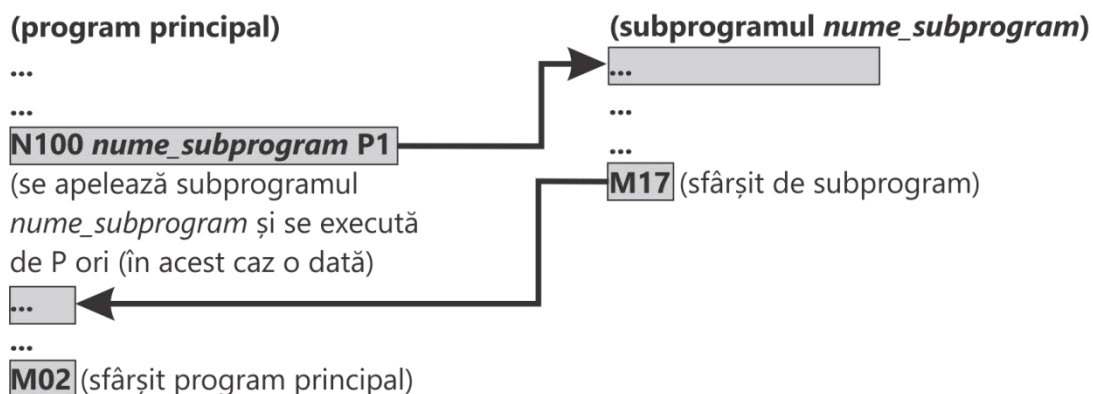
În general subprogramele sunt folosite pentru secvențe de cod care trebuie apelate de mai multe ori, și care, dacă ar fi scrise în programul principal, ar crește mult numărul de linii ale programului.



*Fiecare subprogram trebuie creat într-un fișier separat.*

*Modul de apel al subprogramului și de denumire a acestuia, diferă de la un tip de controler la altul.*

*În figura 6.10 este prezentat modul în care interacționează un program principal și un subprogram, în cazul controlerelor SIEMENS 810M și 840D.*



**Figura 6.10** Relația program-subprogram



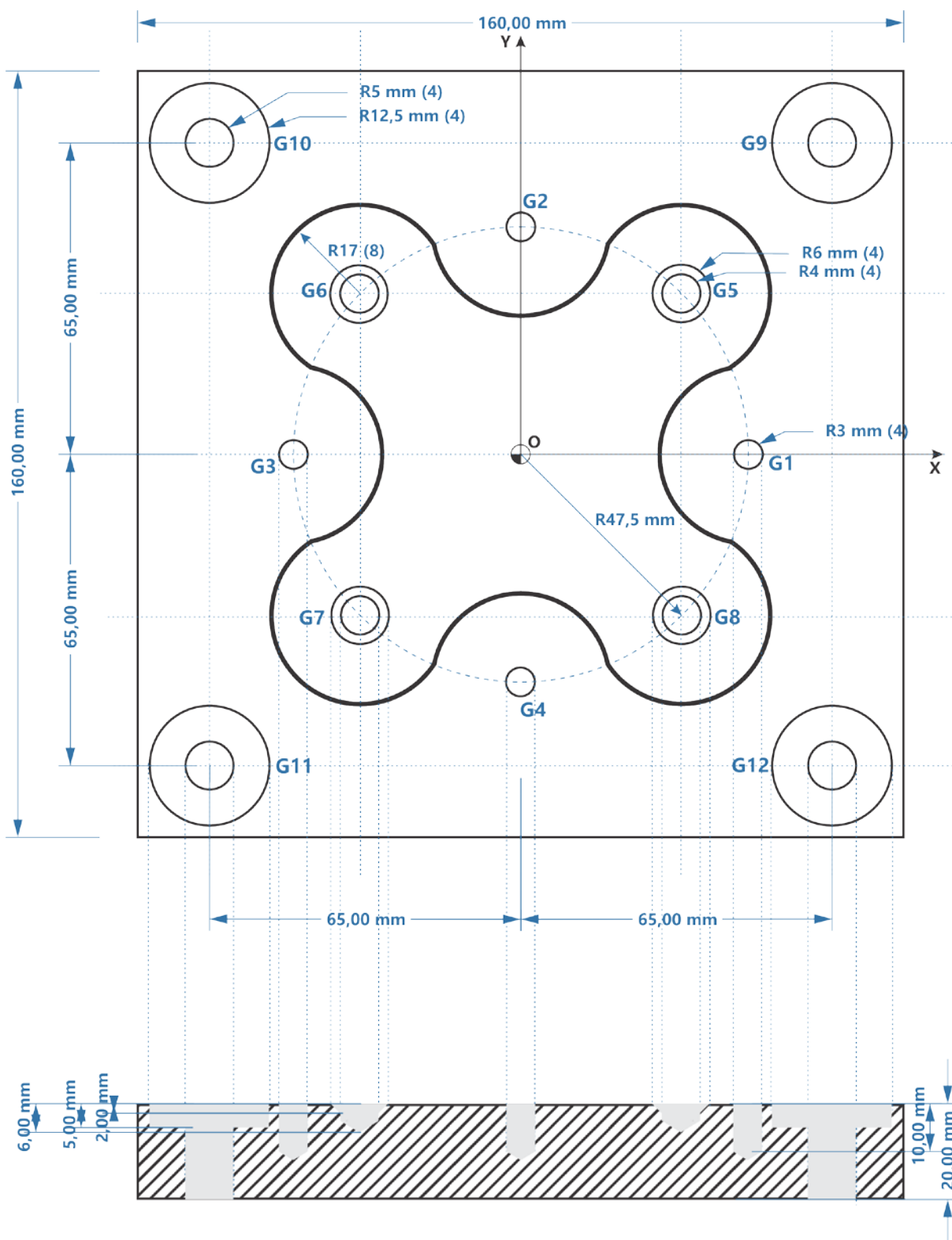
## APLICAȚIE

### Programarea operațiilor de prelucrare a găurilor



Se consideră desenul din figura 6.11.

Se pornește de la un bloc de aluminiu cu lungimea de 160 mm, lățimea de 160 mm și înălțimea de 20 mm.



**Figura 6.11** Vedere frontală și în secțiune longitudinală a piesei prelucrate



În figura 6.11, la vederea în secțiune s-a omis, pentru a face desenul mai clar, canalul creat prin parcurgerea conturului definit de cele 8 semicercuri. Acesta are lățimea de 1 mm și adâncimea de 2 mm și va fi prelucrat folosind o freză pentru gravare.





**Ceriința 1:** Să se scrie un program pentru gravarea piesei din figura 6.11, pe conturul descris de cele 8 semicercuri.

**Ceriința 2:** Să se scrie un program pentru prelucrarea găurilor G1, G2, G3 și G4, alegând freze corespunzătoare pentru găurirea preliminară și găurirea efectivă. Fiecare din cele 4 găuri va fi prelucrată prin găurire în trepte cu revenire la punct fix. Se dau următorii parametri (vezi și figura 6.3b):  $R=3,2$ ;  $Q=5$ ,  $l=10$ . Se va scrie un subprogram pentru implementarea secvenței de găurire în trepte cu revenire la punct fix.

**Ceriința 3:** Să se scrie un program pentru prelucrarea găurilor G5, G6, G7 și G8, alegând freze corespunzătoare pentru operațiile de găurire preliminară, găurire efectivă și teșire (șanfrenare). Fiecare din cele 4 găuri va fi prelucrată prin găurire în mod continuu. Freza folosită pentru șanfrenare va avea următorii parametri (vezi și figura 6.9):  $D_f=16$ ,  $df=3,2$  și unghiul la vârf 90 de grade.

**Ceriința 4:** Să se scrie un program pentru prelucrarea găurilor G9, G10, G11 și G12, alegând freze corespunzătoare pentru operațiile de găurire preliminară, găurire totală și lărgire. Fiecare din cele 4 găuri va fi prelucrată prin găurire în trepte cu revenire la punct variabil. Se dau următorii parametri (vezi și figura 6.3c):  $R=3$ ,  $Q=7$ ,  $r=2$  și  $l=10$ . Se va scrie un subprogram pentru implementarea secvenței de găurire în trepte cu revenire la punct variabil.



Nr.	Enunț	Răspuns	
		A	F
1.	Găurirea înfundată precede găurirea preliminară.		
2.	Diametrul șanfrenului este întotdeauna mai mare decât diametrul găurii totale sau înfundate.		
3.	Șanfrenarea se poate realiza și cu o freză pentru găurire preliminară.		
4.	Găurirea înfundată presupune penetrarea dincolo de baza piesei.		
5.	Distanța de verificare se folosește pentru a garanta că vârful burghiului nu a ieșit prin piesă.		
6.	Pentru o găurire totală freza trebuie să ajungă cu vârful până la baza piesei.		
7.	În cazul celor mai multe freze speciale pentru șanfrenare cu vârful de 90 de grade, adâncimea la care trebuie să ajungă vârful este egală cu diametrul șanfrenului.		
8.	Diametrul unei găuri va fi întotdeauna mai mic decât diametrul șanfrenului.		
9.	Pentru calcularea adâncimii la care trebuie să ajungă vârful frezei în cazul unei găuri totale, se ține cont de înălțimea piesei, lungimea vârfului frezei și distanța de verificare.		
10.	Realizarea unui filet pe o freză cu comandă numerică se poate face numai cu ajutorul tarozilor.		



Problema	Puncte	Total
Exemplul 1	1	1
Exemplul 2	1	1
Exemplul 3	1	1
Exemplul 4	1	1
Aplicația	4 x 1,5	6
Test	1	1