

# OPTIMIZAREA PROGRAMELOR DE COMANDA NUMERICA CU AJUTORUL SUBROUTINELOR DE CALCUL AUTOMAT AL TRAIECTORIEI SCULEI ASCHIETOARE .

Prof.univ.dr.ing. Laurențiu RECE      Prof.univ.dr.ing. Gheorghe SOARE

UTCB, Facultatea de Utilaj Tehnologic

**Abstract** This paper presents some aspects of comand of new generation of machines-tools with numerical control. It's about an new and rapid method for optimized the structure of program by used the numerical subroutine for command the movement of tool.

## 1. INTRODUCERE.

In această lucrare se tratează un subiect legat de optimizarea și simplificarea programarii comenzii numerice a mașinilor-unelte cu comandă numerică, utilizând noi metode care să asigure eficientizarea activității de programare prin micșorarea timpului alocat acesteia, pe de o parte, și prin creșterea siguranței în exploatare la rularea programului, pe de altă parte.

Aceste cerințe se realizează prin utilizarea de subrutine predefinite pentru forme uzuale de suprafețe, subrutine care scurtează în mod semnificativ programul de comanda numerica și oferă în plus siguranță în ce privește realizarea suprafeței prescrise piesei și evitarea unor eventuale coliziuni.

## 2. DEFINIREA TIPURILOR UZUALE DE SUBROUTINE .

O soluție de rezolvare a micșorării timpului alocat programării comenzii numerice dar cu respectarea siguranței programului și a corectitudinii secvențelor de generare a traiectoriilor din mișcarea relativă sculă – piesă este oferită de sistemul de comandă numerică *CNC-plus*, al companiei germane *R & S KELLER GmbH*, sistem implementat de unul dintre cei mai importanți producători de mașini-unelte cu comandă numerică, compania multinațională *HAAS Automation Inc*. Aceasta se bazează pe existența unor subrutine specifice fiecărui tip de suprafață uzuală existentă pe piesă și alocarea automată a acestora odată cu selectarea tipului de suprafață respectiv din “*portofoliul de suprafețe*” al programului.

Astfel, programatorul nu mai este obligat să scrie integral tot programul de descriere cinematică al piesei, ci numai elementele care nu pot fi definite prin subrutine. Pentru elementele repetitive sunt create subrutine specifice. In acest fel activitatea de programare este mult simplificată îndeosebi la partea cea mai mare consumatoare de resurse – cea a descrierii geometrice a traiectoriei sculă – piesă.

Un exemplu de tipuri de subrutine din „portofoliul” programului CNC – plus este prezentat în Fig. 1

Pot fi recunoscute aici trei tipuri de suprafețe care se regăsesc în mod uzual pe diferite piese și anume : suprafețe circulare (obținute în mod obișnuit prin frezare pe contur), alezaje distribuite după diferite șabloane ( pattern) circulare sau liniare, etc.

**Observații :** In portofoliul programului există mai multe astfel de tipuri de subrutine (pentru găurire normală sau găurire adâncă, pentru alezare, filetare, lamare, etc, dar, din rațiuni legate de spațiu ne referim aici doar la trei dintre subrutinele cele mai frecvent utilizate: și anume frezare “ buzunare circulare”, găurire flanșe – “pattern circular” și pentru găurire după contururi rectilinii - “ pattern liniar”

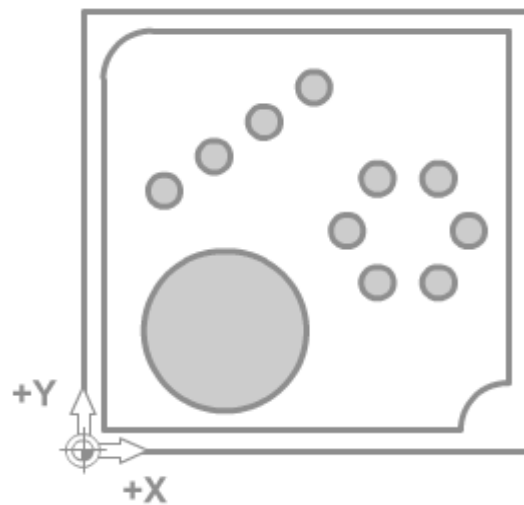


Fig. 1. Diferite tipuri de suprafețe uzuale, repetitive, prezente pe suprafața unei piese

## 2.1 Cazul subrutinei destinate frezării alezajelor.

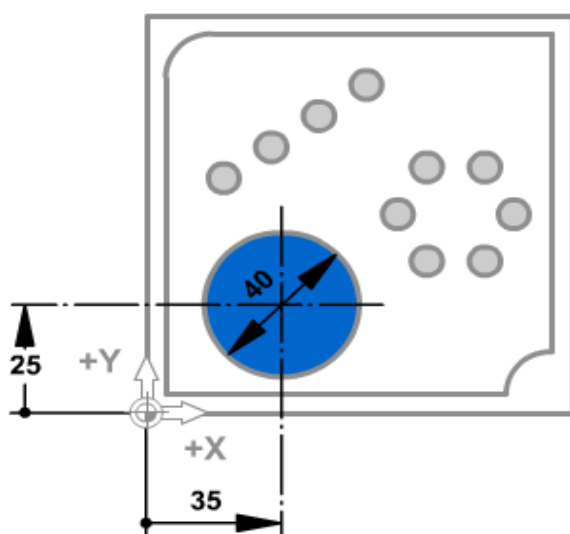
Prelucrarea alezajului este prevăzut a se executa prin frezare cu freza cilindrofrontală, cel mai frecvent cu freze deget.

Subrutina conține o frază ( secvență) de deplasare rapidă pe deasupra piesei ( **G0 X ... Y...** ) până în centrul alezajului. Deplasarea se face la planul superior maxim permis (  $Z_{max}$  M.U.)

Urmează apoi tot o apropiere rapidă de data aceasta pe direcție verticală de suprafața de nivel a piesei ( **G0 Z1** ) la o distanță - spre exemplu - de 1 mm de piesă -pe direcția axei OZ.

In linia următoare găsim SUBRUTINA PROPRIUZISA care conține – asa cum rezultă din Fig. 2.a, mai multe adrese geometrice și tehnologice astfel:

**G12 G ... Z ... K ... Q ... F300. D ... L ...**



```

.
.
.
G0 X [ ] Y [ ]
G0 Z1
G12 G [ ] Z [ ] K [ ] Q [ ] F300. D [ ] L [ ]
.
.
.

```

Fig. 2.a. Elementele definitorii pentru subrutina de prelucrare a alezajelor

Semnificația fiecărei adrese este următoarea, ( Fig. 2.b) :

**G12** ( codul subrutinei curente destinate prelucrării alezajelor, descrise mai jos );

**G ... G1 sau G01** ( interpolare liniara cu avans de lucru);

**Z ...** (distanța dintre planele de lucru suprapuse adâncimea de pătrundere);

**K ...** (raza alezajului)

**Q ...** ( rația de salt, pasul elicei intermediare)

**F300.** ( adresa tehnologică, mărimea vitezei de avans **Feed**, exprimată în mm/min)

**D ...** ( corecția de sculă pe rază/diametru)

**L ...** ( numărul de repetări a ciclului, în cazul analizat, **L2** )

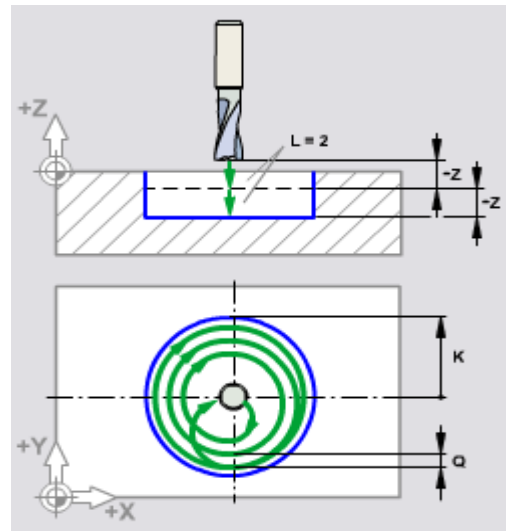


Fig. 2.b Elementele geometrice ale subrutinei

**Efectul subrutinei:** practic, utilizând această subrutină se elimină din program toate frazele care ar fi necesare definirii traiectoriilor menite să elimine adaosul de prelucrare din interiorul alezajului ( deci toate circuitele descrise de curba interioară – figurată cu culoare verde-. Această curbă începe cu o spirală Arhimedică și se termină cu un cerc tangent la spirală și concentric cu alezajul de prelucrat, cerc de rază a traiectoriei:  $R_{tr} = K - R_s$ , unde  $R_s$  este raza dată a sculei

## 2.2 Subrutina destinată prelucrării alezajelor distribuite după șabloane circulare (circular pattern)

Acest tip de subrutină este foarte des utilizat la piesele care conțin diferite flanșe și poate fi combinat și cu alte tipuri de subrutine în cazul că se întâlnesc și alte prelucrări repetitive în cadrul fiecărui alezaj ( găurire urmată de alezare, sau, mai frecvent găurire urmată de filetare). Adică subrutina curentă poate “chema ” la rândul ei o altă subrutină spre respectiv, spre exemplu: subrutina pentru găurire urmată de alezare, sau subrutina pentru găurire urmată de filetare, etc.

Elementele de definire ale subrutinei rezultă din Fig . 3 a și b.

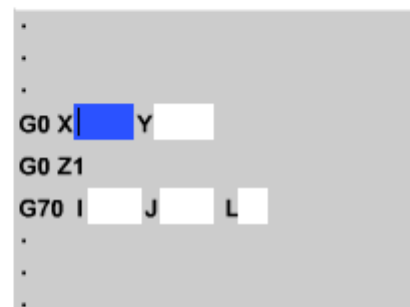
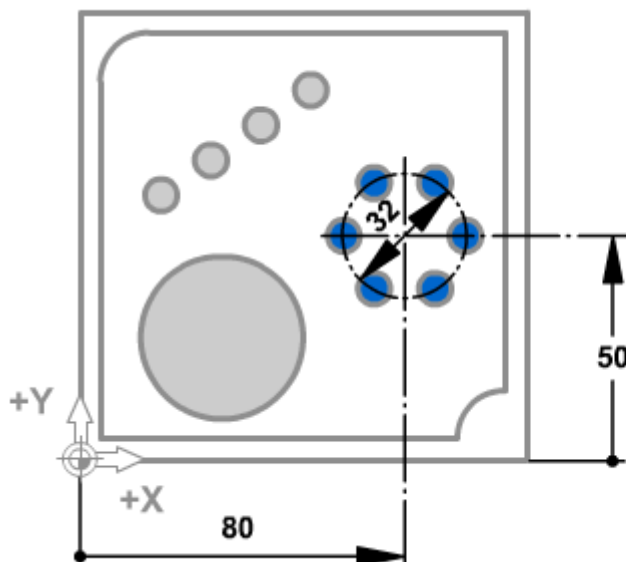


Fig. 3.a Elementele definitorii pentru subrutina de prelucrare a șabloanelor circulare

Ca și în cazul anterior, subrutina conține o frază ( secvență) de deplasare rapidă: ( **G0 X... Y...** ) până în centrul flanșei / șablonului circular.

Urmează apoi tot o apropiere rapidă de data aceasta pe direcție verticală de suprafața de nivel a piesei ( **G0 Z1** ) la o distanța de piesă - spre exemplu - de 1 mm pe direcția axei OZ.

SUBRUTINA PROPRIUZISA conține – asa cum rezultă din Fig. 3.b, mai multe adrese geometrice și tehnologice astfel:

### **G 70 I ... J ... L ...**

**G70** ( codul subrutinei curente destinate prelucrării șabloanelor circulare descrise mai jos ) ;

**I ...** ( Raza la centru a cercului de referință pe care sunt dispuse găurile)

**J ...** ( Unghiul la centru al dispunerii primei găuri )

**L ...** (Numărul de repetări ale prelucrării elementare de găurire, deci numărul total de găuri ale șablonului circular)

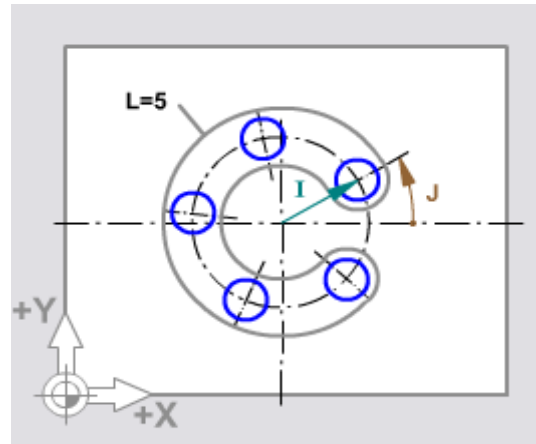


Fig. 3.b Elemente geometrice ale subrutinei.

Si această subrutină micșorează lungimea programului de comandă numerică prin evitarea repetării de **L** ori în program a aceleiași secvențe de prelucrare ( găurirea propriuzisă). In plus elimină și repetarea secvențelor auxiliare necesare repoziționării sculă / piesă conform distribuției găurilor în șablon. Deci practic numărul de linii din program scade cu cel puțin  $3 \times (L-1)$ . Se are în vedere că fiecare prelucrare propriuzisă mai adaugă cel puțin 3 linii ( poziționare în XOY, apropiere pe axa OZ si apoi retragere, tot pe axa OZ).

### **2.3 Subrutina destinată prelucrării alezajelor distribuite după șabloane rectilinii (linear pattern)**

Procedura este similară celor descrise mai sus iar elementele de definire ale subrutinei rezultă din Fig . 4 a și b.

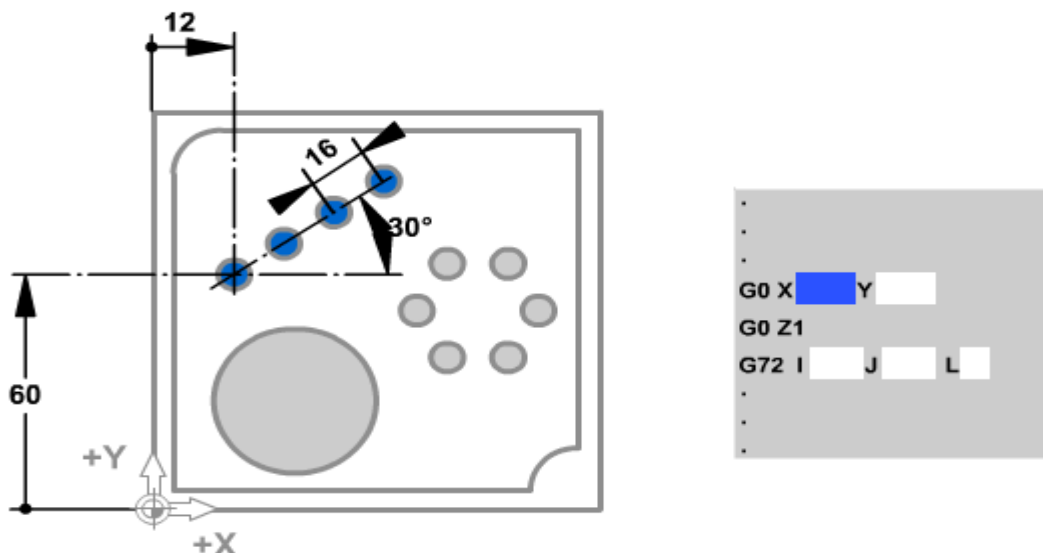


Fig. 4.a. Elementele definitorii pentru subrutina de prelucrare a șabloanelor rectilinii.

Sunt prezente ca și în cazurile anterioare secvențele de apropiere și de poziționare în punctul de start al subrutinei

Subrutina propriuzisă are expresia:

**G 72 I ... J ... L ...** unde:

**G 72** este codul acestui tip de subrutină iar **I ... J ... L ...** rezultă din desenul alăturat, fiind pasul liniar al dispunerii găurilor, respectiv unghiul șablonului față de axa OX, iar prin adresa **L ...** se precizează numărul de prelucrări, deci numărul total de găuri.

**Obs.** În general adresa **L ...** face referire în program la un număr de efectuări ale unei anumite comenzi repetitive sau ciclul de prelucrare.

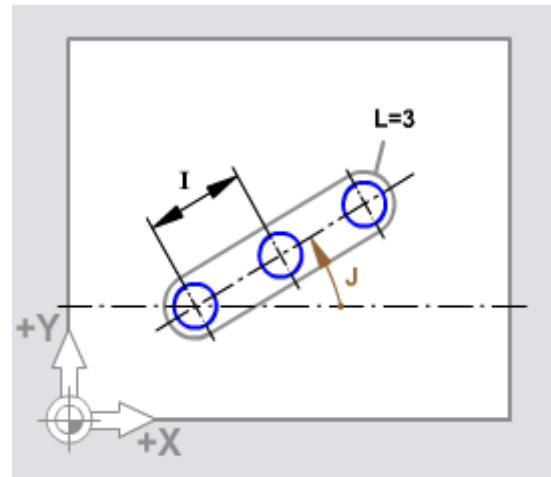


Fig. 4.b. b Elementele geometrice ale subrutinei.

### 3. EXEMPLU DE APLICARE A SUBRUTINELOR INTR-UN PROGRAM DE COMANDA NUMERICA .

Se prezintă mai jos pentru exemplificare o porțiune dintr-un program de comandă numerică și anume, acea parte necesară prelucrării prin frezare, utilizând subrutina de prelucrare a alezajelor prezentată la paragraful 2.1

```
G54
T2 M6
G43 H2
S1500 M3
G0 G90 X75. Y50. M8
G0 Z1.
G1 Z0 F150.
G12 G91 Z-4. K36. Q4. F180. D2 L3
G13 G91 Z-4. K24. Q4. F180. D2 L2
G0 G90 Z1. M9
G28 G91 Z0
M30
```

Fig. 5.a Conținutul programului de C.N..

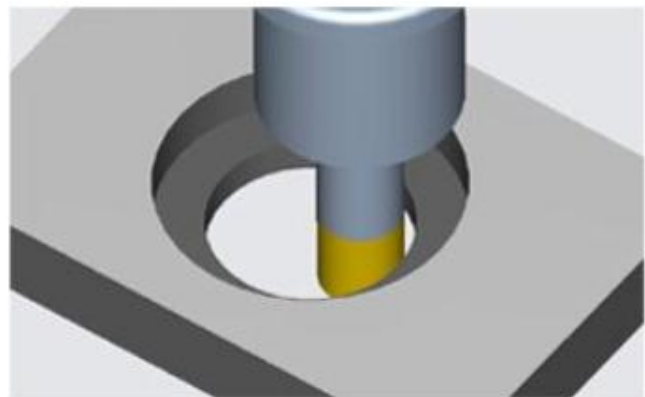


Fig. 5.b. Simularea grafică a prelucrării.

**Semnificația frazelor din program este următoarea:**

**G54 :** Inițializarea în punctul de referință al piesei

**T2 M6 :** Instalarea sculei T2

**G43 H2 :** Corecția de sculă pe lungime

**S1500 M3 :** Rotire spre dreapta a A.P. cu 1500 rot/min.

**G0 G90 X75. Y50. M8 :** Deplasare în coordonate absolute la punctul specificat și pornire lichid de răcire

**G1 Z0 F150 :** Deplasare pe verticală pe axa OZ până la 1 mm de piesă cu viteza de avans ( feed) de 150 mm/min

**G12 ...** SUBRUTINA DE PRELUCRARE ALEZAJUL DE RAZA K36 MM ÎN SENS CLW  
**G13 ...** SUBRUTINA DE PRELUCRARE ALEZAJUL DE RAZA K24 MM ÎN SENS CCLW  
**G0 G90 Z1. M9 :** Retrageră rapidă pe OZ pentru ieseire din piesa și oprire lichid de răcire  
**G28 G91 Z0:** Mutare în sistemul de coordonate relativ și retrageră rapidă la originea M.U  
**M30 :** Sfârșit program

**Observație:** Sistemul de coordonate al piesei utilizat în program a fost sistemul trirectangular drept:

- Axa OX corespunde mișcării de avans longitudinal al mașinii de frezat
- Axa OY corespunde mișcării de avans transversal
- Axa OZ corespunde mișcării de avans vertical, ea este și axa de rotație a arborelui principal al mașinii-unelte, în conformitate cu metoda generală de alegere a sistemelor de coordonate la M.U.C.N-uri. Sensurile pozitive ale axelor corespund sensurilor mișcărilor de îndepărtare a sculei față de piesă.

Scopul acestei adoptări este simplificarea etapei cea mai laborioasă și mai mare consumatoare de timp aceea de obținere a adreselor geometrice, adrese care descriu traiectoria pe care trebuie să o urmeze scula așchietoare astfel încât pe piesă să se obțină conturul prescris în desenul de execuție. Mai multe exemple în acest sens sunt prezentate în lucrările [1] și [2] care tratează global și complet maniera de programare clasică a mașinilor-unelte cu comandă numerică. (Metodele generale de programare a comenzii numerice sunt prezentate pe larg în lucrările [1] pag 17-131 și [2] pag. 144-191).

#### 4. CONCLUZII.

Metoda utilizării subrutinelor de calcul automat al traiectoriilor sculei așchietoare reprezintă un element cu care **HAAS Automation Inc și R & S KELLER GmbH** au venit în întâmpinarea programatorilor comenzii numerice, pentru simplificarea și optimizarea activității de programare a comenzii numerice. Este scurtat semnificativ timpul alocat programării și implicit lungimea programelor de C.N., în condițiile păstrării și chiar a creșterii siguranței în exploatare a mașinilor-unelte echipate cu comandă numerică. Justificarea atingerii acestui obiectiv este dată de realizarea mai sigură a “circuitelor/ traiectoriilor succesive” succesive descrise de scula așchietoare pentru generarea unor anumite tipuri de suprafețe uzuale ale pieselor, prin includerea acestora în interiorul unor subrutine specifice acestora.

#### 5. BIBLIOGRAFIE.

[1] Rece, L.,- „Mașini-unelte și prelucrări mecanice cu comandă numerică” –curs universitar, Editura Conspress București 2003

[2] Rece, L., Soare, Gh., - „Mașini-unelte și prelucrări mecanice – ghid tehnologic și îndrumar de laborator” Editura Matrix Rom, București, 2003.

[3] Rusu, S., Ionescu, T., Dragomir, Gh., Dima, C., Tache, Gh., Rece, L., Aramă, St., - "Tehnologia fabricării mașinilor și utilajelor pentru construcții", Editura Tehnica, București 1990.

\*\*\* - „CNC plus Milling” R & S KELLER GmbH, documentație de firmă 2009.

\*\*\* - „HAAS Automation Inc. CE Toolroom Mill”, documentație de firmă, 2006.

\*\*\* - „HAAS Automation Inc.- Operator’s Manual”, documentație de firmă, 2006.