

EFICIENTIZAREA ACTIVITATII DE PROGRAMARE A COMENZII NUMERICE PRIN IMPLEMENTAREA UNUI SISTEM CAM PENTRU CALCULUL AUTOMAT AL TRAIECTORIEI SCULĂ/PIESA SI A STRUCTURII DE BAZA A PROGRAMULUI.

Prof.univ.dr.ing. Laurențiu RECE Prof.univ.dr.ing. Tone IONESCU,
UTCB, Facultatea de Utilaj Tehnologic

Abstract This paper presents some aspects of command of machines-tools with numerical control. It's about an method for increase of efficiency of numerical control by using CAM (Computer Aided Manufacturing) systems.

1. INTRODUCERE.

În prezenta lucrare se prezintă în paralel – pentru un caz concret de prelucrare - metoda clasică de calcul a coordonatelor punctelor caracteristice necesare întocmirii programelor de comandă numerică și metoda modernă, care utilizează softuri CAM de fabricare asistată de calculator. Aceste softuri permit simplificarea calculelor necesare identificării adreselor geometrice -pe de o parte- dar și obținerea structurii de baza a programului de comandă numerică -pe de altă parte-. Utilizarea metodei asistate de programare este menită creșterii eficienței activității de programare și a siguranței programului în ce privește descrierea traiectoriilor necesare în mișcarea relativă sculă/piesă.

2. METODA CLASICĂ DE CALCUL UTILIZATĂ ÎN PROGRAMAREA COMENZII NUMERICE.

În fig 1 este reprezentat desenul de execuție al piesei în varianta de cotare impusă de proiectant. Se observă că este o piesă simplă, pentru o analiză comparativă, o piesă care nu va necesita multe calcule auxiliare pentru identificarea punctelor caracteristice deoarece are multe elemente paralele cu axele sistemului de coordonate.

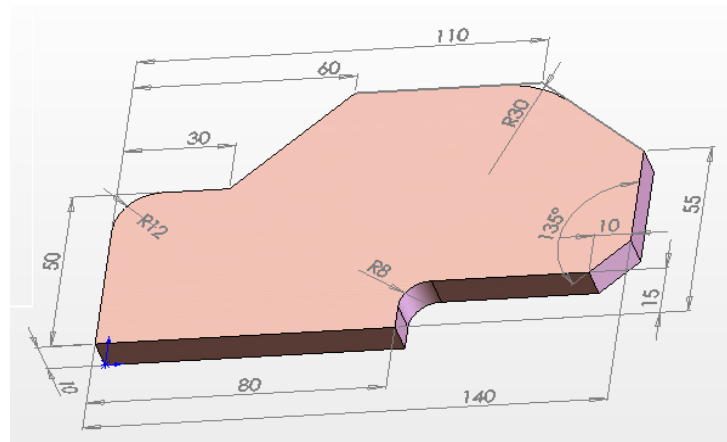


Fig. 1 Desenul de execuție 3D al piesei

În fig. 2 se observă că piesa a fost recotată în mod adaptat realizării ulterioare a programului de comandă numerică. Primul palier de prelucrare (porțiunea rectilinie din latura din stânga) rezultă printr-o interpolare liniară simplă, iar coordonatele punctului caracteristic de destinație a primului palier, P_1 (fig 2a) rezultă automat prin calculele elementare utilizându-se cotele din desen:

$$P_1(x,y)=P_1(0,38).$$

Segmentul al doilea, -fig 2b, care este o interpolare circulară în sensul acelor de ceas-, se descrie și el relativ ușor (datorită faptului că atât punctul de pornire cât și cel de destinație aparțin unor elemente paralele cu axele), iar fraza de comandă numerică corespunzătoare, - care rezultă și din figură- va avea conținutul:

G2 X12. Y50. I12. J0.

Obs. Atât pentru **I...** cât și pt **J...** se vor atribui după caz semne +/- după cum centrul este poziționat relativ fata de punctul de pornire spre sensul pozitiv, respectiv spre sensul negativ al axei în cauză.

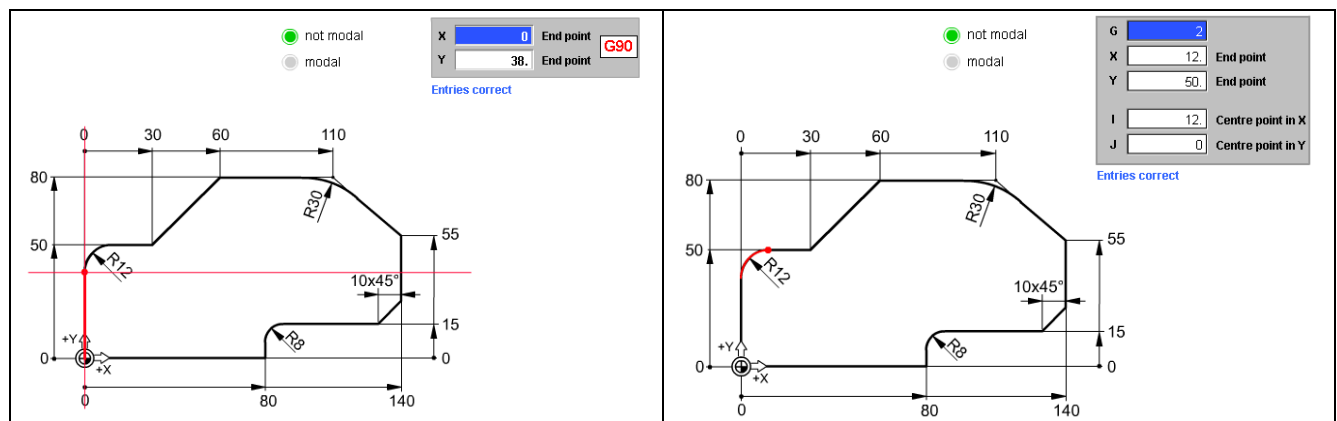


Fig. 2 a,b. Recotarea piesei și descrierea primelor două secvențe de C.N.

Ca interpretare, adresele: **X...** și **Y...**, reprezintă coordonatele punctului de sfârșit al racordării, $P_2(x,y)=P_2(12,50)$, iar **I...**, și **J...** reprezintă coordonatele centrului de interpolare (punctul în jurul căruia se deplasează organul mobil). Din desen se observa ca **I12** reprezintă distanța măsurată incremental față de axa OX între centru de interpolare și punctul de pornire, iar **J0** distanța măsurată incremental față de OY între centrul de interpolare și punctul de pornire (valoarea 0 se datorează faptului că atât punctul de pornire cât și centrul de interpolare se găsesc pe aceeași orizontală, ceea ce înseamnă că măsurate incremental față de OY ambele puncte au aceeași proiecție deci distanța dintre ele pe OY este 0).

Obs. Atât pentru **I...** cât și pt **J...** se vor atribui după caz semne +/- după cum centrul este poziționat relativ fata de punctul de pornire spre sensul pozitiv, respectiv spre sensul negativ al axei în cauză.

Procedeul de descriere continuă în mod asemănător pentru următorul palier orizontal cu punctul de destinație $P_3(x,y)$ de coordonate $P_3(30,50)$ și respectiv $P_4(x,y)$ de coordonatele $P_4(60,80)$ pentru palierul înclinat.

În continuare însă, în fig 3 calculul punctului caracteristic se complică deoarece apare ca element de noutate prelucrarea unei racordări (R30) și aceasta se face între 2 elemente dintre care unul este înclinat. În această situație cotele necesare interpolării circulare nu mai pot rezulta direct

din desen ca în cazul primei racordări între elementele paralele cu axele și deci trebuie făcute calcule suplimentare.

În speță trebuie calculate coordonatele punctului A de intrare în racordare și E de ieșire din racordare, puncte care sunt puncte caracteristice ale secvențelor de comandă numerică respective.

Softul *KELLER CNC plus training* descrie și modul în care se fac aceste calcule într-un algoritm care este prezentat simplificat în fig 4 și 5 și care se bazează de fapt pe aplicarea teoremei bisectoarei în calculul punctelor de intersecție (v. lucrarea [1] paginile pg 55- 59).

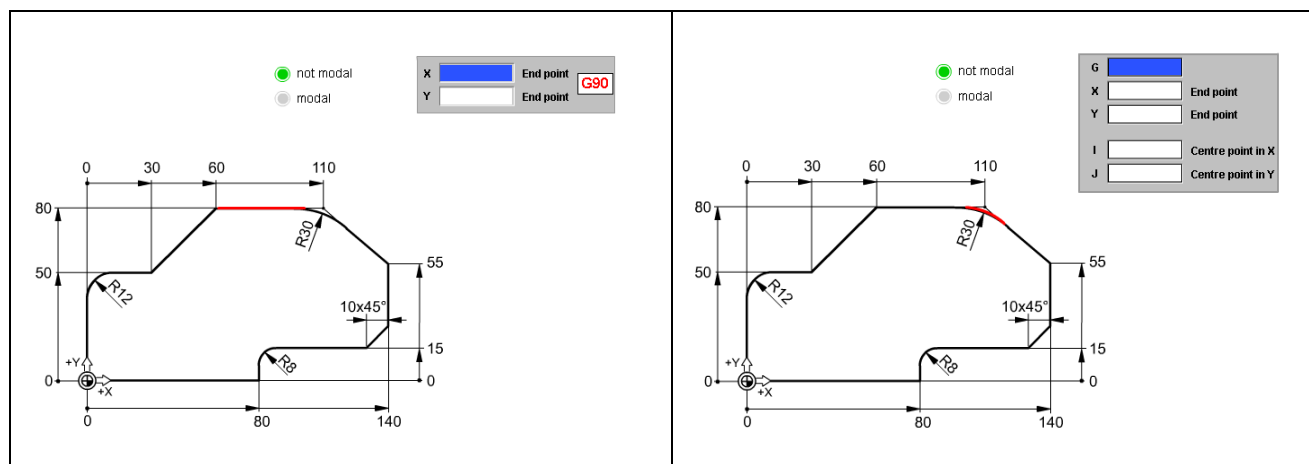


Fig.3. a,b. Punerea problemei, calculul coordonatelor punctelor caracteristice speciale.

Practic se identifică unghiul α de înclinare a segmentului lateral dreapta față de axa OX - rezultă $\alpha=39,803^\circ$, unghi care se va regăsi ca unghi la centru al arcului AE. Punctul P₂ -din fig 4 și 5- de intersecție al prelungirii segmentelor, se va găsi pe bisectoarea unghiului α , deci valoarea segmentelor X₁ prin care punctul A este poziționat față de bisectoare se poate calcula utilizând semiunghiul $\alpha/2=19,903^\circ$.

Aplicând relații trigonometrice elementare se găsește valoarea segmentului X₁=10,861 mm deci A(x,y) va avea coordonatele A (99.138 80).

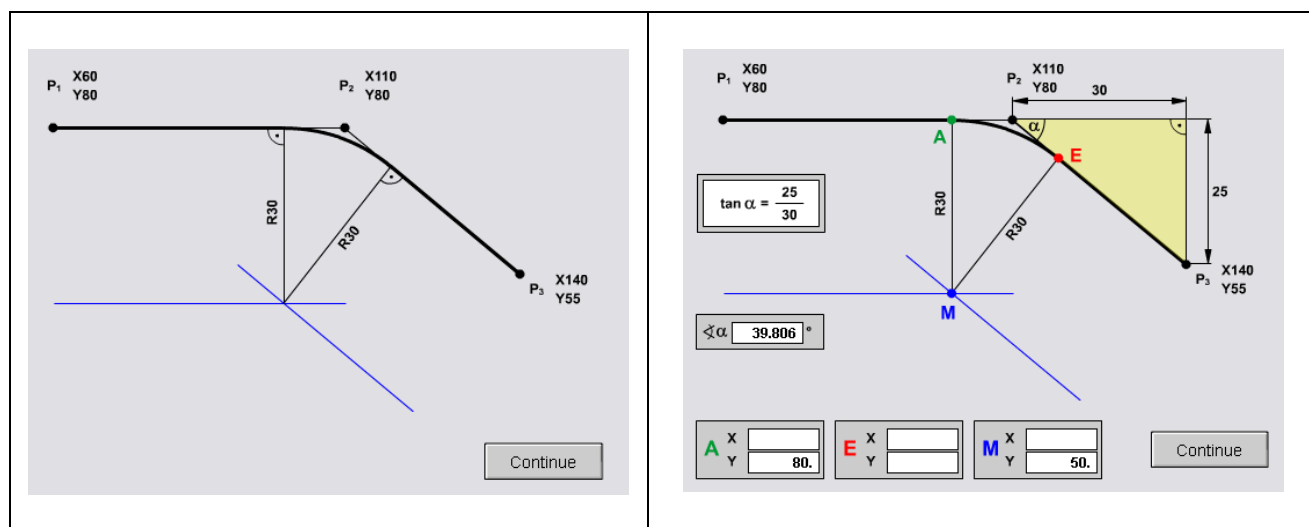


Fig.4. a,b. Metoda clasică de calcul al coordonatelor punctelor caracteristice.

În mod analog se găsește conform fig 5 și punctul E.:

$$E(x,y) = E(118.344 \quad 73.047)$$

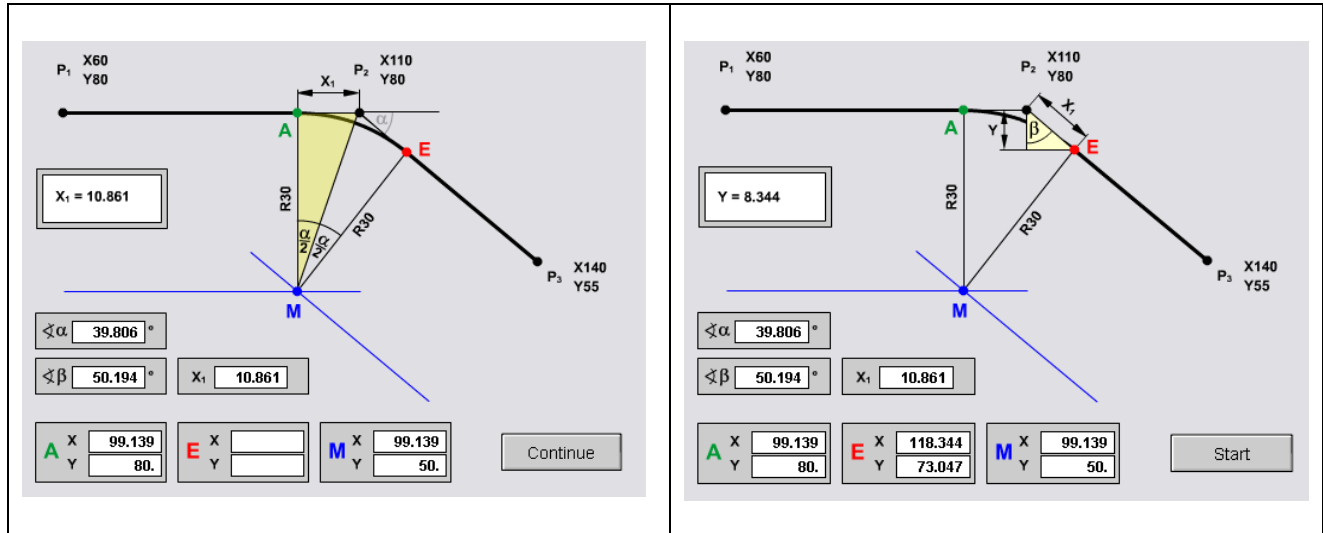


Fig.5. a,b. Aplicarea metodei bisectoarei pentru cazul dat.

În aceste condiții, după completarea tuturor datelor necunoscute, în fig 6.a este descrisă interpolarea liniară pentru realizarea palierului orizontal de intrare în racordare care va avea secvența:

$$G1 \ X... \ Y.... = G1 \ X99.139 \ Y80.$$

În fig 6b e descrisă interpolarea circulară în care se descrie raza de racordare R30, care va avea următoarea secvență:

$$G2 \ X... \ Y....I.. \ J.... = G2 \ X118.344 \ Y \ 73.047 \ I0 \ J-30$$

Obs. Se observă poziționarea în secvență a coordonatelor punctului E ca punctul de destinație al interpolării circulare (punctul calculat în fig 5) și coordonatele centrului de interpolare care, ca și în cazul anterior se referă la poziția incrementală (relativă) a centrului față de punctul de pornire; ($I...=I0$ deoarece centrul se găsește pe aceeași verticală cu punctul de pornire deci proiecția pe axa OX e comună și $J...= J-30$ pentru că față de punctul de pornire, centrul se găsește cu 30 mm mai jos (distanța care reprezintă valoarea razei). *Semnul minus provine din faptul că centrul este poziționat față de punctul de pornire spre semnul negativ al axei OY.*

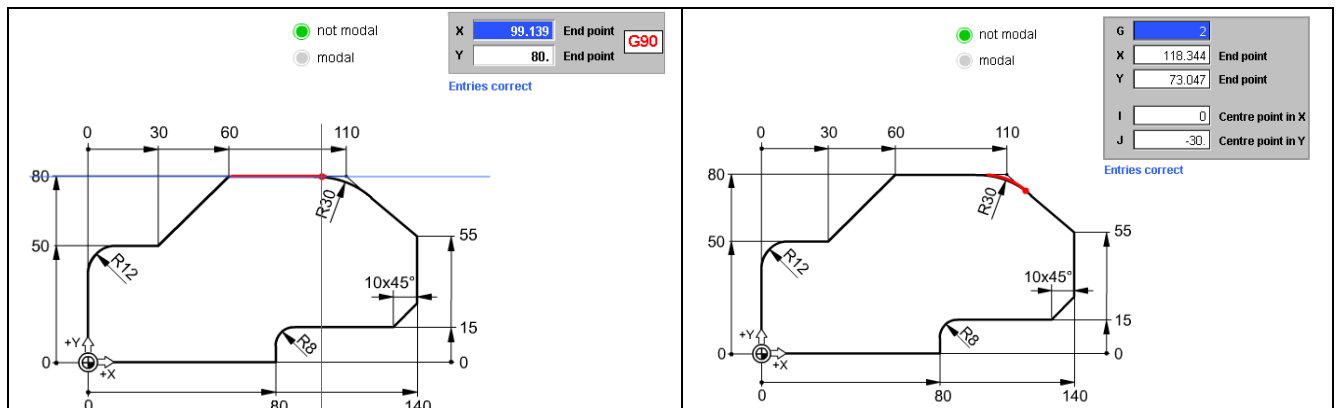


Fig.6. a,b. Formularea secvențelor de C.N. rezultate din calcul.

Procesul continuă în mod asemănător pentru derularea întregului contur până la ajungerea în punctul de pornire care a fost $O(x,y)=O(0,0)$, moment în care conturul este complet definit.

Obs. Trebuie făcută precizarea că prelucrarea se face cu corecție de scula pe stânga (pe raza) și din acest motiv, scula fiind retrasă automat față de piesă cu valoarea razei proprii, nu mai este nevoie să se calculeze curba echidistantă. Descrierea programului se face astfel pe baza descrierii directe a conturului piesei.

3. METODA IMPLEMENTĂRII UNUI SISTEM CAM ÎN PROGRAMAREA COMENZII NUMERICE.

Ceea ce propunem în continuare în cadrul acestei lucrări este integrarea în rezolvarea situațiilor de natura celor prezentate, a unui soft specializat *TRALBLAZER TRANSEEDIT* al firmei *NORTLAND MULTISOFT*.

Acest soft permite pe lângă calculul coordonatelor punctelor caracteristice (calcul care poate fi laborios în anumite situații), și identificarea implicită a structurii de bază a programului fără ca aceasta să mai fie concepută de către programator.

Pentru aceste două deziderate, ”filozofia” softului și modul de lucru al acestuia este prezentată în continuare.

I. Modulul TRALBLAZER (fig7) are ecranul împărțit în 4 zone după cum urmează:

- colțul stânga sus dă informații privind poziția cursorului,
- bara centrală stânga are iconurile de lucru inclusiv un calculator auxiliar pentru calcule suplimentare separate (fig. 7.a) ,
- colțul din stânga jos e destinat introducerii de date după selectarea iconului dorit,
- zona centrală a ecranului e destinată realizării construcției grafice.

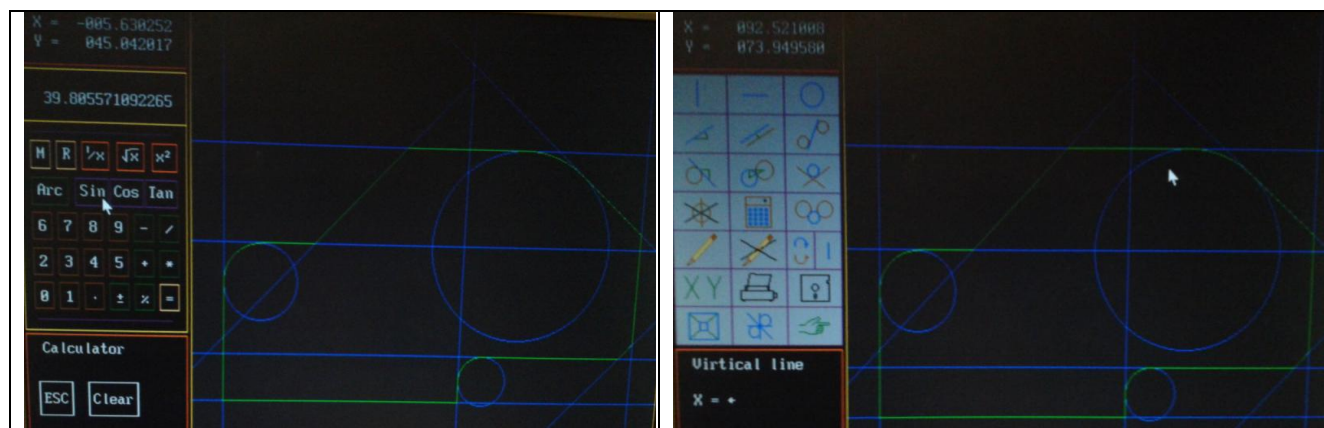


Fig.7. a,b. Ecrane de lucru CNC Tralblazer

Prin ce se deosebește acest soft care este un soft CAM (Computer Aided Manufacturing) de un soft CAD uzual: Softul permite într-o primă etapă realizarea unei construcții grafice simplificate din drepte, cercuri etc a elementelor din care este format conturul piesei.

Elementele sunt inițial în forma generală (drepte infinite, cercuri închise) pentru că rolul primei etape nu este acela de a defini conturul de prelucrat ci cel de a defini tipurile de curbe din care este format acel contur. Rezultatul acestei prelucrări grafice este un fișier ”nume.CRC” care va corespunde modului în care au fost definite elementele respective.

În fig 7a este reprezentat în stânga iconul corespunzător „calculatorului” și se observă că s-a obținut aceeași valoare a unghiului de $39,8557^{\circ}$ corespunzător valorii rotunjite a unghiului α calculat

anterior de KELLER CNC (de 39,806⁰). Elementele de culoare albastră sunt elementele generale „infinite” din care provin curbele profilului piesei. În etapa a 2-a, tot la modulul 1, se va selecta din mulțimea de elemente -în ordinea dorită de descriere a profilului- numai acele elemente care se regăsesc în profilului propriuzis din desenul de execuție.

În fig 7b aceste elemente sunt marcate cu culoarea verde și se observă comparativ cu figurile anterioare că reuniunea lor are aceeași formă cu profilul piesei din desenul de execuție.

În selectarea acestui profil se folosește iconul ”PLOT” care are simbolul creionului și, ca la orice soft CAD CAM există iconuri ajutatoare de modificări, ștergeri, salvări etc.

Ceea ce este important este că în urma punctării cu ajutorul iconului „PLOT” a conturului piesei în ordinea de descriere a acestuia de către mașina-unealtă, programul va realiza un al doilea fișier, fișierul ”nume.CNC”, fișier care de fapt va conține atât coordonatele punctelor caracteristice cât și scheletul de bază al structurii programului de comandă numerică.

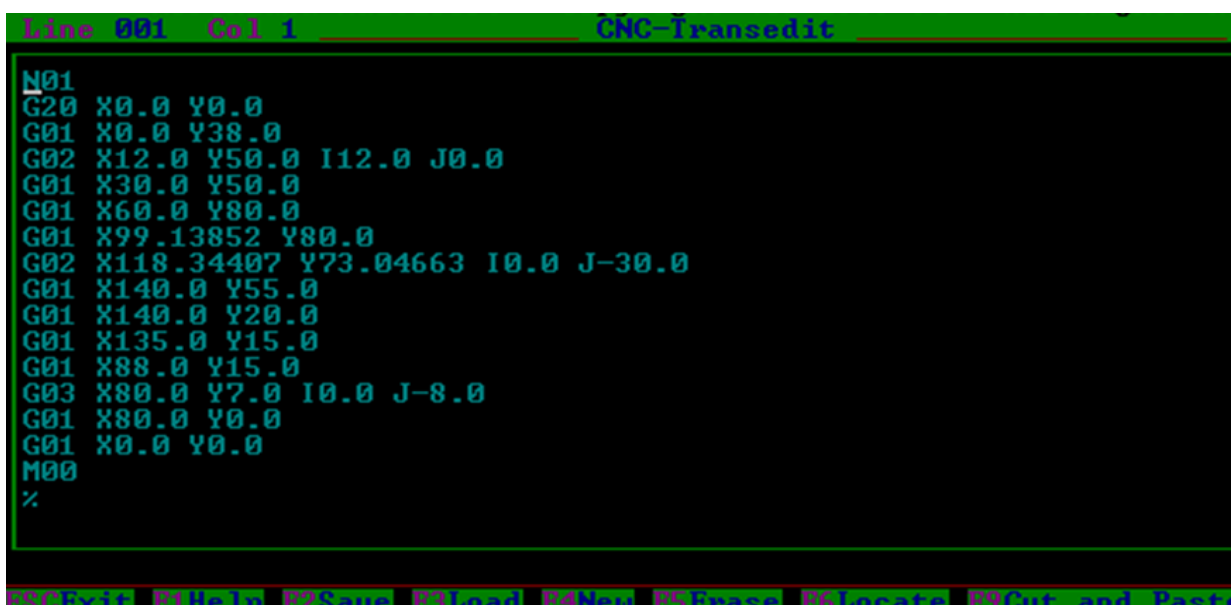
Modul în care softul realizează acest lucru se bazează pe rezolvarea unor sisteme de ecuații analitice. Spre exemplu, la indicarea (selectarea) unei drepte și a unui cerc, programul va calcula punctul/punctele de intersecție dintre cele 2 elemente din zona învecinată cu punctul de selectare a elementului.

Punctul de intersecție poate fi punctul de tangență ca în fig 7 sau alte 2 puncte și anume, cele în care elementele infinite se intersectează. (A se revedea primul deziderat, cel al identificării rapide, fără calcul manual, al coordonatelor punctelor caracteristice).

II. Modulul CNC TRANSEEDIT; Cel de-al doilea deziderat, -determinarea structurii programului - rezultă din prelucrarea datelor referitoare la forma curbelor și din ordinea de selectare a acestora, precum și din faptul că programul are alocat un tip de interpolare și o secvență de comandă numerică corespunzătoare pentru fiecare tip de element geometric pe care programatorul îl selectează. În acest fel, spre exemplu, din cercul complet, softul va reține numai arcul de cerc care corespunde racordării și va alocă automat secvența de interpolare circulară corespunzătoare.

Analog, din dreapta infinită reprezentată inițial cu albastru va selecta acel segment de dreaptă care corespunde profilului piesei (reprezentat cu verde) și va alocă de asemenea secvența de interpolare liniară corespunzătoare, ș.a.m.d. Rezultatul acestei prelucrări este fișierul ”nume.CNC”.

Acest fișier va putea fi citit și editat în modulul 2 al softului: *CNC TRANSEEDIT* (fig. 8).



```
Line 001 Col 1 _____ CNC-Transedit _____
N01
G20 X0.0 Y0.0
G01 X0.0 Y38.0
G02 X12.0 Y50.0 I12.0 J0.0
G01 X30.0 Y50.0
G01 X60.0 Y80.0
G01 X99.13852 Y80.0
G02 X118.34407 Y73.04663 I0.0 J-30.0
G01 X140.0 Y55.0
G01 X140.0 Y20.0
G01 X135.0 Y15.0
G01 X88.0 Y15.0
G03 X80.0 Y7.0 I0.0 J-8.0
G01 X80.0 Y0.0
G01 X0.0 Y0.0
M00
%
```

ESC:Exit F1:Help F2:Save F3:Load F4:New F5:Erase F6:Locate F7:Cut and Past

Fig. 8. Ecran de lucru CNC Transedit

Se observă analizând succesiunea frazelor, că se regăsesc în program secvențele despre care s-a vorbit mai devreme, la subcapitolul 2 – metoda clasică de calcul - , la care softul a adăugat în mod automat și pe cele peste care s-a sărit în prezentare din rațiuni legate de spațiu și de faptul că erau elemente repetitive.

Se observă de asemenea corespondența dintre coordonatele punctului caracteristic calculat de către softul **TRALBLAZER-TRANSEEDIT** în dublă precizie -numărul de zecimale poate fi reglat din setările softului-, cu cel găsit de **KELLER CNC PLUS**.

În faza finală, după rularea softului și obținerea structurii de bază a programului – ca în fig.8- programatorul poate interveni direct în fiecare frază adăugând adresele tehnologice dorite: **F... S....** pentru viteza de avans (**Feed**) și respectiv viteza principală sau turația mașinii unelte (**Speed**) precum și alte adrese auxiliare privind numărul sculei utilizate **T... ,** corecția de sculă necesară **D... H....** (D pentru corecție pe diametru sau rază iar H corecția pe lungime), precum și funcții auxiliare necesare **M...** prin care se descrie modul efectiv în care se face prelucrarea (pornirea sau oprirea arborelui principal, sensul de rotire, pornirea/oprirea lichidului de răcire, sfârșitul subrutinei sau al programului etc).

Obs. Toate semnificațiile funcțiilor amintite sunt date în lucrarea [1] pg. 44-48 precum și în lucrarea [2], Cap 11 și 12.

4. CONCLUZII

Metoda prezentată permite eficientizarea activității de programare a comenzii numerice iar implementarea utilizării softurilor CAM în activitatea de programare a comenzii numerice oferă avantajele asistenței cu calculatorul a activității de programare, o reducere semnificativă a volumului de calcul –care este preluat de soft- și un plus de siguranță în conceperea programelor de C.N.

Această ultimă calitate rezidă din faptul că se obține în mod automat “scheletul”/structura de bază a programului, asupra căruia programatorul vine și adaugă doar funcțiile și adresele tehnologice dorite, elemente pe care calculatorul nu le poate furniza întrucât nu au fost procesate date de intrare referitoare la ele. Programatorul are însă deplină libertate pentru a adăuga acele adrese care caracterizează cel mai bine condițiile în care dorește să se desfășoare prelucrarea, prin simpla editare și introducere a lor în linia respectivă de program furnizată de Modulul II prezentat mai sus, și anume CNC Transedit. La final datele pot fi exportate direct către mașina-unealtă, cu comanda SEND din bara de scule.

5. BIBLIOGRAFIE:

1. *L. Rece – “Mașini-unelte și prelucrări mecanice cu comandă numerică” – Curs universitar Editura Conspress Bucuresti 2003 -*
 2. *L. Rece, Gh. Soare – “Mașini-unelte și prelucrări mecanice – Ghid tehnologic și îndrumar de laborator”, Editura Matrix-Rom. București 2004.*
- * * * *KELLER CNC Plus Training - documentație de firmă 2006;*
* * * *HAAS Automation Inc. - documentație de firmă 2009;*
* * * *TRALBLAZER – TRANSEEDIT – Northland Multisoft - documentație de firmă;*