A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești"
SEBEȘ, 2017

PRECIZIA MAȘINILOR UNELTE DE DEBITARE CU LASER

Cristina BIRIŞ

THE PRECISION OF CNC LASER CUTTING MACHINES

This paper present the results of theoretical researches by simulation with regard to the means to optimise the dynamic behaviour of a CNC laser cutting machines, and especially of the components of the kinematic feed chain in terms of cutting precision. The simulation results are presented both for the case of absence and for the case of the presence of technological forces as disturbance factors.

Key words: error, precision, numerical control
Cuvinte cheie: eroare, de precizie, cu comandă numerică

1. Introducere

În zilele noastre producția industrială se caracterizează prin cicluri de proiectare-producție cu perioade de timp cât mai mici și o varietate tot mai mare de produse care să acopere cerințele în creștere ale beneficiarilor în ceea ce privește cantitatea, dar mai ales în ceea ce privește calitatea produselor.

Ca și în cazul tuturor celorlalte tehnici moderne de producție, în cazul proceselor de debitare fără producere de așchii, precizia poate fi îmbunătățită semnificativ prin utilizarea unor sisteme de control avansate [1].

Impactul acestor noi sisteme a ajuns să fie simțit deosebit de puternic în domeniul debitării materialelor, unde au permis mutarea interesului pentru tehnologii de prelucrare mecanice la

tehnologii termice și neconvenționale de prelucrare, un bun exemplu pentru acest lucru fiind de debitarea cu laser.

Prelucrarea prin fascicul laser prezintă o productivitate care este de 10...20 de ori mai mare decât cea a debitării oxi-gaz sau a altor metode de prelucrare mecanică. Printre alte avantaje majore față de alte metode de prelucrare sunt:

- viteza mare de prelucrare;
- zona influențată termic mai redusă;
- pierderi minime de material datorate interstițiului mic de tăiere (0.2...0.5 mm);
- precizie mare de tăiere (precizie > 0.08 mm);
- varietate mare de materiale care pot fi prelucrate.

Printre dezavantajele folosirii unui sistem de debitare cu laser se poate menționa:

- costuri de capital mai ridicate decât cele pentru alte sisteme de prelucrare;
- grosimea maximă a materialului debitat este limitată;
- tăierea metalelor cu suprafețe lucioase (cum ar fi aluminiu) pot cauza probleme pentru echipament (mai ales pentru lentilele de focalizare);
- în funcție de materialul care se prelucrează, se pot produce vapori nocivi în timpul procesului de prelucrare.

2. Studiul prin simulare al comportamentului dinamic al lanțului cinematic de avans al mașinilor unelte de debitare cu laser

La mașinile unelte CNC, mișcările de avans sunt realizate într-un regim automatizat. Informațiile cu privire la deplasare și de viteză, necesare pentru prelucrarea piesei, sunt generate de unitatea de control a mașinii și apoi transmise axelor numerice.

Sistemele de control materializează instrucțiunile de mișcare, care sunt convertite în deplasări, cu viteze controlate pe traiectorii care permit obținerea conturului piesei. Poziția instantanee și viteza elementelor mobile sunt transmise la unitatea de control prin intermediul unor traductoare de poziție și viteza, în bucle de reacție. Precizia pieselor prelucrate prin debitare cu laser, pe mașini unelte cu comandă numerică, este influențată în mod semnificativ de următoarele două categorii principale de factori: ● parametrii de configurare ai sistemului de control al poziției pe fiecare axă de mișcare; ● viteza de avans pe fiecare axă de mișcare.

Cercetările anterioare prezentate în literatura de specialitate [2], indică faptul că erorile introduse de funcționarea axelor numerice reprezintă partea principală a erorilor în prelucrarea pe mașini unelte CNC [3].

Prin urmare, în cele ce urmează, autorii au încercat să studieze influența acestei categorii de factori, prin utilizarea pachetului de programe Matlab & Simulink, versiunea 7.0.

MATLAB (MATrix LABoratory) este un mediu performant și interactiv, destinat calculelor inginerești și științifice, cu scopul declarat de a ajuta utilizatorii să rezolve o gamă largă de probleme analitice și numerice folosind metode bazate pe calcul matricial, oferind un acces ușor și posibilități de implementare simple pentru algoritmi numerici. În scopul de a pune în evidență influența controlului numeric asupra sistemului modelat și caracterului hibrid al modelului, pentru studiul prin simulare al comportamentului unei axe numerice cu servomotor de curent continuu, schema bloc funcțională a fost realizată în programul Matlab & Simulink și este prezentată în figura 1.

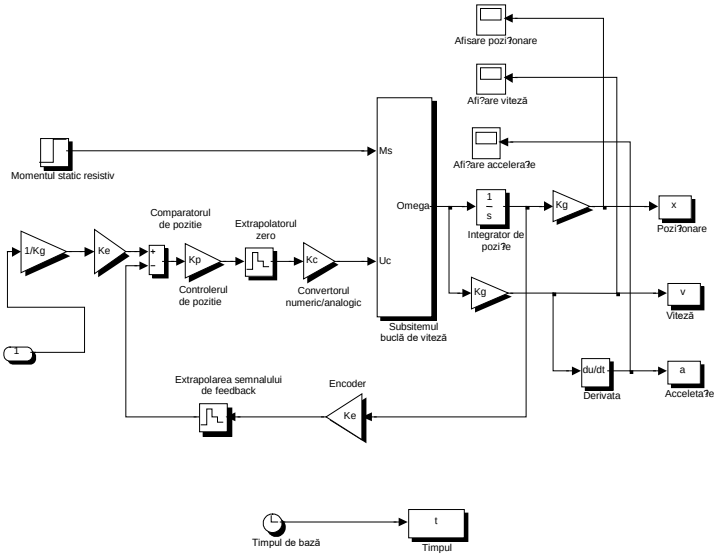

Fig. 1 Diagrama bloc utilizată pentru studiul prin simulare al comportamentului axei numerice

Servomotorul de curent continuu adoptat ca punct de plecare în acest caz a fost de tip Sanyo T 730-012.

Pe baza acestor ipoteze și date, un prim pas în cercetare a constat în analiza comportamentului axei numerice cu servomotor de curent continuu în regim de poziționare, pentru deplasarea pe o singură direcție de mișcare, în regim de avans tehnologic, având în vedere atât cazul absenței sau prezenței forțelor tehnologice.

Valorile parametrilor cinematici considerați ca referință pentru simularea mișcării de avans tehnologic sunt:

- distanța parcursă 0.005 m;
- viteza de avans maximă 0.02 [m/s]
- accelerația maximă 0.05 [m/s^2].

Evoluția parametrilor este evidențiată în figura 2.

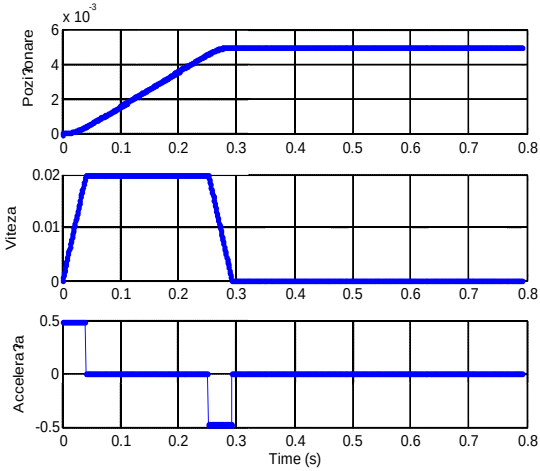

Fig. 2 Parametrii cinematici de referință pentru mișcarea de avans tehnologic

Folosind rezultatele obținute în urma calculelor matematice și a valorilor parametrilor cinematici de referință prezentate mai sus, simulările au fost efectuate în scopul de a determina parametrii cinematici în cazul neoptimizat, pentru o mișcare de avans tehnologic fără sarcini tehnologice. Rezultatele acestor simulări sunt prezentate în figura 3 pentru viteza de avans și în figura 4 pentru accelerație.

După cum se poate observa din graficele de mai sus ale vitezei de avans și ale accelerației, comportamentul dinamic al sistemului în timpul regimului de avans tehnologic este nesatisfăcător, deoarece există oscilații foarte mari.

O metodă eficientă de abordare a acestei probleme, recomandată de asemenea de literatura de specialitate [4], este acordarea regulatorului ca pentru cazul unui sistem continuu. În acest sens, factorul de amplificare al buclei a fost considerat

constant, atât în cazul unui sistem continuu cat și în cazul sistemului hibrid.

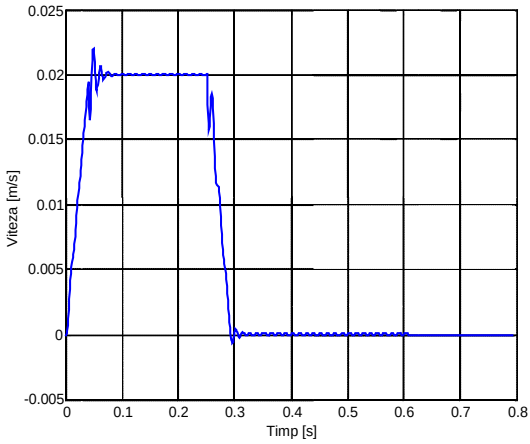

Fig. 3 Evoluția vitezei de avans în timpul mișcării tehnologice de avans în cazul inițial

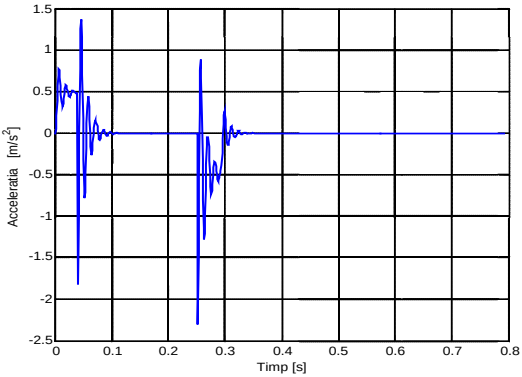

Fig. 4 Accelerația în timpul mișcării tehnologice de avans

Factorul amplificare se determină cu relația:

$$K_{pd} = \frac{K_p}{\frac{U}{2^{n-1}} \cdot K_e}. \qquad (1)$$

unde: ● K_{pd} - este factorul de amplificare al regulatorului în varianta sistemului digital; ● K_p - factorul de amplificare al regulatorului în varianta sistemului continuu; ● K_e – factorul de amplificare al buclei de viteză.

Refăcând apoi simularea cu valoarea obținută pentru factorul de amplificare s-au obținut noile graficele ale vitezei de avans și a accelerației, prezentate în figurile 5 respectiv 6.

Se poate observa că în noile condiții, oscilațiile sunt mult mai mici și nu au existat erori de poziționare.

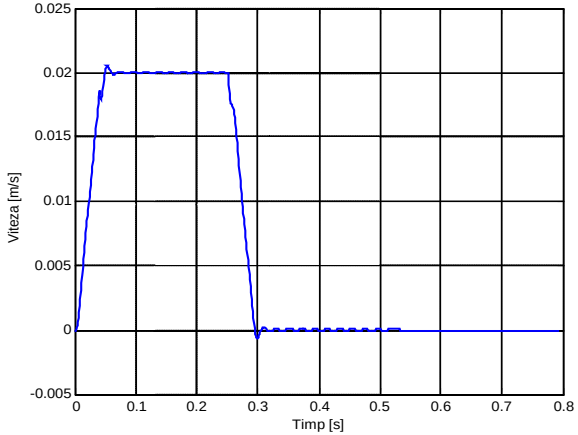

Fig. 5 Viteza de avans in timpul avansului tehnologic după acordarea sistemului

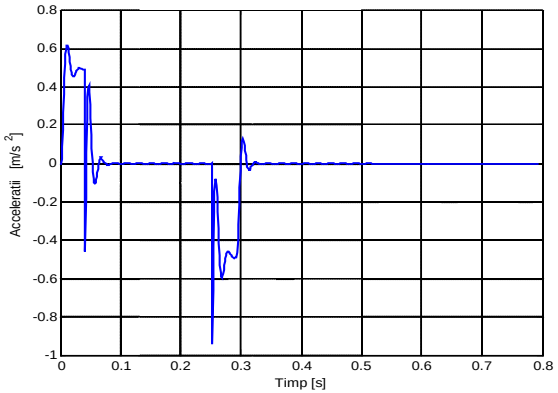

Fig. 6 Accelerația în timpul avansului tehnologic după acordarea sistemului

Următorul pas a implicat verificarea stabilității sistemului optimizat în acest mod, prin introducerea de asemenea a unui moment rezistiv ca factor perturbator în funcționarea sistemului, pentru a simula cazul prezenței forțelor tehnologice. Rezultatele sunt prezentate în figurile 7 și 8.

Efectul perturbației este în mod clar vizibil în stadiile incipiente ale graficelor pentru viteza de avans și pentru accelerație. Cu toate acestea, chiar și în acest caz, putem spune că sistemul afișează un comportament adecvat, deoarece efectul perturbării este anulat destul de rapid.

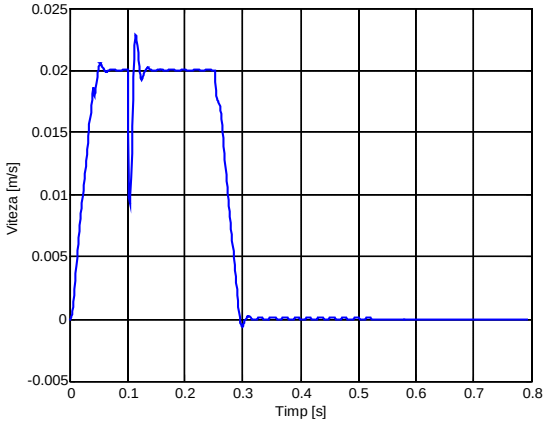

Fig. 7 Viteza de avans in timpul avansului tehnologic cu un moment rezistiv aplicat

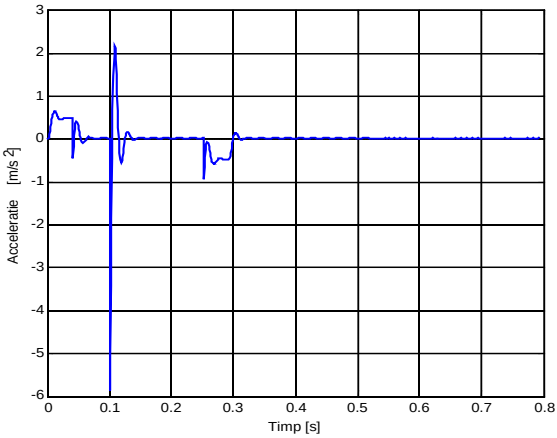

Fig. 8 Accelerația în timpul avansului tehnologic cu un moment rezistiv aplicat

3. Concluzii

Cercetările prin simulare efectuate și prezentate în această lucrare, arată că rezultatele optime în ceea ce privește comportamentul dinamic al unei mașini unelte CNC de debitare cu laser poate fi realizată prin acordarea sistemului de control prin alegerea adecvată a factorului de amplificare.

BIBLIOGRAFIE

[1] Garafola, D.*A., Practical approach for optimizing your machine*, Part one, Mold Making Technology, Application Engineer from FANUC FA America, 2012.

[2] Wang, S.-M., Yu, H.-J., Liao, H.-W., *A new high-efficiency error compensation system for CNC multi-axis machine tools*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 16, pp. 623-631, 2005.

[3] Biriș, C., Girjob, C., Bologa, O., *Researches Regarding Optimizing The Accuracy Of CNC Laser Cutting Machines*, Applied Mechanics and Materials, Vol 809-810, pp 333-338, ISSN print 1660-9336, 2015.

[4] Teodorescu, A., *Teoria sistemelor automate*, Editura Politehnica, Timişoara, 2003.

Șef lucr.Dr.Ing. Cristina BIRIȘ
Universitatea ”Lucian Blaga” din Sibiu, membru AGIR
e-mail: cristina.biris@ulbsibiu.ro