

DEZVOLTAREA UNUI NOU CONCEPT DE CONDUCERE A MASINILOR TEHNOLOGICE-CONDUCEREA HOLARHIC ATRIBUTIVA

Stadiul actual

In cele ce urmeaza se prezinta, intr-o maniera sintetica si foarte succint, un tablou al stadiului in care se afla in prezent conceptul de conducere a masinilor tehnologice⁽¹⁾. Pe de alta parte, prezentarea are aceeasi structura ca si abordarea acestui concept in cadrul proiectului. In fine, prezentarea include opiniile critice ale membrilor echipei proiectului, precum si modul in care acestia inteleg sa orienteze cercetarile din proiect.

Conducerea⁽²⁾ unei masini tehnologice implica urmatoarele aspecte: 1) controlul⁽³⁾ geometriei; 2) controlul dimensional; 3) controlul stabilitatii; 4) controlul economicitatii; 5) asigurarea adaptabilitatii si a predictibilitatii; 6) caracterul adaptiv optimal sau predictiv al conducerii, precum si 7) tipologia modelelor si modul de constructie al acestora. In stadiul actual aceste aspecte sunt implementate prin comanda⁽⁴⁾ numerica si sunt abordate dupa cum urmeaza:

1. Controlul geometriei. Actualele sisteme de conducere a masinilor tehnologice acopera, in intregime, doar geometria *nominala* a piesei fabricate, pentru care sunt utilizate produse informatice de tip CAD/CAM/CIM si sisteme de comanda numerica dupa program.
2. Controlul dimensional. In ceea ce priveste *deviatiile* fata de geometria nominala, masinile tehnologice sunt doar *controlate*, prin bucle de reactie *online* sau *offline*, care modifica, dupa caz, diferite variabile de control, cum ar fi intensitatea procesului (degrosare , finisare) [1] sau traiectoria sculei (prin variabila numita *corectie de scula*) [2]. Pe de alta parte, devatiile sunt evaluate, tolerate si controlate doar la nivelul elementelor geometrice *simple* (plan, cilindru, etc) [3] si nu la nivelul intregului grup de suprafete, prin care doua componente ale constructiei mecanice se cupleaza. Ca urmare, ajustajele sunt simple perechi de suprafete (arbore si alezaj, de exemplu), si nu perechi de doua structuri topologice, asa cum este cazul in practica. Un sistem de conducere care sa acopere devatiile dimensionale trebuie sa considere *intregul grup de suprafete*, si nu fiecare suprafata in parte, si *sa se bazeze pe controlul adaptiv-predictiv al corectiei de scula*, pentru a putea mentine intensitatea procesului la nivelul cel mai economic.
3. Controlul stabilitatii. La masinile tehnologice, stabilitatea (definita prin nivelul de regenerare a perturbatiilor inerente) variaza in limite foarte largi cu regimul de lucru (vezi Fig. 1) si se modifica mult in lungul traiectoriei sculei [4], precum si la schimbarea geometriei acesteia [5]. Pentru un sistem masina-unealta-dispozitiv-piesa-scula dat, controlul stabilitatii se asigura *offline*, prin diminuarea regimului de lucru, (si deci a productivitatii), pana la evitarea instabilitatii *pe tot parcursul prelucrarii unei suprafete*. Ca urmare, in permanenta exista rezerve de stabilitate neutilizate, ceea ce inseamna ca, din punctul de vedere al stabilitatii, niciodata nu se foloseste complet capacitatea masinii. De aceea, un sistem de conducere a masinii tehnologice, care sa acopere si controlul stabilitatii, *folosind complet capacitatea masinii*, ar putea aduce un plus important de performanta.

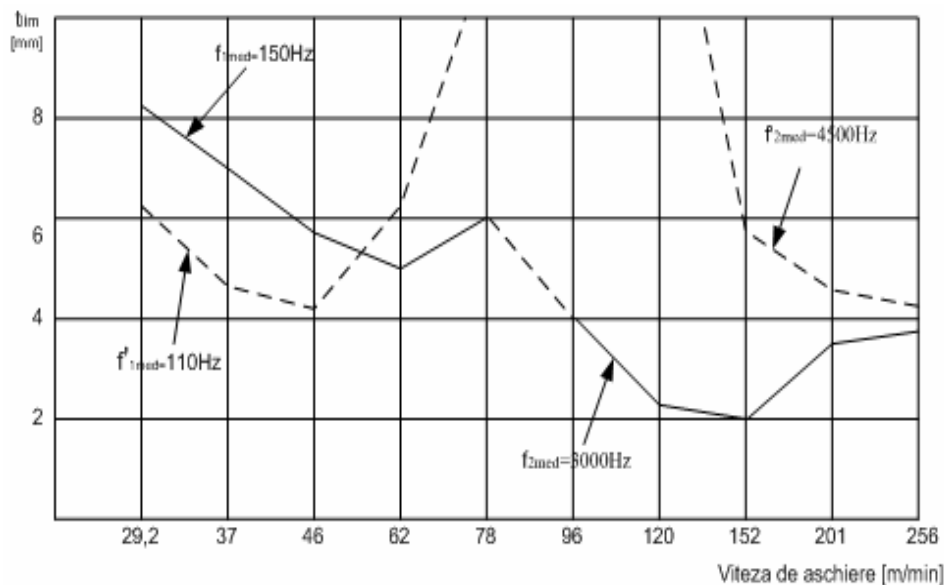


Fig.1 Variatia cu viteza de aschiere a limitei de stabilitate si a frecventei vibratiilor autoexcitate

(¹) Prin *masini tehnologice* vom intelege masinile utilizate pentru transformarea materialelor in componente mecanice

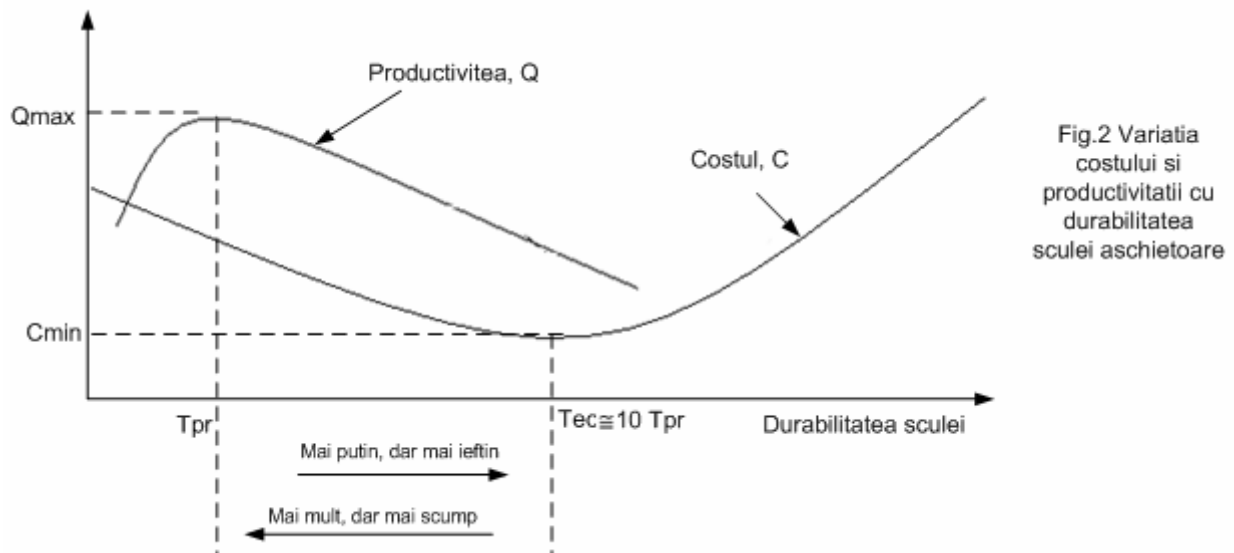
(²) Prin *conducere* vom intelege actiunea in urma careia marimile de stare ale masinii capata o evolutie, in timp si spatiu, impusa.

(³) Prin *control* vom intelege actiunea in urma careia marimile de stare ale masinii tehnologice sunt mentinute la valori impuse.

(⁴) Prin *comanda* vom intelege actiunea prin care o marime de stare trece de la valoarea actuala la o valoare data

4. Controlul economicitatii. La masinile tehnologice acesta consta doar in ajustarea offline a regimului de lucru [6], in acord cu caracteristicile piesei si sculei, si in asa fel incat costul si productivitatea sa aiba valori favorabile. Incertitudinile ce apar aici sunt date de faptul ca productivitatea si costul nu pot fi extremizate simultan vezi (Fig. 2). Apare intrebarea: Cum ar trebui sa producem, mai mult dar mai scump, sau mai putin dar mai ieftin? Raspunsul este dat de un aspect comercial si anume de succesul pe piata al produsului. Daca sistemul de conducere al masinii tehnologice *ar acoperi si economicitatea*

acesteia, atunci s-ar putea obtine un *acord corect*, intre aspectele tehnice, economice si comerciale ale masinilor.



5. Adaptabilitatea masinii tehnologice la cerintele pietei si la cerintele operatorului masinii este doar ajustata conceptual, prin comanda numerica computerizata (interfata cu operatorul), si prin constructii hardware flexibile/reconfigurabile (interfata cu piata produselor mecanice) [7]. In aceasta privinta, critice sunt urmatoarele doua aspecte: a) faptul ca masina tehnologica este condusa de operator printr-un program-piesa in care *se descrie in amanunt modul cum trebuie realizata sarcina de prelucrare*, ceea ce implica un consum important de timp; b) faptul ca masinile tehnologice reconfigurabile consuma mult timp pentru modificarea sistemului lor de control [8]. Un sistem de conducere care ar acoperi aceste aspecte ar trebui sa includa in programul piesa *taskuri si nu instructiuni* si ar trebuie sa fie *permanent ajustabil, functie de structura mecanica a masinii*.
6. Predictibilitatea masinii tehnologice. Desi in activitatea comerciala de ofertare-negociere-contractare apare permanent nevoia unei preevaluari a relatiei dintre produsul oferat si masina tehnologica folosita, acest aspect nu este nicicum considerat in conducerea actuala a masinilor tehnologice. Conducerea *sub aspect comercial* a unei masini tehnologice impune modelarea relatiei dintre sarcina de lucru (piesa, suprafata de prelucrat si calitatea acesteia) si nivelul min-max al consumurilor de orice fel (materiale, energie, scule, timp, etc), ocazionate de indeplinirea respectivei sarcini.
7. Caracterul adaptiv, optimal sau predictiv al conducerii masinilor tehnologice. La sistemele de conducere actuale, acest aspect este concretizat prin urmatoarele doua modele conceptuale [9]: a) conducerea adaptiva cu restrictii ACC; b) conducerea adaptiva optimala ACO. In figurile 3 si 4 sunt prezentate aceste modele. Pana in prezent nu au fost propuse sisteme de conducere bazate pe controlul *predictiv* al masinilor tehnologice.

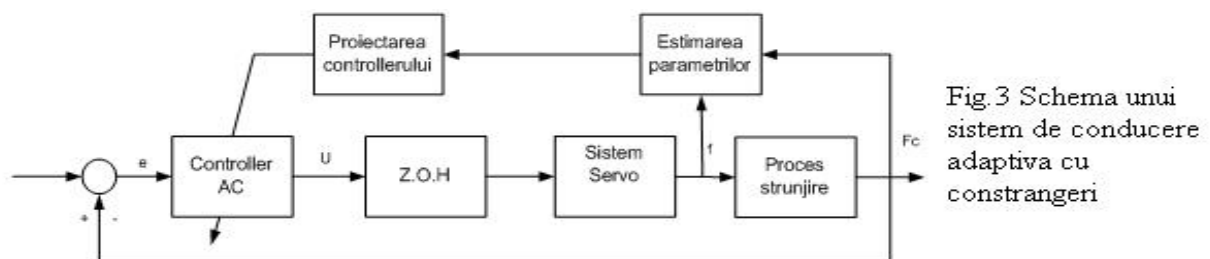




Fig.4 Schema conceptuala a unui sistem de conducere adaptiv-optimala

8. Tipologia modelelor si modul de constructie al acestora. In prezent, modelele folosite in conducerea masinilor tehnologice sunt analitice, numerice sau neuronale. *Constructia acestora este in toate cazurile bazata pe investigarea experimentală offline a unui prototip, alcatuirea unei baze de date experimentale si utilizarea acestora pentru a selecta, dintr-o familie data de modele, modelul cel mai potrivit [10].* Nu sunt raportate in literatura cazuri de sisteme cognitive care, monitorizand functionarea *curenta* a masinii tehnologice *in cauza*, sa extraga *online* cunostinte, care sa fie folosite, *imediat*, pentru conducerea in timp real a respectivei masini tehnologice. In domeniul inteligentei artificiale exista tehnici care permit extragerea online de cunostinte, de exemplu prin procese de invatare nesupravegheata. Un sistem de conducere a masinii tehnologice ar trebui *sa-si construiasca online modelele necesare conducerii*, folosind un sistem cognitiv adecvat.

In sinteza, principalele neajunsuri ale actualului concept de conducere a masinilor tehnologice, precum si modul in care acestea vor fi depasite in cadrul proiectului, sunt prezentate in tabelul 1.

Aspectul caracteristic	Actualul concept (referentialul cercetarii)	Conceptul propus
Controlul geometriei	Produce informatice CAD/CAM//CIM utilizate offline	idem
Controlul dimensional	Perechi de suprafete simple Corectie de scula unica, aplicata offline	Perechi de spatii topologice Corectie de scula variabila, controlata predictiv si adaptiv, in timp si spatiu
Controlul stabilitatii	Rezerva de stabilitate neutilizata	Utilizare completa a domeniului de stabilitate, prin controlul online al limitei de stabilitate
Controlul economicitatii	Control offline, fara a considera aspectele comerciale	Control online, cu considerarea aspectelor comerciale
Adaptabilitatea	Programare prin instructiuni Reconfigurare prin refacerea sistemului de control	Programare prin taskuri Reconfigurare prin interpretor si program masina
Predictibilitate	Nu este considerata	Este considerata si asigurata online
Tipul conducerii	Adaptiv si optimal, offline	Adaptiv, optimal si predictiv, online
Modele de control	Analitice, numerice sau neuronale	Bazate pe sistem cognitiv si invatare online nesupervizata

Tabelul 1

Bibliografie selectiva:

- [1] Sung I. Kim, Robert G. Landers, A. Galip Ulsoy (2003) – *Robust Machining Force Control with Process Compensation*, in Journal of Manufacturing Science and Engineering, DOI 10.1115/1.1580849.
- [2] Y. S. Tarn, H. Y. Chuang, and W. T. Hsu (2007) – *An Optimisation Approach of the Contour Error Control of CNC Machine Tools Using Genetic Algorithms*, in International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, 13:359 - 366.
- [3] Dr. Shankar Chakraborty, Arit Basu (2006) – *Retrival of machining information from feature patterns using artificial neural networks*, in International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, 27:781 – 787, DOI 10.1007/s00170-004-2254-9.
- [4] Park, S. S. (2006) – *Robust regenerative chatter stability in machine tools*, in International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, DOI 10.1007/s00170-006-0778-x.
- [5] Long, X.-H., Balachandran, B. (2004) – *Stability analysis for milling process*, in Nonlinear Dynamics, DOI 10.1007/s11071-006-9127-8.
- [6] Kyung Sam Park, Soung Hie Kim (2002) – *Artificial intelligence approaches to determination of CNC machining parameters in manufacturing: a review*, in Artificial Intelligence in Engineering 12: 127-134.
- [7] Radu F. Babiceanu, F. Frank Chen (2006) – *Development and applications of holonic manufacturing systems: a survey*, in Journal of Intelligent Manufacturing, 17, 111-131.
- [8] Yoram Koren, Ann Arbor, A. Galip Ulsoy (2002) – *Reconfigurable manufacturing system having a production capacity method for designing same and method for changing its production capacity*, in United States Patent, US 6, 349, 237 B1.
- [9] Y. Liu, T. Cheng, L. Zuo (2001) – *Adaptive Control Constraint of Machining Processes*, in International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, 17:720-726.
- [10] Steven Y. Liang, Rogelio L. Hecker, Robert G. Landers (2004) – *Machining Processes Monitoring and Control: The State- of- the- Art*, in Journal of Manufacturing Science and Engineering, DOI 10.1115/1.1707035.