



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00299

(22) Data de depozit: 26/04/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/08/2018 BOPI nr. 8/2018

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS"  
GALAȚI, STR. DOMNEASCĂ NR. 47,  
GALAȚI, GL, RO

(72) Inventatori:  
• FRUMUȘANU GABRIEL RADU,  
STR. TRAIAN NR. 89, BL. B3-B, SC. 1, AP. 6,  
GALAȚI, GL, RO

(54) METODĂ DE PILOTARE A MAȘINILOR UNELTE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de pilotare a mașinilor unelte de tipul strungurilor, frezelor, mașinilor de găurit și altora asemenea, adică a acelor mașini unelte folosite pentru prelucrarea pe bază de comenzi a materialelor, în vederea fabricării în serie a componentelor mecanice. Metoda conform invenției constă în ajustarea permanentă a valorilor variabilelor de comandă transmise mașinii în acord cu profilul și nivelul performanței, așa cum acestea sunt stabilite în directiva managerială valabilă în momentul executării operației tehnologice, stabilirea valorilor variabilelor de comandă transmise mașinii să se facă pe baza analizei comparative a

datelor curente și a datelor reale înregistrate în timpul monitorizării mașinii și nu pe baza cunoștințelor generale de care dispune programatorul, iar pilotarea să implice predicția și monitorizarea on-line a valorilor curente ale criteriilor de performanță și, pe această bază, să se realizeze evidențierea și raportarea, pe tot parcursul executării operației tehnologice, a măsurii în care este atinsă ținta acțiunii de prelucrare.

Revendicări: 4  
Figuri: 8



**Metoda de pilotare a masinilor-unelte**  
**- Descrierea inventiei -**

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI  
 Cerere de brevet de invenție  
 Nr. a 218 ee 299  
 Data depozit 26-04-2018

Inventia se refera la o metoda de pilotare a masinilor-unelte de tipul celor folosite pentru prelucrarea materialelor in vederea fabricarii in serie a componentelor mecanice (strunguri, freze, masini de gaurit etc.). Metoda se aplica la fabricarea, updatarea, modernizarea si retrofitingul masinile unelte destinate fabricatiei pe baza de comenzi.

Este cunoscut faptul ca, prin mod de conducere a unei masini-unealta se intelege felul in care masina primeste comenzi, atunci cand executa operatii tehnologice.

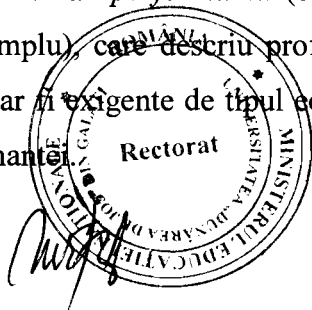
O *operatie* este definita de *sarcina de lucru* si de *directiva manageriala* privind performanta ceruta la executia sarcinii. Operatia este descrisa printr-un numar de parametri descriptori, unii descriind sarcina iar altii, directiva. Privitor la *parametrii descriptori*, este observabil faptul ca acestia pot fi impartiti in doua grupe.

Prima grupa cuprinde parametrii ce descriu materialul piesei de prelucrat, parametrii ce definesc geometria piesei in stare bruta si in stare prelucrata, parametrii geometrici impusi sculelor (de exemplu diametrul burghiului la gaurire sau latimea frezei la prelucrarea unui canal de pana), parametrii ce descriu fazele auxiliare, precum si parametrii ce definesc geometric traiectoriile miscarilor de prelucrare executate de piesa si scule. Valorile parametrilor din aceasta grupa *sunt fixe* si, ca urmare, odata stabilite, raman definitive.

A doua grupa cuprinde restul parametrilor descriptori - cum ar fi, de exemplu, parametrii ce descriu cinematica miscarilor de prelucrare executate de piesa si scule (precum avansul sau viteza de aschiere), parametrii ce descriu performanta prelucrarii (precum costul, timpul, energia, precizia, de exemplu), unii parametri ai sculelor (precum materialul, diametrul si numarul de dinti ai frezei la prelucrarea unui canal de pana, de exemplu). Valorile parametrilor din aceasta grupa *sunt conjuncturale*, in sensul ca variaza in functie de conjunctura din momentul executarii sarcinii de lucru.

Conjunctura este un atribut specific structurilor industriale si se defineste prin conditiile tehnice, economice, comerciale si organizatorice in care se desfasoara activitatea de productie intr-o structura data. Este cunoscut faptul ca, intr-o structura industriala *de fabricatie pe baza de comenzi*, aceste conditii se schimba permanent si, de aceea, *conjunctura se modifica in mod continuu*.

Privitor la *performanta*, se cunoaste faptul ca este descrisa prin *profil* si *nivel*, parametrii descriptori fiind *criteriile de performanta* (cum ar fi costul, timpul, consumul de energie sau rentabilitatea, de exemplu), ~~care descriu~~ *care descriu* profilul performantei, si *exigentele aplicate valorilor acestor criterii* (cum ar fi ~~exigente de tipul~~ *exigente de tipul* ecuatii, inecuatii sau extremizari, de exemplu), care descriu nivelul performantei.



Profilul si nivelul performantei reflecta, in mod concret, *tactica* pe care managementul o adopta - functie de conjunctura - si o transmite - pe canale administrative - sub forma de *directiva manageriala*. Evident ca, intr-o structura industrială, din cauza modificării permanente a conjuncturii, *directiva manageriala este, in mod continuu, actualizata*.

*Tinta* conducerii masinii unelte este respectarea prevederilor acelei directive manageriale care este in vigoare la momentul executării operatiei tehnologice. De aceea, conducerea masinii-unealta se considera *eficienta* doar in masura in care, permanent, *aceasta tinta* este atinsa. Evident ca, pentru a fi eficienta, conducerea masinii-unealta trebuie ca, tot permanent, *sa ajusteze comenzile date masinii-unealta*, functie de *directiva manageriala* care este in vigoare la momentul executării operatiei tehnologice.

Potrivit inventiei, pilotarea consta in *a ajusta, permanent, comenzile date masinii-unealta, in acord cu forma curenta a directivei manageriale*.

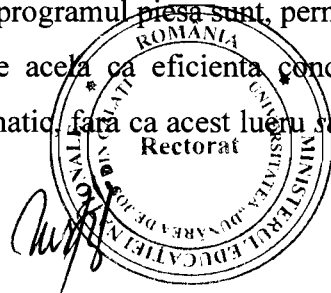
In prezent, masinile-unelte nu sunt pilotate. Are loc doar programarea masinii unelte, facuta de programator, si supravegherea derularii programului, facuta de operator.

Programarea consta in elaborarea, *off-line* si *ipotetic*, a documentului numit program-piesa. Documentul se elaboreaza de programator, pe baza urmatoarelor doua *ipoteze*. Prima, se refera la conditiile tehnice, economice, comerciale si organizatorice in care ar putea sa aiba loc activitatea de productie. A doua ipoteza este aceea ca evaluarile, desi sunt facute pe baza unor cunostinte generale (detinute de programator sau obtinute din literatura de specialitate consultata), corespund realitatii cazului concret. In esenta, acest document este un program de functionare a masinii-unealta, in care se precizeaza sarcina de lucru, precum si valorile variabilelor de comanda, pentru care, in acord cu ipotezele considerate, executarea respectivei actiuni ar putea fi considerata ca eficienta.

Insa conditiile tehnice, economice, comerciale si organizatorice in care are loc activitatea de productie se schimba permanent. Ca urmare, realitatea infirma frecvent ipotezele in care a fost elaborat programul-piesa. Spre exemplu, in momentul elaborării programului-piesa, forma curenta a directivei manageriale impunea o limita a duratei de executie dar, in conjunctura din momentul executării operatiei, masina-unealta este disponibila o perioada mare de timp. Sau, conform cunostintelor generale ale programatorului, valorile programate ale variabilelor de comanda asigura satisfacerea exigentei privitoare la costul operatiei, dar in realitate acest lucru nu s-a confirmat.

Astfel de situatii sunt inerente, diverse si foarte frecvente. De aceea, ipotezele pe baza carora s-a elaborat programul-piesa sunt, permanent, in dezacord cu realitatea curenta.

Rezultatul este acela ca *eficienta conducerii masinii-unealta este permanent diminuata*, uneori in mod dramatic, *fara ca acest lucru sa fie evidentiat* in vreun fel, iar operatorul *sa afle ce*



*se intampla*. Pe de alta parte, dupa ce pregateste executarea programului (fixand pe masina-unealta sculele si semifabricatul), operatorul supravegheaza, doar, derularea programului, intervenind atunci cand apare o avarie (spargerea muchiei unei scule, de exemplu), un pericol (cum ar fi aglomerarea aschiilor in zona de lucru sau vibratia masinii din cauza uzarii sculei), sau o dereglare pozitionala a piesei sau sculelor.

In plus, maniera actuala de comanda a masinilor-unelte este una *indirecta*, in sensul ca, in locul criteriilor de performanta (care sunt marimi sintetice si complexe, cum ar fi precizia, costul, productivitatea, impactul asupra mediului, rentabilitatea, etc.), se folosesc, pentru comanda, alte variabile (cum ar fi spatiul, timpul, viteza, temperatura, presiunea, etc.), care doar influenteaza valorile criteriilor. In prezent, nu se cunosc cazuri de folosire a criteriilor de performanta in comanda masinii-unealta, desi tinta urmarita prin comanda este descrisa tocmai de aceste criterii.

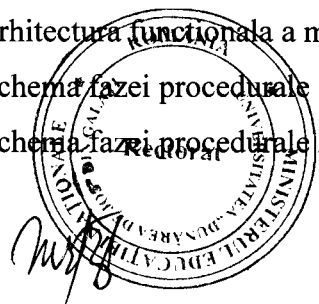
Consecinta manierei indirecte de comanda a masinilor-unelte este aceea ca *orice diferenta*, intre cunostintele profesionale ale programatorului sau operatorului si realitate, pe de o parte, respectiv intre conjunctura ipotetica in care s-a facut programarea si cea din momentul in care masina functioneaza, pe de alta parte, provoaca *diminuarea eficientei* cu care masina-unealta functioneaza.

Inventia rezolva doua probleme tehnice. Prima este aceea de a evita diminuarea eficientei, cauzata de modificarea permanenta si rapida a conditiilor tehnice, economice, comerciale si organizatorice in care are loc activitatea de productie. A doua este aceea de a evita diminuarea eficientei, ca efect al diferentei dintre cunostintele profesionale ale programatorului sau operatorului si comportarea reala a masinii unelte.

Inventia rezolva problemele tehnice enuntate mai sus, prin pilotarea masinii-unealta, in acord cu urmatoarele idei: *i)* pilotarea inseamna ajustarea permanenta a valorilor variabilelor de comanda transmise masinii, in acord cu profilul si nivelul performantei, asa cum acestea sunt stabilite in directiva manageriala valabila in momentul executarii operatiei tehnologice, *ii)* stabilirea valorilor variabilelor de comanda transmise masinii se face pe baza analizei comparative a datelor curente si a datelor reale, inregistrate in timpul monitorizarii masinii si nu pe baza cunostintelor generale de care dispune programatorul si *iii)* pilotarea implica predictia si monitorizarea on-line a valorilor curente ale criteriilor de performanta si, pe aceasta baza, evidentierea si raportarea, pe tot parcursul executarii operatiei tehnologice, a masurii in care este atinsa tinta actiunii de prelucrare.

In cele ce urmeaza, se prezinta descrierea inventiei, in legatura cu figurile 1 ... 4, unde:

- figura 1 prezinta arhitectura functionala a masinii pilotate;
- figura 2 prezinta schema fazei procedurale *Comanda-pilot*;
- figura 3 prezinta schema fazei procedurale *Evaluare*;



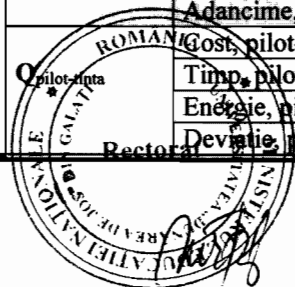
92

- figura 4 prezinta fluxul informational al fazei procedurale *Evaluare*.

Pentru aplicarea metodei, este necesara configurarea functionala a masinii-unealta. Astfel, pe structura clasica a masinii-unealta cu comanda numerica, constand in modulul de executie, modulul de comanda, modulul de programare si modulul de operare, se adauga (figura 1): *i) un modul de masurare* (ca o extensie a modulului de executie), constand din echipament senzorial (o marca tensometrica amplasata pe portscula, un watmetru, instalat in racordul masinii la retea, precum si un sistem de achizitii de date), ce se conecteaza cu modulul de pilotare, catre care transmite valorile componentelor vectorului  $R_{semnal}$  (tabelul 1) si *ii) un modul de pilotare* (ca o extensie a modulului de comanda), care *a) sa proceseze*, potrivit metodei, informatiile primite de la modulul de operare si de la modulul de masurare, *b) sa determine* valorile componentelor vectorului  $P_{comanda-pilot}$  (tabelul 1), *c) sa transmita* valorile vectorilor  $R_{masurare-curenti}$ ,  $R_{masurare-faza}$  si  $R_{masurare-operatie}$  catre modulul de operare, *d) sa inregistreze* intr-o baza de date valorile componentelor vectorilor  $P_{comanda-pilot}$ ,  $Q_{pilotare}$ ,  $R_{masurare-faza}$ ,  $R_{masurare-operatie}$ ,  $S_{stare}$  (tabelul 1), asa cum au fost ele, dupa caz, programate, setate de operator, determinate de modulul de pilotare, sau masurate prin modulul de masurare, pentru fiecare faza sau operatie parcursa si *e) sa actualizeze* valorile inregistrate in baza de date, oricand una sau mai multe din componentele vectorului  $S_{translatie}$  isi modifica valoarea curenta.

Tabelul 1

Variabile		Notatie	Unitati de masura			
$P_{comanda}$	$P_{comanda-program}$	Rezistenta la aschiere	RA	[daN/mm <sup>2</sup> ]		
		Sucesiunea fazelor				
		Geometria traiectoriilor		[μm]		
		Geometria sculelor		[mm]		
		Adancimea de aschiere	t	[mm]		
		Volum de aschiere	V <sub>a</sub>	[dm <sup>3</sup> ]		
		Toleranta brut	TB	[μm]		
		Toleranta finit	TF	[μm]		
		Continutul fazelor auxiliare				
		$P_{comanda-pilot}$		Scule, cod	Cod	cod conventional
Viteza	v			[m/min]		
Avansul	s			[μm/rot]; [mm/min]		
$Q_{pilotare}$	$Q_{pilot-arie}$	Rezistenta la aschiere, pilot-arie	RA	[daN/mm <sup>2</sup> ]		
		Cost, pilot-arie	C <sub>pilot-arie</sub>	[RON/dm <sup>3</sup> ]		
		Timp, pilot-arie	T <sub>pilot-arie</sub>	[min/dm <sup>3</sup> ]		
		Energie, pilot-arie	E <sub>pilot-arie</sub>	[kWh/dm <sup>3</sup> ]		
		Deviatie, pilot-arie	D <sub>pilot-arie</sub>	[μm]		
		Fora, pilot-arie	F <sub>pilot-arie</sub>	[daN]		
		Putere, pilot-arie	P <sub>pilot-arie</sub>	[daN]		
		Scule, cod, pilot-arie	Cod <sub>pilot-arie</sub>	cod conventional		
		Viteza, pilot-arie	V <sub>pilot-arie</sub>	[m/min]		
		Avans, pilot-arie	S <sub>pilot-arie</sub>	[μm/rot]; [mm/min]		
		Adancime, pilot-arie	t <sub>pilot-arie</sub>	[mm]		
		$Q_{pilot-tinta}$		Cost, pilot-tinta	C <sub>pilot-tinta</sub>	[RON/dm <sup>3</sup> ]
				Timp, pilot-tinta	T <sub>pilot-tinta</sub>	[min/dm <sup>3</sup> ]
				Energie, pilot-tinta	E <sub>pilot-tinta</sub>	[Kwh/dm <sup>3</sup> ]
				Deviatie, pilot-tinta	D <sub>pilot-tinta</sub>	[μm]



95

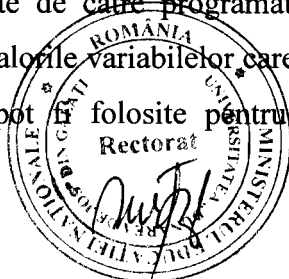
Rrezultat	Rsemnal	Semnal forta	$F_s (l)$	[Usf]
		Semnal putere	$P_s (l)$	[Usp]
		Frecventa de masurare	$f_{masurare}$	[Hz]
		Frecventa de esantionare	$f_{esantionare}$	[Hz]
	Rmasurare-curent	Fora, constanta, valoarea curenta	F	[daN]
		Fora, variabila, valoarea curenta	$F^v$	[daN]
		Putere, valoarea curenta	P	[Kw]
		Uzura, valoarea curenta	U	[%]
		Cost, valoarea curenta	C	[RON/dm <sup>3</sup> ]
		Timp, valoarea curenta	T	[min/dm <sup>3</sup> ]
		Energie, valoarea curenta	E	[Kwh/dm <sup>3</sup> ]
		Deviatie, valoarea curenta	D	[ $\mu$ m]
	Rmasurare-faza	Cost, valoare faza	$C_{faza}$	[RON/dm <sup>3</sup> ]
		Timp, valoare faza	$T_{faza}$	[min/dm <sup>3</sup> ]
		Energie, valoare faza	$E_{faza}$	[Kwh/dm <sup>3</sup> ]
		Deviatie, valoare faza	$D_{faza}$	[ $\mu$ m]
Rmasurare-operatie	Volum aschii, valoare operatie	$V_{op}$	[dm <sup>3</sup> /min]	
	Cost, valoare operatie	$C_{op}$	[RON/dm <sup>3</sup> ]	
	Timp, valoare operatie	$T_{op}$	[min/dm <sup>3</sup> ]	
	Energie, valoare operatie	$E_{op}$	[Kwh/dm <sup>3</sup> ]	
Sstare	Stranslatate	Timp, cost specific	TCS	[RON/min]
		Aset, cost specific	ACS	[RON/min]
		Energie, cost specific	ECS	[RON/Kwh]
		Scule, cost specific	SCS	[RON/uzare]
		Scule, timp specific	STS	[min/uzare]
		Scule, rezistentă la uzura	RU	[min <sup>2</sup> /daN.m <sup>3</sup> ]
	Smasurare	Fora, factor	FF	[daN/Usf]
		Puterea, factor	PF	[Kw/Usp]
		Deviatie, factor	DF	[ $\mu$ m/daN]

Tabelul 2

Nr. crt.	Etape	Faze procedurale	Module	Rezultate
1	Programare masina	Elaborare program	Programare	Setare variabile $P_{comanda-program}$
2	Pilotare initiala	Omogenizare	Operare Pilotare	Actualizare baza de date prin setare variabile $S_{translatate}$
		Comanda-pilot	Operare Pilotare	Setare variabile $P_{comanda-pilot}$ Evaluare variabile $R_{masurare-operatie}$
		Testare	Pilotare Masurare	Setare variabile $S_{masurare}$
3	Observare operare	Evaluare	Masurare Pilotare	Evaluare variabile $R_{rezultat}$
		Raportare	Pilotare	Raportare variabile $R_{rezultat}$
4	Pilotare recursiva	Comanda-pilot	Operare Pilotare	Actualizare variabile $P_{comanda-pilot}$

Metoda de pilotare a masinilor-unelte, potrivit inventiei, se caracterizeaza prin aceea ca, aplicarea ei consta in parcurgerea urmatoarele etape tehnice (tabelul 2):

**Etapa 1 – Programare mașină**, care consta in elaborarea programului-piesa. Programul-piesa se intocmeste de catre programator, off-line, in limbajul masinii-unealta si stabileste, potrivit metodei, valorile variabilelor care se pot modifica intre limite restranse sau deloc si care, prin urmare, nu pot fi folosite pentru pilotarea masinii-unealta. Variabilele in cauza sunt

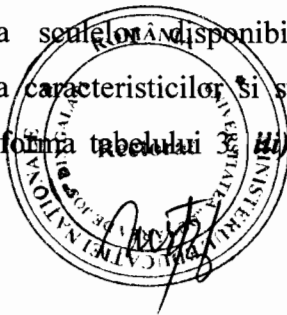


componentele vectorului  $P_{comanda-program}$  (tabelul 1) si se refera la prelucrabilitatea materialului piesei (rezistenta la aschiere), succesiunea fazelor, geometria traiectoriilor, conditiile geometrice impuse sculelor (atat dimensiuni specifice, spre exemplu latime unei freze disc pentru prelucrat un canal de pana, diametrul unui burghiu etc., cat si cote caracterizand positionarea in portscula), adancimea de aschiere, volumul de aschiere, precizia dimensionala (toleranta-brut si toleranta-finit) si continutul fazelor auxiliare. Succesiunea si continutul activitatilor specifice programarii unei operatii raman cele uzuale pentru masinile-unelte CNC. Pe parcursul fiecarei derulari a programului-piesa, atat succesiunea temporala a fazelor, cat si natura acestora (de lucru sau auxiliare) este sesizata prin intermediul markerilor din programul-piesa si a cititorului, care comanda, potrivit metodei, atat cheile  $AC$  si  $BC$  (vezi faza procedurala 2.2, figura 2 si etapa 4), cat si cheile  $AE$ ,  $CE$  si  $DE$  (vezi faza procedurala 3.1, figura 3).

**Etapa 2 – Pilotare initiala**, care are drept scop pregatirea masinii in vederea prelucrarii primului exemplar din lot. De aceea, se parcurge o singura data pentru un lot de piese si implica, potrivit metodei, parcurgerea a trei faze procedurale, dupa cum urmeaza.

**2.1. Omogenizare** – pilotarea masinii-unealta, potrivit metodei, implica stabilirea valorilor variabilelor de comanda transmise masinii pe baza datelor reale, inregistrate in baza de date in timpul monitorizarii masinii. Deoarece valorile unora dintre parametrii luati in calcul pentru stabilirea valorilor variabilelor de comanda pot varia in timp (valorile componentelor vectorului  $S_{translatate}$ , tabelul 1), trebuie ca valorile marimilor din baza de date care sunt calculate pe baza acestor parametri sa fie actualizate (recalculate), in mod automat, de catre modulul de pilotare, oricand una sau mai multe dintre componentele vectorului  $S_{translatate}$  isi modifica valoarea curenta. Rezultatul acestei etape este omogenizarea valorilor inregistratilor din baza de date.

**2.2. Comanda-pilot** – actiunea de pilotare se realizeaza prin rularea programului-piesa si aplicarea procedurii de comanda-pilot (figura 2), ce are ca obiectiv setarea, pentru fiecare faza de lucru, a variabilelor  $P_{comanda-pilot}$ . In acest scop, de fiecare data cand cititorul programului-piesa detecteaza inceperea unei faze de lucru, comanda comutarea cheilor  $AC$  si  $BC$  pe pozitia 1, iar la inceperea unei faze auxiliare, pe pozitia 0, dupa care, in cazul fiecarei faze de lucru, se parcurg urmatorii pasi: **i)** delimitarea ariei de pilotare a masinii-unealta, prin setarea de catre operator (in functie de directiva manageriala curenta si raportul primit de la modulul de pilotare) a unor intervale admisibile de variatie pentru variabilele vectorului  $Q_{pilot-arie}$  (tabelul 1), limitele acestor intervale fiind impuse de considerente de ordin tehnic, coroborate cu directiva manageriala, **ii)** identificarea sculelor disponibile care satisfac conditiile geometrice impuse prin  $P_{comanda-program}$ , a caracteristicilor si starii acestora, prin scanarea unei baze de date dedicate, structurata sub forma tabelului **iii)** ferestruirea, semnificand selectarea, din baza de date a



masinii, pentru fiecare dintre sculele identificate ca disponibile, a tuturor cazurilor anterioare de prelucrari pentru care fiecare dintre variabilele inregistrate in baza de date are valoarea in intervalul admisibil de variatie aferent (stabilit la pasul  $i$ )), rezultatul ferestruirii constand in reprezentarea ariei de pilotare prin cazuistica precedenta,  $iv$ ) modelarea, pentru fiecare scula disponibila, prin regresie multipla liniara aplicata pe multimea cazurilor selectate aferente sculei respective, a relatiilor dintre principalele variabile ale  $R_{masurare-faza}$  (cost, timp, energie si deviatie) si principalele variabile ale  $P_{comanda}$  (rezistenta la aschiere, adancimea de aschiere, viteza si avans),  $v$ ) generarea campului de alternative de pilotare, prin aplicarea modelelor gasite pe o multime de perechi  $(v_i, s_j)$ , rezultata prin discretizarea intervalelor admisibile de variatie pentru viteza si avans intr-un numar  $m$ , respectiv  $n$  de puncte si efectuarea tuturor combinatiilor posibile,  $vi$ ) predictia seturilor de valori pentru cost, timp, energie si deviatie, pentru fiecare dintre cele  $m \times n$  perechi corespunzatoare fiecarei scule si  $vii$ ) tintirea punctului de functionare, constand in selectarea sculei ce va fi utilizata si a valorilor pentru viteza si avans, prin:  $a$ ) excluderea sculelor pentru care starea de uzura din momentul selectarii nu permite finalizarea prelucrarii intregului lot de piese (conform valorilor obtinute prin modelare pentru variabila timp),  $b$ ) in cazul sculelor ramase, excluderea seturilor de valori pentru care exigentele directivei manageriale nu sunt satisfacuate  $c$ ) identificarea, din randul sculelor si a seturilor de valori ramase, a setului pentru care costul este minim si care furnizeaza valorile curente pentru variabilele vectorilor  $P_{comanda-pilot}$  si  $Q_{pilot-tinta}$ .

Tabelul 3

Variabile	Notatie	Unitate de masura	Cod		
			A	B	C
Timp, cost specific	CST	[RON/min]			
Aset, cost specific	CSA	[RON/min]			
Energie, cost specific	CSE	[RON/Kwh]			
Scule, cost specific	CSS	[RON/uzare]			
Scule, timp specific	STS	[min/uzare]			
Scule, rezistenta la uzura	RU	[min <sup>2</sup> /daN.m <sup>3</sup> ]			
Uzura cumulata	UC	%			
Geometrie definitorie	U	[mm]			
	V	[mm]			
	W	[mm]			

Tabelul 4

Variabile	Notatie	Unitate masura	Faze			
			1	2	3	4
Forta, factor	FF	[daN/usf]				
Puterea, factor	FP	[Kw/usp]				
Deviatie, factor	FD	[micron/daN]				

2.3. Testare – inainte de a se trece la prelucrarea primului exemplar din lot este necesar atat sa se efectueze reglajul fazelor de lucru (conform practicilor uzuale), prin determinarea si introducerea corectiilor de scula, cat si, potrivit metodei, sa se seteze variabilele  $S_{masurare}$  (tabelul 1). In acest ultim scop, se parcurg urmatoorii pasi:  $i$ ) se monteaza pe masina





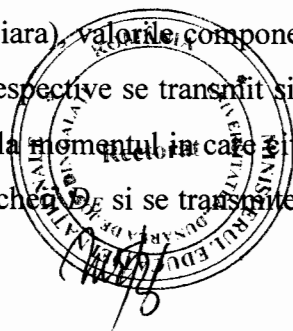
14

sculele selectate in cadrul fazei procedurale precedente, **ii**) se ruleaza programul-piesa in regim manual, comandand deplasarea fiecarei scule pe doua sectoare, cu aceeasi adancime de aschiere  $t_0$ , dar cu avansuri diferite,  $s_1$  si  $s_2$ , trecerea de la o valoare la cealalta facandu-se fara intreruperea aschierii, **iii**) se masoara dimensiunea rezultata pe ambele sectoare (corespunzand utilizarii celor doua avansuri), rezultand astfel dimensiunile  $D_1$  si  $D_2$ , **iv**) se extrag, din modulul de pilotare, valorile medii ale fortei ( $\overline{F}_1$  si  $\overline{F}_2$ ) si puterii ( $\overline{P}_1$  si  $\overline{P}_2$ ), pentru cele doua sectoare si **v**) se calculeaza, cu formulele (1) valorile componentelor vectorului  $S_{masurare}$  si se stocheaza in baza de date sub forma tabelului 4.

$$\Delta F = \overline{F}_2 - \overline{F}_1, \Delta D = D_2 - D_1, FD = \frac{\Delta D}{\Delta F}, FF = \frac{1}{2} \left( \frac{RA \cdot t_0 \cdot s_1}{\overline{F}_1} + \frac{RA \cdot t_0 \cdot s_2}{\overline{F}_2} \right). \quad (1)$$

**Etapa 3 – Observare operare**, care consta in aceea ca, dupa finalizarea etapei de pilotare initiala, modulul de pilotare transmite CNC valorile initiale ale vectorului  $P_{comanda-pilot}$ , ceea ce permite inceperea prelucrarii propriu-zise a lotului de piese. Etapa de fata se deruleaza in timpul prelucrarii fiecarui exemplar din lot si are ca scop determinarea si raportarea valorilor efective ale componentelor vectorilor  $R_{masurare-curent}$ ,  $R_{masurare-faza}$  si  $R_{masurare-operatie}$  (tabelul 1) si se realizeaza, potrivit inventiei, prin intermediul celor doua faze procedurale de mai jos.

**3.1. Evaluare** – se realizeaza de catre modulul de pilotare, prin procesarea informatiilor primite de la modulul de masurare, ca valori ale componentelor vectorului  $R_{semnal}$  si parcurgerea urmatoilor pasi (figura 3): **i**) se esantioneaza sub forma de serii de timp,  $F_s(i)$  si  $P_s(i)$ , cu frecventa  $f_{esantionare} = 256$  Hz si se inregistreaza in buffer-ul de masuratori „i” (figura 4), semnalul-forta, primit de la sistemul de achizitii de date si semnalul-putere, provenit de la watmetru, ambele masurate continuu pe tot parcursul operatiei (din momentul in care cheia  $A_E$  este deschisa, la comanda primului marker), **ii**) la completarea celor  $N_i = 256$  de linii disponibile ale buffer-ului, continutul acestuia se transmite automat (prin cheia  $B_E$ ) subrutinei de calcul curent, **iii**) se calculeaza de catre subrutina de calcul curent, cu formulele (2) sau (3) (dupa cum faza este de lucru sau auxiliara), valoarea curenta pentru fiecare dintre variabilele vectorului  $R_{masurare-curent}$ , corespunzatoare continutului de buffer „i” receptionat, iar valorile respective se transmit si se inregistreaza automat ca o linie in buffer-ul „j” de esantioane (figura 4), **iv**) la momentul in care cititorul intalneste un marker de sfarsit de faza, se comanda deschiderea cheii  $C_E$  si se transmite continutul celor  $N_j$  linii acumulate din buffer-ul „j” catre subrutina de calcul-faza, **v**) se calculeaza de catre subrutina de calcul-faza, cu formulele (4) sau (5) (dupa cum faza este de lucru sau auxiliara), valorile componentelor vectorului  $R_{masurare-faza}$  corespunzatoare fazei derulate, iar valorile respective se transmit si se inregistreaza automat ca o linie in buffer-ul „k” de faze (figura 3), **vi**) la momentul in care cititorul intalneste marker-ul de sfarsit de operatie, se comanda deschiderea cheii  $D_E$  si se transmite continutul celor  $N_k$  linii acumulate in buffer-ul „k”



ca tre subrutina de calcul-operatie si **vii**) se calculeaza de catre subrutina de calcul-operatie, cu formulele (6), valorile componentelor vectorului  $R_{\text{masurare-operatie}}$  corespunzatoare operatiei derulate. Formulele pentru calculul valorii curente a variabilelor vectorului  $R_{\text{masurare-curent}}$ , corespunzatoare continutului de buffer „i” receptionat, sunt, pentru o faza de lucru:

$$\begin{aligned} P_j &= FP \cdot \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} P_s(i) \text{ [kW]}, & F_j &= FF \cdot \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} F_s(i) \text{ [daN]}, \\ F_j^v &= FF \cdot \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} |F_s(i) - F_j| \text{ [daN]}, & D_j &= FD \cdot F_j^v \text{ [\mu m]}, \\ VUS_j &= \frac{1}{RU} \cdot F_j \cdot v^3 \text{ [%/min]}, & T_j &= 1000 \cdot \frac{RA}{v \cdot F_j} \text{ [min/dm}^3\text{]}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$E_j = \frac{P_j \cdot T_j}{60} \text{ [kWh/dm}^3\text{]}, \quad C_j = (CSA + CST + CSS \cdot VUS_j + CSE \cdot E_j) \cdot T_j \text{ [RON/dm}^3\text{]},$$

respectiv, pentru o faza auxiliara:

$$\begin{aligned} P_j^* &= FP \cdot \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} P_s(i) \text{ [kW]}, & T_j^* &= \frac{N_j^*}{f_{\text{masurare}}} \text{ [min]}, & E_j^* &= \frac{P_j^* \cdot T_j^*}{60} \text{ [kWh]}, \\ C_j^* &= (CSA + CST + CSE \cdot P_j^* \cdot 60) \cdot T_j^* \text{ [RON]}. \end{aligned} \quad (3)$$

Formulele pentru calculul componentelor vectorului  $R_{\text{masurare-faza}}$  corespunzatoare fazei  $k$  derulate sunt:

$$\begin{aligned} C_k &= \frac{1}{N_j} \sum_{j=1}^{N_j} C_j \text{ [RON/dm}^3\text{]}, & T_k &= \frac{1}{N_j} \sum_{j=1}^{N_j} T_j \text{ [min/dm}^3\text{]}, \\ E_k &= \frac{1}{N_j} \sum_{j=1}^{N_j} E_j \text{ [kWh/dm}^3\text{]}, & D_k &= \max_{j=1 \dots N_j} D_j \text{ [\mu m]}, \end{aligned} \quad (4)$$

respectiv

$$C_k^* = \sum_{j=1}^{N_j^*} C_j^* \text{ [RON]}, \quad T_k^* = \sum_{j=1}^{N_j^*} T_j^* \text{ [min]}, \quad E_k^* = \sum_{j=1}^{N_j^*} E_j^* \text{ [kWh]}. \quad (5)$$

Formulele pentru calculul componentelor vectorului  $R_{\text{masurare-operatie}}$  corespunzatoare operatiei derulate la prelucrarea piesei  $n$  din lot sunt:

$$\begin{aligned} V_{op} &= \sum_{k=1}^{N_k} V_{a_k} \text{ [dm}^3\text{]}, & C_{op} &= \frac{1}{V_{op}} \left( \sum_{k=1}^{N_k} C_k \cdot V_{a_k} + \sum_{k=1}^{N_k} C_k^* \right) \text{ [RON/dm}^3\text{]}, \\ T_{op} &= \frac{1}{V_{op}} \left( \sum_{k=1}^{N_k} T_k \cdot V_{a_k} + \sum_{k=1}^{N_k} T_k^* \right) \text{ [min/dm}^3\text{]}, & E_{op} &= \frac{1}{V_{op}} \left( \sum_{k=1}^{N_k} E_k \cdot V_{a_k} + \sum_{k=1}^{N_k} E_k^* \right) \text{ [kWh/dm}^3\text{]}. \end{aligned} \quad (6)$$

**3.2. Raportare** – se realizeaza prin parcurgerea urmatoarelor pasi: **i**) se afiseaza pe o interfata grafica a modului de operare, fiecare set de valori nou-calulate pentru componentele vectorului  $R_{\text{masurare-curent}}$ , **ii**) se transmite atat modulului de operare, care il afiseaza, cat si bazei de date a masinii, unde este inregistrat setul de valori calculate pentru componentele vectorului



45

$R_{\text{masurare-faza}}$ , la incheierea fiecărei faze și setul de valori calculate pentru componentele vectorului  $R_{\text{masurare-operatie}}$ , la incheierea unei derulari a operației.

**Etapa 4 – Pilotare recursiva**, care constă în actualizarea variabilelor  $P_{\text{comanda-pilot}}$  după prelucrarea fiecărei piese, prin reluarea automată a fazei procedurale *Comanda-pilot*. Atât pe parcursul prelucrării, cât și după prelucrarea fiecărei piese din lot, operatorul mașinii-unealta observă rezultatele raportate prin vectorii  $R_{\text{masurare-curent}}$ ,  $R_{\text{masurare-faza}}$  și  $R_{\text{masurare-operatie}}$ , pe care, grație modului în care este conceput sistemul de afișaj, figura 8, le compară cu valorile curente ale vectorului  $Q_{\text{pilotare}}$ . În cazul în care el constată că, pentru o fază de prelucrare sau alta, una sau mai multe dintre variabilele  $Q_{\text{pilot-tinta}}$  au valori care ar trebui corectate înainte de prelucrarea unei noi piese, parcurge, la nivelul fazei/fazelor în cauză, următorii pași: *i*) modificarea limitelor intervalelor admisibile de variație pentru componentele vectorului  $Q_{\text{pilot-arie}}$ , *ii*) ajustarea valorilor setate pentru variabilele  $Q_{\text{pilot-tinta}}$  (spre exemplu, dacă variabila *Timp*, *valoare faza* rezulta prea mare, se reduce valoarea setată pentru variabila *Timp*, *pilot-tinta*) și *iii*) impunerea valorii variabilei *Scule cod*, *pilot-arie* ca fiind cea pentru scula deja montată pe mașină (prin eliminarea din lista a celorlalte scule, inițial disponibile). La orice ajustare, faza procedurală *Comanda-pilot* se reia automat, pentru adoptarea noilor valori ale vectorului  $Q_{\text{pilot-tinta}}$ .

Un exemplu de aplicare a invenției, constând în simularea pilotării unui strung, se prezintă mai jos, în legătură cu figurile 5 ... 8, unde:

- figura 5 prezintă fluxul informațional la pilotarea mașinii și structura registrului de cazuri precedente;
- figura 6 prezintă schema pilotării operației de strunjire: fazele operației și modulul de măsurare;
- figura 7 prezintă faza procedurală *Testare* la reglajul fazei de lucru 2-3;
- figura 8 prezintă interfața grafică utilizată la faza procedurală *Raportare* (raportarea vizuală).

Resursele necesare în acest scop, suplimentar celor disponibile uzual, sunt de trei tipuri: *i*) hard – un sistem de monitorizare a funcționării, pentru măsurarea forței de aschiere, a puterii absorbite și a timpului *ii*) soft – o aplicație MatLab, care implementează faza procedurală *Comanda-pilot* și o aplicație Excel, care gestionează baza de date a mașinii și *iii*) informaționale – registrul de cazuri precedente (figura 5) și baza de date referitoare la scule. În cazul pilotării simulate mai jos, resursele informaționale au fost generate artificial.

Sistemul de monitorizare se compune din: o marcă tensometrică *MT* aplicată pe unul dintre suruburile portsculei, conectată printr-o punte tensometrică *PT* și o placă de achiziții de date *PA* la comanda numerică a strungului (figura 6), un wattmetru digital instalat în racordul mașinii la rețea și o interfață grafică de afișaj. Semnalul furnizat de *MT*, proporțional cu forța de aschiere, este citit de *PA* cu frecvența  $f_{\text{masurare}} = 256 \text{ Hz}$  și înregistrat, în format digital, sub forma de sir de



Handwritten signature or mark.

valori exprimate in unitati senzoriale de forta (usf). Watmetrul este citit de  $PA$  cu aceeasi frecventa, semnalul digital fiind inregistrat sub forma de sir de valori masurate in unitati senzoriale de putere (usp). Timpul este masurat indirect, prin raportarea numarului de citiri  $N_{citiri}$  la frecventa  $f_{masurare}$ .

Operatia de strunjire pentru care se simuleaza pilotarea este compusa din trei faze de lucru (deplasarea cutitului intre punctele 2-3, 3-4 si 4-5) si cinci faze auxiliare (figura 6).

**Etapa 1** – Programul-piesa este similar ca forma si structura celor utilizate in mod curent, cu urmatoarele deosebiri: *i)* nu se programeaza valorile vitezei/turatiei si avansului, acestea urmand a fi stabilite prin pilotare si *ii)* se adauga si se programeaza trei functii noi,  $U$ ,  $V$  si  $W$ , care, daca sunt incluse in linii de program care contin  $T$ , semnifica unghiul de atac al sculei ( $V$ , in grade) si coordonatele varfului acesteia fata de un punct de referinta de pe portscula ( $U$  si  $W$ , in milimetri vezi figura 6), iar daca fac parte din linii de program ce contin adresele  $G1$ ,  $G2$  sau  $G3$ , semnifica, respectiv, valorile adancimii de aschiere, a deviatiei locale maxima admisibila a cutitului si a deviatiei dimensionale a semifabricatului, exprimate in microni. Programul-piesa aferent operatiei exemplificate este:

H11	T2 U100 V90 W30
N12	G92 X250000 Z210000
N13	G0 X50000 Z202000 D2
N14	G1 Z150000 U3000 V40 W600
N15	X80000 Z110000 W1000
N16	Z55000 W500
N17	G0 X120000
N18	X250000 Z210000 D0

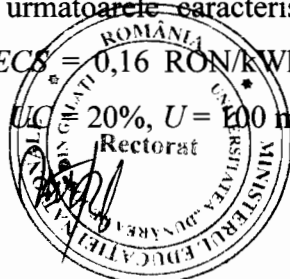
## Etapa 2

**2.1. Omogenizarea** se realizeaza automat, de catre aplicatia Excel, de fiecare data cand se modifica valoarea vreunuia dintre componentele vectorului  $S_{translatare}$ .

**2.2. Comanda-pilot** din cadrul pilotarii initiale se realizeaza prin parcurgerea urmatoarelor pasi:

**a)** se delimiteaza spatiul de pilotare a strungului, prin aplicarea restrictiilor impuse componentelor vectorului  $Q_{pilot-arie}$  (tabelul 1); spre exemplu, pentru faza de lucru 2-3, acestea sunt:  $RA = 60 \text{ daN/mm}^2$ ,  $C = \text{minim}$ ,  $T_{max} = 26 \text{ min/dm}^3$ ,  $E_{max} = 1,5 \text{ kWh/dm}^3$ ,  $D_{max} = 20 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $F_{max} = 250 \text{ daN}$ ,  $P_{max} = 6 \text{ kW}$ ,  $Scule - A$ ,  $v_{min} = 30 \text{ m/min}$ ,  $v_{max} = 180 \text{ m/min}$ ,  $s_{min} = 0,05 \text{ mm/rot}$ ,  $s_{max} = 0,4 \text{ mm/rot}$ ,  $t = 3 \text{ mm}$ ;

**b)** se gaseste ca in baza de date referitoare la scule exista un singur cutit,  $A$ , care indeplineste conditiile cerute, avand urmatoarele caracteristici (vezi tabelul 3):  $TCS = 0,25 \text{ RON/min}$ ,  $ACS = 0,75 \text{ RON/min}$ ,  $ECS = 0,16 \text{ RON/kWh}$ ,  $SCS = 15 \text{ RON/uzare}$ ,  $STS = 15 \text{ min/uzare}$ ,  $RU = 7 \cdot 10^8 \text{ min}^2/\text{daN} \cdot \text{m}^3$ ,  $UC = 20\%$ ,  $U = 100 \text{ mm}$ ,  $V = 90^\circ$ ,  $W = 30 \text{ mm}$ ;



- c) se selecteaza din registrul de cazuri precedente liniile apartinand spatiului de pilotare considerat, pentru fiecare faza de lucru; pentru faza 2-3 se gasesc  $N = 15$  linii;
- d) se modeleaza, pentru fiecare faza de lucru, prin regresie multipla liniara, aplicata pe multimea cazurilor selectate, relatiile dintre variabilele  $R_{masurare-faza}$  (cost, timp, energie si deviatie) si variabilele  $P_{comanda}$  (rezistenta la aschiere, adancimea de aschiere, viteza si avans) si se genereaza campul de alternative de pilotare, prin aplicarea modelelor gasite pe o multime de perechi  $(v_i, s_j)$ , rezultata prin discretizarea intervalelor admisibile de variatie pentru viteza si avans intr-un numar  $m$ , respectiv  $n$ , de puncte si efectuarea tuturor combinatiilor posibile; pentru faza de lucru 2-3,  $m = 31$ , respectiv  $n = 8$ ;
- e) se predictioneaza, la fiecare faza de lucru, seturile de valori pentru cost, timp, energie si deviatie, pentru fiecare dintre perechile  $(v_i, s_j)$ , pe baza modelelor identificate; pentru faza de lucru 2-3, rezulta  $31 \times 8 = 248$  de seturi de valori predictionate;
- f) se selecteaza, la fiecare faza de lucru, perechea de valori ale vitezei si avansului pentru care costul este minim, in conditiile respectarii cerintelor directivei manageriale, astfel:
- pentru faza 2-3,  $v = 105$  m/min,  $s = 0,3$  mm/rot ( $C_{min} = 53,05$  RON/dm<sup>3</sup>);
  - pentru faza 3-4,  $v = 105$  m/min,  $s = 0,25$  mm/rot ( $C_{min} = 51,32$  RON/dm<sup>3</sup>);
  - pentru faza 4-5,  $v = 110$  m/min,  $s = 0,3$  mm/rot ( $C_{min} = 54,74$  RON/dm<sup>3</sup>);
- g) valorile vitezei si avansului sunt transmise CNC a strungului, completand programul-piesa.

**2.3. Testarea** presupune, in afara de reglajul fazelor de lucru conform procedurilor uzuale utilizate pe un strung cu comanda numerica, setarea variabilelor  $S_{masurare}$ . Astfel, in cazul fazei de lucru 2-3, se strunjesc cu avansurile  $s_1 = 0,1$  mm/rot si  $s_2 = 0,3$  mm/rot doua sectoare cilindrice cu lungimea de 10 mm fiecare, prin detasarea unui strat de material cu grosimea  $t_0 = 2$  mm (figura 7). Dupa masurarile efectuate si procesarea rezultatelor cu formulele (1), se obtin valorile factorilor de forta, putere si deviatie,  $FF = 10$  daN/usf,  $FP = 1$  kW/usp si, respectiv,  $FD = 0,2$   $\mu$ m/daN. Pentru celelalte doua faze de lucru se procedeaza similar. Valorile gasite sunt transmise aplicatiei Excel, pentru a fi utilizate la observarea operarii.

### Etapa 3

**3.1. si 3.2. Evaluarea si Raportarea** se realizeaza in mod continuu si automat, cu ajutorul aplicatiei Excel pe tot parcursul prelucrarii pieselor din lot. Valorile curente ale componentelor vectorilor  $R_{masurare-curent}$  sunt afisate sub forma de histograme (figura 8). Pentru fiecare variabila afisajul prezinta valorile care delimiteaza aria de pilotare, valoarea curenta si valoarea tintita (atunci cand este cazul). Valorile determinate pentru componentele vectorilor  $R_{masurare-faza}$  si  $R_{masurare-operatie}$  sunt, de asemenea, afisate pe interfata grafica (figura 8) si inregistrate in registrul



de cazuri precedente. La sfarsitul operatiei pentru care s-a simulat pilotarea strungului, valorile raportate pentru  $R_{\text{masurare-faza}}$  si  $R_{\text{masurare-operatie}}$  sunt:

Faza	$C_k$ [RON/dm <sup>3</sup> ]	$T_k$ [min/dm <sup>3</sup> ]	$E_k$ [kWh/dm <sup>3</sup> ]	$D_k$ [μm]
H11	2,1	1,2	0,03	-
N12	3	2,9	0,04	-
N13	2,8	3	0,04	-
N14	52,88	25,72	0,77	17
N15	51,53	26,04	0,79	18
N16	53,24	25,37	0,78	18
N17	1,9	0,9	0,02	-
N18	3,2	3,1	0,04	-
Operatie	62,22	34,12	0,81	-

**Etapa 4 - Pilotarea recursiva** se realizeaza dupa prelucrarea fiecărei piese. Astfel, daca spre exemplu, la prelucrarea unei piese se constata ca la sfarsitul fazei de lucru 2-3 valoarea afisata pentru  $T$  este  $26,51 \text{ min/dm}^3 > T_{\text{max}} = 26 \text{ min/dm}^3$ , operatorul intervine si reduce valoarea tinta pentru variabila  $T$  de la 25,5 la 24,5, in noua forma a vectorului  $Q_{\text{pilot-tinta}}$  si actualizeaza valorile vitezei si avansului la nivelul rezultat prin ultima rulare a procedurii *Comanda-pilot* – in cazul considerat:  $v = 110 \text{ m/min}$ ,  $s = 0,3 \text{ mm/rot}$  ( $C_{\text{min}} = 61,28 \text{ RON/dm}^3$ ).

Pentru a exemplifica avantajele aplicarii inventiei, se prezinta in continuare efectele modificarii directivei manageriale asupra regimului de aschiere determinat prin pilotare pentru faza de lucru 2-3:

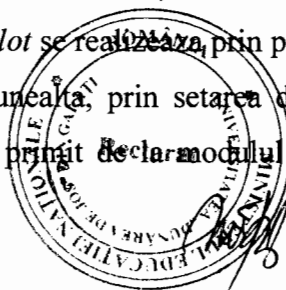
- prin eliminarea limitarii valorii maxime a timpului specific  $T$ , la reluarea fazei specifice *Comanda-pilot*, aplicatia MatLab gaseste o noua valoare optima a vitezei de aschiere,  $v = 60 \text{ m/min}$ , pentru care  $C_{\text{min}} = 22,45 \text{ RON/dm}^3$  (- 57,6 % fata de cel tintit in conditiile anterioare),  $T_{\text{pilot-tinta}} = 37,85 \text{ min/dm}^3$  (+ 48,4 %),  $E_{\text{pilot-tinta}} = 1,05 \text{ kWh/dm}^3$  (+ 34,6 %);
- prin eliminarea limitarii valorii maxime a timpului specific  $T$  si cresterea preciziei de prelucrare,  $D_{\text{max}} = 10 \text{ μm}$ , se obtin valorile  $v = 60 \text{ m/min}$ ,  $s = 0,2 \text{ mm/rot}$ , pentru care  $C_{\text{min}} = 31,54 \text{ RON/dm}^3$  (- 40,5 %),  $T_{\text{pilot-tinta}} = 52,4 \text{ min/dm}^3$  (+ 105,5 %),  $E_{\text{pilot-tinta}} = 1,27 \text{ kWh/dm}^3$  (+ 62,8 %);
- prin scaderea limitei maxime pentru energia specifica consumata,  $E_{\text{max}} = 0,75 \text{ kWh/dm}^3$ , rezulta  $v = 140 \text{ m/min}$ ,  $s = 0,3 \text{ mm/rot}$ , pentru care  $C_{\text{min}} = 142,5 \text{ RON/dm}^3$  (+ 168,8 %),  $T_{\text{pilot-tinta}} = 29,57 \text{ min/dm}^3$  (+ 16,1 %),  $E_{\text{pilot-tinta}} = 0,7 \text{ kWh/dm}^3$  (- 10,3 %).



**Metoda de pilotare a masinilor-unelte****- Revendicari -**

1. Metoda de pilotare a masinilor-unelte caracterizata *prin aceea ca*, in scopul maximizarii eficientei procesului de prelucrare, se parcurg etapele tehnice prezentate in continuare *si prin aceea ca*, in prima etapa, se intocmeste programul-piesa de catre programator, off-line, in limbajul masinii-unealta si se stabilesc valorile variabilelor care se pot modifica intre limite restranse sau deloc si care, prin urmare, nu pot fi folosite pentru pilotarea procesului de prelucrare, dar nu se stabilesc scula si nici viteza de aschiere si avansul care urmeaza a fi utilizate la fiecare faza de lucru *si prin aceea ca*, in a doua etapa, se realizeaza pilotarea initiala a masinii, cu scopul pregatirii masinii in vederea prelucrarii primului exemplar din lot, aceasta implicand parcurgerea a trei faze procedurale: *i)* omogenizarea, constand in actualizarea (recalcularea) valorilor pentru marimile din baza de date a masinii care sunt calculate pe baza unor parametri variabili in timp, in mod automat, de catre modulul de pilotare, de fiecare data cand una sau mai multe dintre componentele vectorului  $S_{\text{translatare}}$  isi modifica valoarea curenta, *ii)* comanda-pilot, ce consta in setarea, pentru fiecare faza de lucru, a sculei utilizate, vitezei de aschiere si avansului si *iii)* setarea variabilelor  $S_{\text{masurare}}$ , prin testarea fazelor de lucru, *precum si prin aceea ca*, in a treia etapa se face evaluarea on-line a valorile efective ale componentelor vectorilor  $R_{\text{masurare-curent}}$ ,  $R_{\text{masurare-faza}}$  si  $R_{\text{masurare-operatie}}$  si raportarea, prin afisarea pe o interfata grafica a modulului de operare a fiecarui set de valori nou-calulate pentru componentele vectorului  $R_{\text{masurare-curent}}$  si transmiterea, atat modulului de operare, cat si bazei de date a masinii, a setului de valori calculate pentru componentele vectorului  $R_{\text{masurare-faza}}$  la incheierea fiecărei faze si setului de valori calculate pentru componentele vectorului  $R_{\text{masurare-operatie}}$  la incheierea unei derulari a operatiei, *precum si prin aceea ca*, in a patra etapa se realizeaza pilotarea recursiva, pentru actualizarea variabilelor  $P_{\text{comanda-pilot}}$  dupa fiecare prelucrare a unei piese, prin reluarea automata a fazei procedurale comanda-pilot, in cazul in care operatorul constata ca, pentru o faza de prelucrare sau alta, una sau mai multe dintre variabilele  $Q_{\text{pilot-tinta}}$  au valori care ar trebui corectate inainte de prelucrarea unei noi piese, acesta parcurgand urmasorii pasi: *a)* modificarea limitelor intervalelor admisibile de variatie pentru componentele vectorului  $Q_{\text{pilot-arie}}$ , *b)* ajustarea valorilor setate pentru variabilele  $Q_{\text{pilot-tinta}}$  si *c)* impunerea valorii variabilei  $S_{\text{cule cod, pilot-arie}}$  ca fiind cea pentru scula deja montata pe masina.

2. Metoda de pilotare a masinilor-unelte, conform revendicarii 1, caracterizata prin aceea ca faza procedurala de *Comanda-pilot* se realizeaza, prin parcurgerea urmasorilor pasi: *i)* delimitarea spatiului de pilotare a masinii-unealta, prin setarea de catre operator, in functie de directiva manageriala curenta si raportul primit de la modulul de pilotare, a intervalelor admisibile de



variatie pentru variabilele vectorului  $Q_{pilot-arie}$ , ii) identificarea sculelor disponibile care satisfac conditiile geometrice impuse prin  $P_{comanda-program}$ , a caracteristicilor si starii acestora, prin scanarea unei baze de date dedicate, iii) ferestruirea, semnificand selectarea, din baza de date a masinii, pentru fiecare dintre sculele identificate ca disponibile, a tuturor cazurilor anterioare de prelucrari pentru care fiecare dintre variabilele inregistrate in baza de date are valoarea in intervalul admisibil de variatie aferent (stabilit la pasul  $i$ )), iv) modelarea, pentru fiecare scula disponibila, prin regresie multipla liniara aplicata pe multimea cazurilor selectate aferente sculei respective, a relatiilor dintre variabilele cost, timp, energie si deviatie, pe de-o parte si variabilele rezistenta la aschiere, adancimea de aschiere, viteza si avans, pe de alta parte, v) generarea campului de alternative de pilotare, prin aplicarea modelelor gasite pe o multime de perechi  $(v_i, s_j)$ , rezultata prin discretizarea intervalelor admisibile de variatie pentru viteza si avans intr-un numar  $m$ , respectiv  $n$  de puncte si efectuarea tuturor combinatiilor posibile, vi) predictia seturilor de valori pentru cost, timp, energie si deviatie, pentru fiecare dintre cele  $m \times n$  perechi corespunzatoare fiecărei scule si vii) tintirea punctului de functionare, constand in selectarea sculei ce va fi utilizata si a valorilor pentru viteza si avans, prin: a) excluderea sculelor pentru care starea de uzura din momentul selectarii nu permite finalizarea prelucrării întregului lot de piese, conform valorilor obtinute prin modelare pentru variabila timp, b) excluderea, in cazul sculelor ramase, a seturilor de valori pentru care exigentele directivei manageriale introduse prin valorile variabilelor vectorului  $Q_{pilot-tinta}$  nu sunt satisfacute c) identificarea, din randul sculelor si a seturilor de valori ramase, a setului pentru care costul este minim, ce furnizeaza valorile curente pentru variabilele vectorului  $P_{comanda-pilot}$ .

3. Metoda de pilotare a masinilor-unelte, conform revendicarii 1, caracterizata prin aceea ca faza procedurala de *Testare* se realizeaza prin parcurgerea urmatoilor pasi: i) se monteaza pe masina sculele selectate in cadrul fazei procedurale *Comanda-pilot*, ii) se ruleaza programul-piesa in regim manual, comandand deplasarea fiecărei scule pe doua sectoare, cu aceeasi adancime de aschiere  $t_0$ , dar cu avansuri diferite,  $s_1$  si  $s_2$ , trecerea de la o valoare la cealalta facandu-se fara intreruperea aschierii, iii) se masoara dimensiunea rezultata pe ambele sectoare, corespunzand utilizarii celor doua avansuri, rezultand astfel dimensiunile  $D_1$  si  $D_2$ , iv) se extrag, din modulul de pilotare, valorile medii ale fortei ( $\bar{F}_1$  si  $\bar{F}_2$ ) si puterii ( $\bar{P}_1$  si  $\bar{P}_2$ ), pentru cele doua sectoare ale fiecărei faze de lucru si v) se calculeaza, cu formulele (1) valorile componentelor vectorului  $S_{masurare}$  si se stocheaza in baza de date.

4. Metoda de pilotare a masinilor-unelte, conform revendicarii 1, caracterizata prin aceea ca faza procedurala de *Evaluare* se realizeaza prin parcurgerea urmatoilor pasi: i) se esantioneaza sub forma de serii de timp,  $F_s(i)$  si  $A_s(i)$ , cu frecventa  $f_{esantionare} = 256$  Hz si se inregistreaza in





6

buffer-ul de masuratori „i” semnalul-putere, primit de la sistemul de achizitie de date si semnalul-putere, provenit de la wattmetru, ambele masurate continuu pe tot parcursul operatiei, ii) la completarea celor  $N_i = 256$  de linii disponibile ale buffer-ului, continutul sau se transmite automat subrutinei de calcul curent, iii) se calculeaza de catre subrutina de calcul curent, cu formulele (2) sau (3), dupa cum faza este de lucru sau auxiliara, valoarea curenta pentru fiecare dintre variabilele vectorului  $R_{masurare-curent}$ , corespunzatoare continutului de buffer „i” receptionat, iar valorile respective se transmit si se inregistreaza automat ca o linie in buffer-ul „j” de esantioane, iv) la momentul in care cititorul intalneste un marker de sfarsit de faza, se transmite continutul celor  $N_j$  linii acumulate in buffer-ului „j” catre subrutina de calcul-faza, v) se calculeaza de catre subrutina de calcul-faza, cu formulele (4) sau (5), dupa cum faza este de lucru sau auxiliara, valorile componentelor vectorului  $R_{masurare-faza}$  corespunzatoare fazei derulate, iar valorile respective se transmit si se inregistreaza automat ca o linie in buffer-ul „k” de faze, vi) la momentul in care cititorul intalneste marker-ul de sfarsit de operatie, se transmite continutul celor  $N_k$  linii acumulate in buffer-ul „k” subrutinei de calcul-operatie si vii) se calculeaza de catre subrutina de calcul-operatie, cu formulele (6), valorile componentelor vectorului  $R_{masurare-operatie}$  corespunzatoare operatiei derulate.



93



**Metoda de pilotare a masinilor-unelte**

- Figuri -

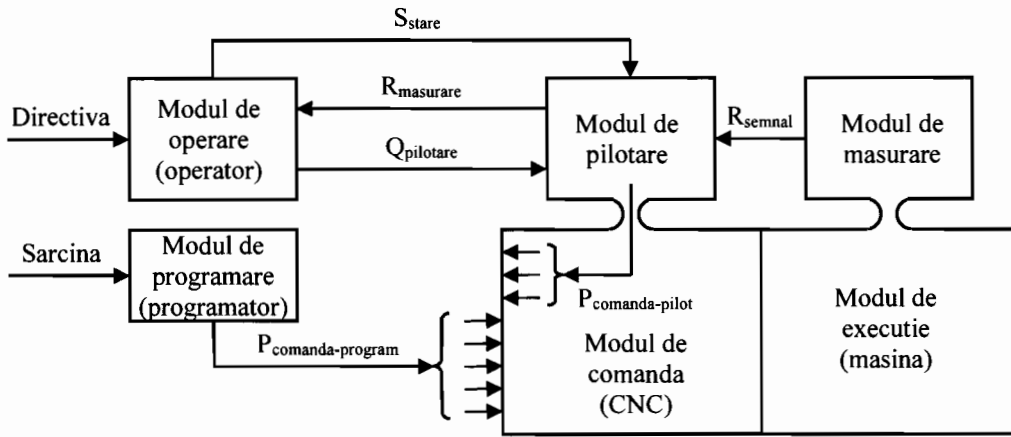


Figura 1

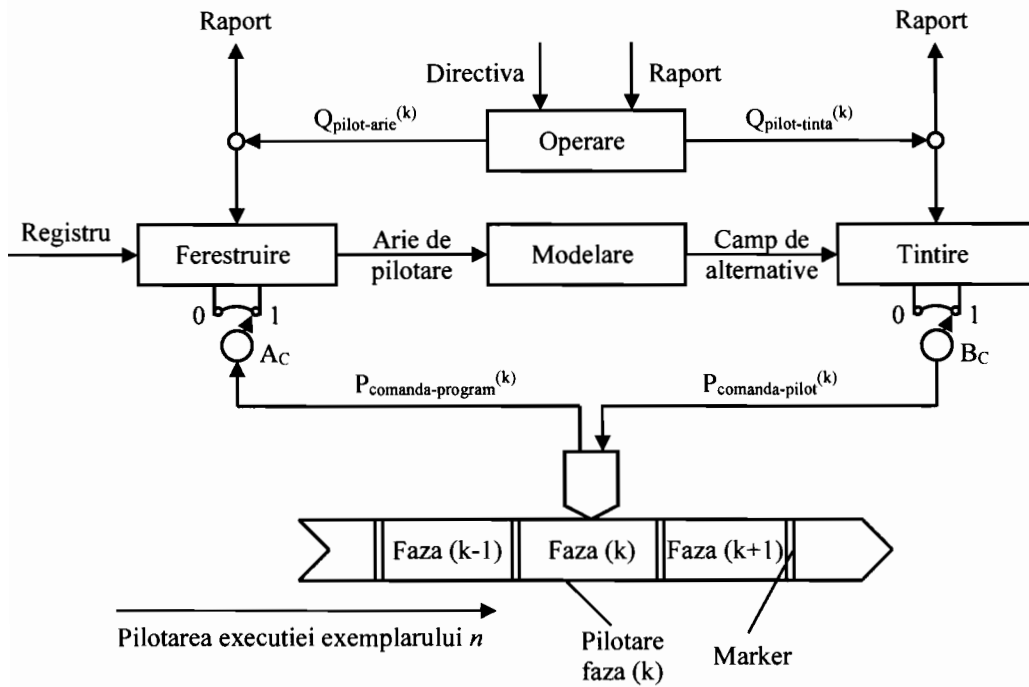


Figura 2



Handwritten signature or initials.

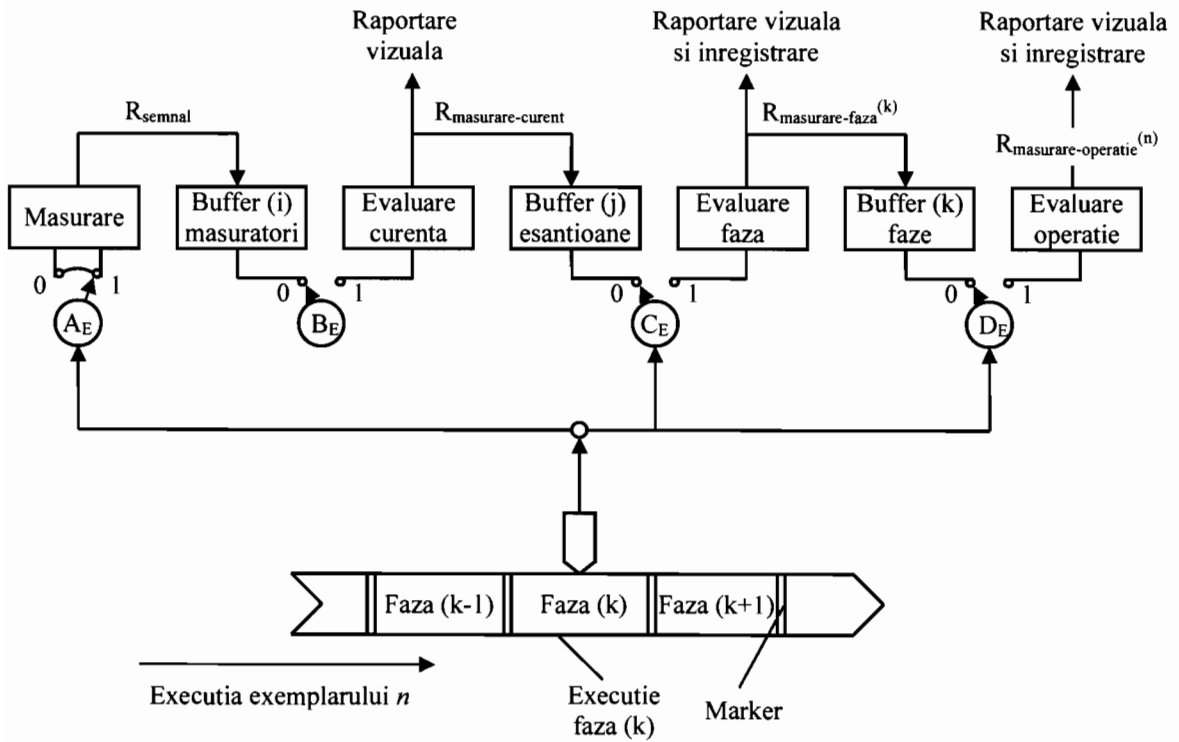


Figura 3

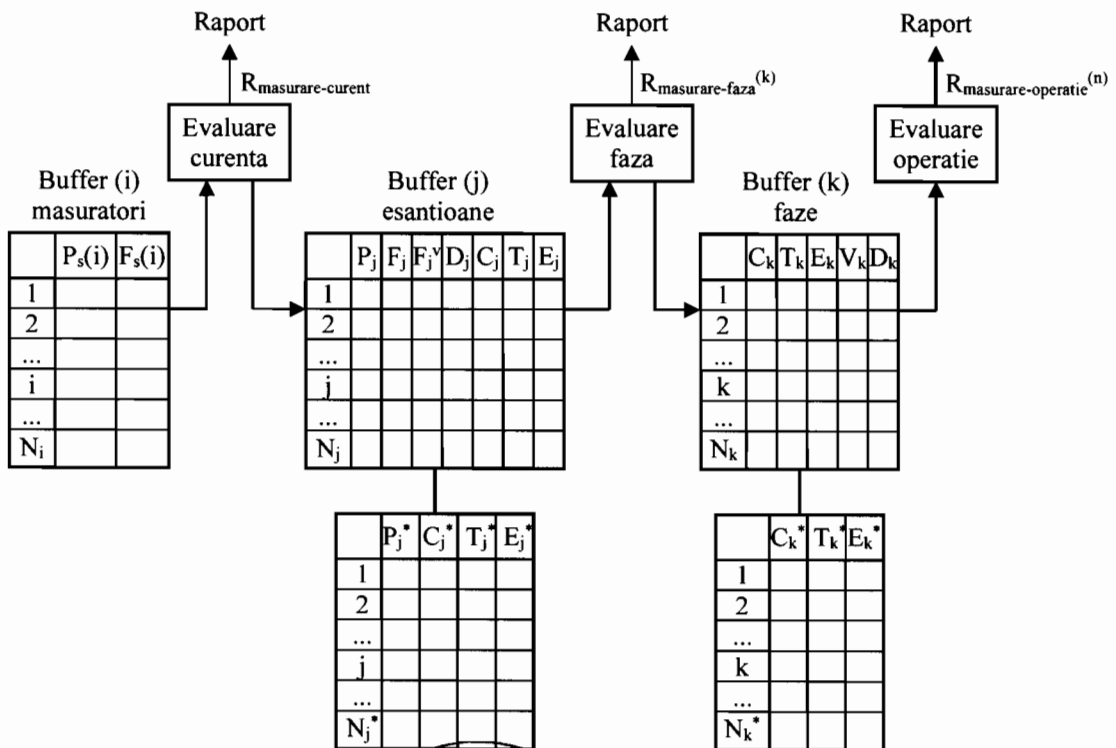


Figura 4

Handwritten signature or mark.

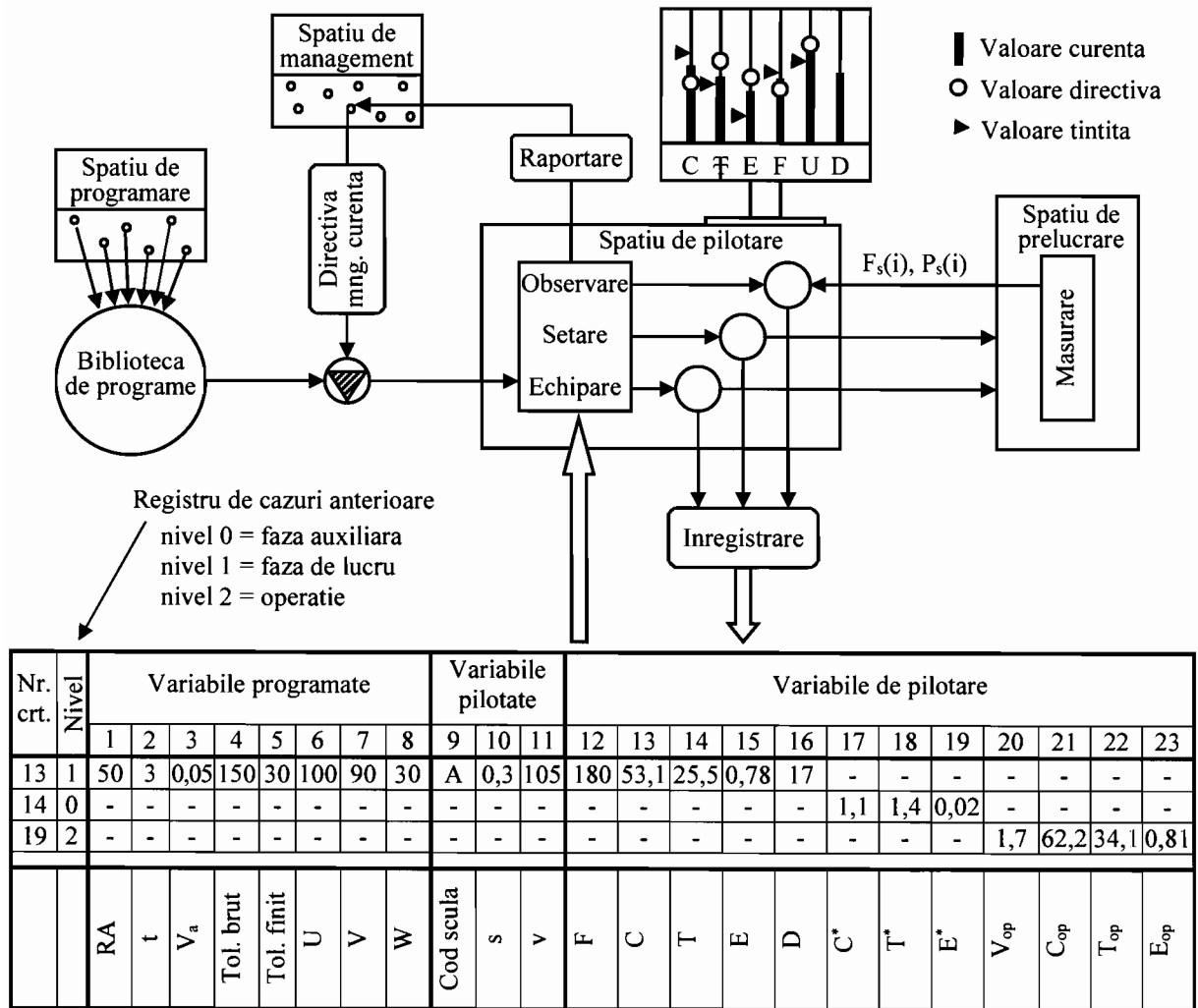


Figura 5

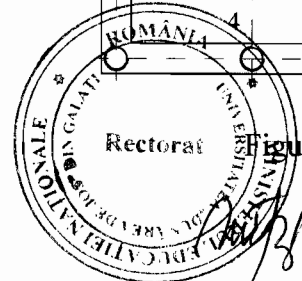
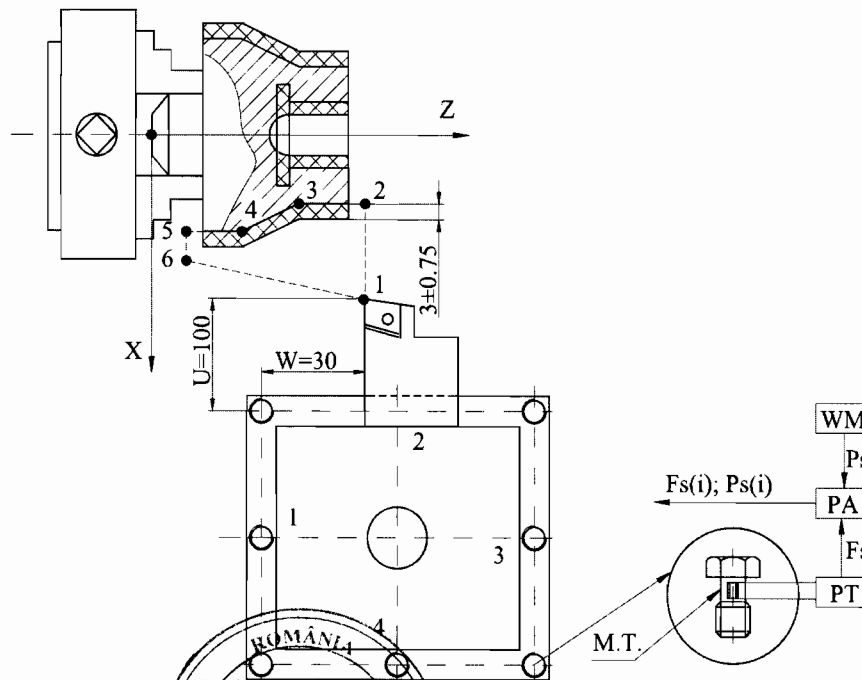


Figura 6

Handwritten signature or initials.

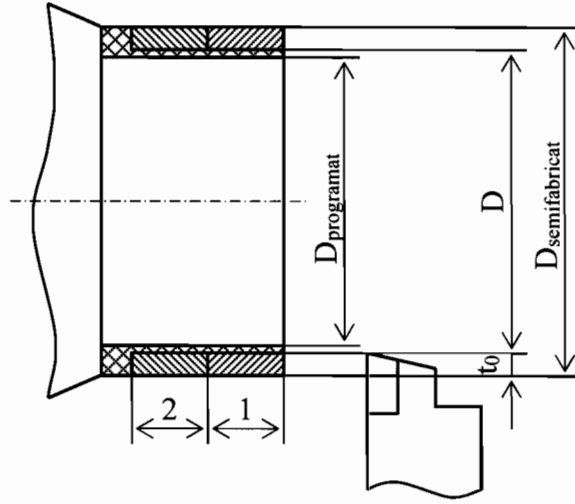


Figura 7

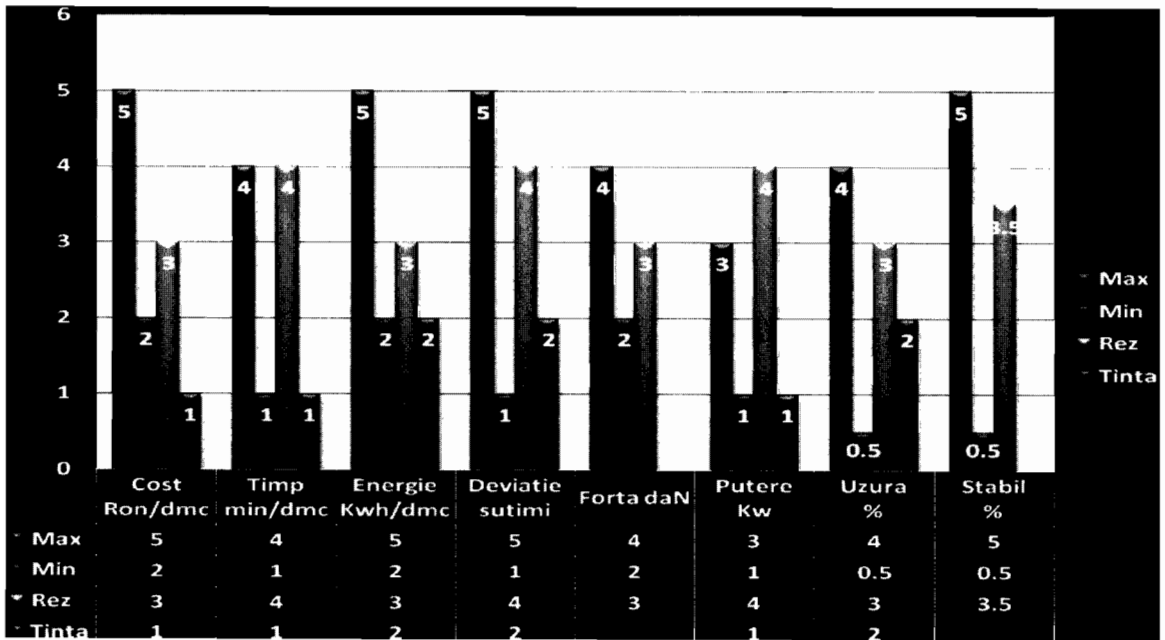
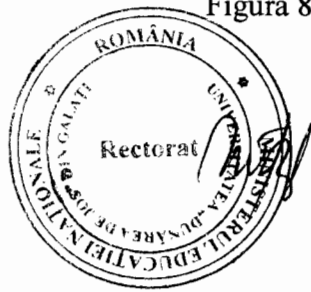


Figura 8



Handwritten signature or initials.