



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 01139**

(22) Data de depozit: **19/11/2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/09/2016** BOPI nr. **9/2016**

(41) Data publicării cererii:
29/06/2012 BOPI nr. **6/2012**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS"**
DIN 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;

• **EPUREANU ALEXANDRU,**
STR.ALEXANDRU LĂPUȘNEANU NR.16,
BL.B 6, AP.16, GALAȚI, GL, RO;
• **CONSTANTIN IONUȚ, STR.DOMNEASCĂ**
NR.71, BL.B, AP.33, GALAȚI, GL, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 126340 A2; US 3744353

(54) **METODĂ DE CONTROL AL STABILITĂȚII PROCESELOR
DE STRUNJIRE**



RO 127580 B1

1 Invenția se referă la o metodă de a controla stabilitatea proceselor de strunjire, astfel
încât productivitatea acestor procese să fie menținută la un nivel cât mai ridicat. Metoda
3 poate fi utilizată atât la controlul automat, on-line, cât și la controlul manual, off-line, al stabi-
lității procesului.

5 Sunt cunoscute cele două mecanisme de regenerare a vibrațiilor autoexcitate (meca-
nisme de autoexcitare), și anume, regenerarea primară, caracterizată prin aceea că ciclul
7 vibrator curent este cauzat de ciclul vibrator prezent, și regenerarea secundară, la care ciclul
vibrator curent este cauzat de ciclul vibrator care a avut loc la trecerea anterioară a sculei
9 prin acel punct (adică la ciclul de aşchiere precedent). Sunt cunoscute metodele de control
manual, off-line, al stabilității procesului, bazate pe monitorizarea de către operator (auditivă
11 sau vizuală) a câmpului vibrator al sistemului tehnologic, sau folosind traductoare de vibrații,
care măsoară amplitudinea și frecvența mișcării vibratorii a unora dintre elementele siste-
13 mului tehnologic. Când se constată apariția vibrațiilor autoexcitate, operatorul ia decizia de
a modifica parametrii regimului de lucru, geometria sculei sau caracteristicile dinamice ale
15 sistemului tehnologic, astfel încât să dispară vibrația constatată. De asemenea, este cunos-
cută metoda de control automat, on-line, al stabilității procesului, bazată pe monitorizarea
17 amplitudinii mișcării vibratorii într-un punct al sistemului tehnologic, urmată de variația perio-
dică a valorii vitezei de aşchiere, astfel încât să se diminueze, până la un nivel acceptabil,
19 amplitudinea mișcării vibratorii monitorizate.

21 Din documentul **RO 126340 A2** se cunoaște o metodă ce constă în monitorizarea
simultană, pe tot parcursul procesului de aşchiere, a unei perechi de semnale, un semnal
a cărui variație în timp poate fi considerată ca fiind proporțională cu variația în timp a forței
23 de aşchiere, și un alt semnal care poate fi considerat proporțional cu accelerația mișcării
relative dintre sculă și piesă, semnalele fiind înregistrate sub forma unor perechi de secvențe
25 de timp, și transmise unui sistem de control al stabilității, unde sunt procesate conform unui
algoritm, rezultatul obținut în urma procesării fiind utilizat pentru a stabili poziția punctului
27 curent de funcționare față de limita de stabilitate, precum și corecțiile ce trebuie aplicate
pentru a modifica poziția acestui punct, astfel încât să fie atins un deziderat prestabilit.

29 Aceste metode au următoarele dezavantaje:

31 - modificarea punctului de funcționare, în scopul re poziționării acestuia în raport cu
limita de stabilitate, are loc prea târziu, și anume, după ce punctul de funcționare a ajuns în
domeniul de instabilitate, procesul a devenit instabil, iar consecințele instabilității se
33 manifestă deja;

35 - monitorizarea procesului de aşchiere, sub aspectul stabilității dinamice, transmite
unul dintre cele două semnale posibile, și anume, fie procesul este declarat stabil și poziția
punctului de funcționare rămâne nemodificată, fie procesul este declarat instabil și are loc
37 readucerea acestui punct în domeniul stabil. Nu există o metrică a distanței dintre poziția
punctului de funcționare și limita de stabilitate, pe baza căreia să se poată stabili și modula
39 adecvat corecția poziției acestui punct în raport cu limita de stabilitate;

41 - sistemul de monitorizare pe baza căruia are loc corecția poziției punctului de funcțio-
nare furnizează informații despre nivelul vibrației autoexcitate, fără a preciza ponderea celor
două mecanisme de regenerare (de autoexcitare) prin care vibrațiile autoexcitate se întrețin.
43 Ca urmare, reacția de corecție a poziției punctului de funcționare este de multe ori nepotri-
vită. De exemplu, dacă vibrația autoexcitată este cauzată de instabilitatea bazică a procesu-
45 lui de deformare plastică ce are loc la trecerea materialului semifabricatului în aşchie, atunci
reducerea amplitudinii acestor vibrații necesită creșterea vitezei de aşchiere, și nu este în
47 niciun fel legată de lățimea aşchiei; dimpotrivă, dacă mecanismul de autoexcitare este rege-
nerarea vibrației de la un ciclu de aşchiere la altul, atunci diminuarea amplitudinii necesită
49 scăderea vitezei de aşchiere și a lățimii aşchiei.

RO 127580 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este evaluarea cantitativă atât a poziției punctului de funcționare în raport cu limita de stabilitate, cât și a ponderii fiecăreia dintre cele două mecanisme de autoexcitare, în vederea selectării celei mai eficiente măsuri de corectare a poziției punctului de funcționare și a modulării adecvate a mărimii acestei corecții.

Metoda de control al stabilității proceselor de strunjire înlătură dezavantajele prezentate și rezolvă problema tehnică prin aceea că, într-o primă fază, se măsoară o componentă a forței de așchiere tradusă printr-un semnal înregistrat într-un interval de timp împărțit într-un număr de secvențe de timp succesive, fiecare secvență acoperind un ciclu de așchiere, respectiv, o rotație a piesei, înregistrarea variației forței pornind de la prima secvență ce are, la unul dintre capete, valoarea momentană a forței de așchiere, fiecare secvență fiind, la rândul său, divizată într-un număr de subsecvențe, rezultând astfel un număr total de subsecvențe, apoi, pentru fiecare subsecvență, se calculează un indicator I_1 definit ca raportul dintre valoarea medie a distanței dintre două extreme locale succesive ale semnalului și valoarea medie a acestuia, urmată de evaluarea rezultatelor, respectiv, fiecare subsecvență este evaluată ca fiind stabilă dacă indicatorul I_1 este mai mic decât 0,1 și, respectiv, instabilă, în caz că indicatorul I_1 este mai mare decât 0,1, apoi, pentru fiecare subsecvență considerată instabilă, se calculează indicatorul I_2 , definit ca raportul dintre valoarea maximă a funcției de autocorelație și valoarea coeficientului de corelație cu subsecvența anterioară, subsecvența curentă fiind apoi considerată ca regenerată primar sau regenerată secundar, după cum I_2 este mai mare, respectiv, mai mic decât unitatea, după care se calculează procentul subsecvențelor stabile ca raport între numărul subsecvențelor stabile și numărul total de subsecvențe evaluate, precum și procentul subsecvențelor regenerare primar, ca raport între numărul acestor subsecvențe și numărul total de subsecvențe instabile, urmând ca, pe baza evaluării subsecvențelor stabile, să se stabilească necesitatea și mărimea corecției, iar pe baza valorii procentului subsecvențelor regenerare primar, să se stabilească natura corecției care trebuie aplicată.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- reacția de corecție a poziției punctului de funcționare este mai bine formulată, dimensionată și aplicată datorită faptului că instabilizarea procesului este evaluată precoce, încă de la primele ei forme de manifestare și, în plus, este evaluată ponderea fiecărui mecanism prin care procesul poate deveni instabil;

- sunt evitate efectele nedorite ale instabilității, înainte de combaterea efectivă a acesteia;

- ca urmare a depistării precoce a instabilității, se creează condițiile de maximizare a productivității, prin intensificarea regimului de așchiere, fără a exista riscul de depășire a limitei de stabilitate și de distrugere a sculei sau de înrăutățire locală a calității suprafeței.

În continuare se prezintă un exemplu de aplicare a metodei în legătură cu fig. 1 și 2, unde:

- fig. 1 prezintă structura subsecvențelor în care a fost descompusă secvența de timp curentă, în cazul strunjirii unei piese de tip disc, confecționată din oțel OLC 45, cu diametrul inițial de 300 mm; strunjirea s-a realizat pe un strung frontal SF-280, cu un avans radial de 0,22 mm/rot, o lățime de așchiere de 2,5 mm, unghiul de atac de 0° și o turație de 68 rot/min;

- fig. 2 prezintă valorile indicelui de corelație între secvențele i , j și $i-1$, j , valorile specifice maxime ale funcției de autocorelație, precum și valorile indicatorilor I_1 și I_2 .

Metoda de control, conform invenției, constă, într-o primă fază, în măsurarea unei componente a forței de așchiere tradusă printr-un semnal înregistrat într-un interval de timp împărțit într-un număr $i = 5 \dots 10$ de secvențe de timp succesive, fiecare secvență acoperind un ciclu de așchiere, respectiv, o rotație a piesei, înregistrarea variației forței pornind de la

RO 127580 B1

1 prima secvență ce are, la unul dintre capete, valoarea momentană a forței de așchiere, fie-
care secvență fiind, la rândul său, divizată într-un număr $j = 4...6$ de subsecvențe, rezultând
3 astfel un număr total $i * j = 20...60$ de subsecvențe, apoi, pentru fiecare subsecvență i, j se
calculează un indicator I_1 definit ca raportul dintre valoarea medie a distanței dintre două
5 extreme locale succesive ale semnalului și valoarea medie a acestuia, urmată de evaluarea
rezultatelor, respectiv, fiecare subsecvență i, j este evaluată ca fiind stabilă dacă indicatorul
7 I_1 este mai mic decât 0,1 și, respectiv, instabilă, în caz că indicatorul I_1 este mai mare decât
0,1 apoi, pentru fiecare subsecvență considerată instabilă se calculează indicatorul I_2 , definit
9 ca raportul dintre valoarea maximă a funcției de autocorelație și valoarea coeficientului de
corelație cu subsecvența anterioară $i-1, j$, subsecvența curentă fiind apoi considerată ca
11 regenerată primar sau regenerată secundar, după cum I_2 este mai mare, respectiv, mai mic
decât unitatea, după care se calculează procentul subsecvențelor stabile **S** ca raport între
13 numărul subsecvențelor stabile și numărul total de subsecvențe evaluate, precum și procen-
tul subsecvențelor regenerate primar **RP** ca raport între numărul acestor subsecvențe și
15 numărul total de subsecvențe instabile, urmând ca pe baza evaluării subsecvențelor stabile
S să se stabilească necesitatea și mărimea corecției, iar pe baza valorii procentului subsec-
17 vențelor regenerate primar **RP**, să se stabilească natura corecției care trebuie aplicată.

După cum se poate observa din fig. 1, variația forței de așchiere din secvențe i de
19 timp înregistrate la un moment dat, prezintă subsecvențe j cu aspect periodic evident, cum
ar fi pentru $i = 1...7$ și $j = 1$, sau $i = 4...7$, și $j = 5$, sau subsecvențe cu aspect neperiodic, cum
21 ar fi pentru $i = 2, 3, 4$ și $j = 2$, sau $i = 1, 2, 4$ și $j = 3$, etc. Dacă se examinează o zonă de
trecere de la o secvență nevibrată 4, 3, la o secvență cu un început de aspect periodic, 7,
23 3 și se calculează pentru secvențele din regiunea respectivă indicatorii I_1 și I_2 , se regăsesc
rezultatele prezentate în tabelul din fig. 2.

25 Se poate constata, conform descrierii invenției, evoluția indicatorului I_1 de la valoarea
0,032 la valoarea 0,091, apropiată de limita de la care secvența ar fi considerată instabilă,
27 fapt în perfectă concordanță cu realitatea. De asemenea, se poate observa variația indicato-
rului I_2 , care arată inițial o preponderență a regenerării secundare a vibrațiilor $I_2 = 0,56$, după
29 care, către final, cele două tipuri de regenerare încep să aibă ponderi comparabile în meca-
nismul de regenerare a vibrațiilor $I_2 = 0,86$.

Metodă de control al stabilității proceselor de strunjire, prin monitorizarea on-line a procesului de aşchiere, ce constă în măsurarea și înregistrarea unui semnal într-un interval de timp, pentru analiza poziționării punctului de funcționare în raport cu limita de stabilitate, măsurarea componentei forței de aşchiere fiind tradusă printr-un semnal înregistrat într-un interval de timp împărțit într-un număr ($i = 5 \dots 10$) de secvențe de timp succesive, fiecare secvență (i) acoperind un ciclu de aşchiere, respectiv, o rotație a piesei, înregistrarea variației forței pornind de la prima secvență ($i = 1$) ce are, la unul dintre capete, valoarea momentană a forței de aşchiere, **caracterizată prin aceea că** fiecare secvență (i) este, la rândul său, divizată într-un număr ($j = 4 \dots 6$) de subsecvențe, rezultând astfel un număr total ($i * j = 20 \dots 60$) de subsecvențe, apoi, pentru fiecare subsecvență (i, j) se calculează un indicator I_1 definit ca raportul dintre valoarea medie a distanței dintre două extreme locale succesive ale semnalului și valoarea medie a acestuia, urmată de evaluarea rezultatelor, respectiv, fiecare subsecvență (i, j) este evaluată ca fiind stabilă dacă indicatorul I_1 este mai mic decât 0,1 și, respectiv, instabilă, în caz în care indicatorul I_1 este mai mare decât 0,1 apoi, pentru fiecare subsecvență considerată instabilă se calculează indicatorul I_2 , definit ca raportul dintre valoarea maximă a funcției de autocorelație și valoarea coeficientului de corelație cu subsecvența ($i-1, j$) anterioară, subsecvența curentă fiind apoi considerată ca regenerată primar sau regenerată secundar, după cum I_2 este mai mare, respectiv, mai mic decât unitatea, după care se calculează procentul subsecvențelor stabile (**S**) ca raport între numărul subsecvențelor stabile și numărul total de subsecvențe evaluate, precum și procentul subsecvențelor regenerate primar (**RP**), ca raportul între numărul acestor subsecvențe și numărul total de subsecvențe instabile, urmând ca, pe baza evaluării subsecvențelor stabile (**S**), să se stabilească necesitatea și mărimea corecției, iar pe baza valorii procentului subsecvențelor regenerate primar (**RP**), să se stabilească natura corecției care trebuie aplicată.

(51) Int.Cl.

G06F 19/00 (2006.01),

G01N 3/58 (2006.01)

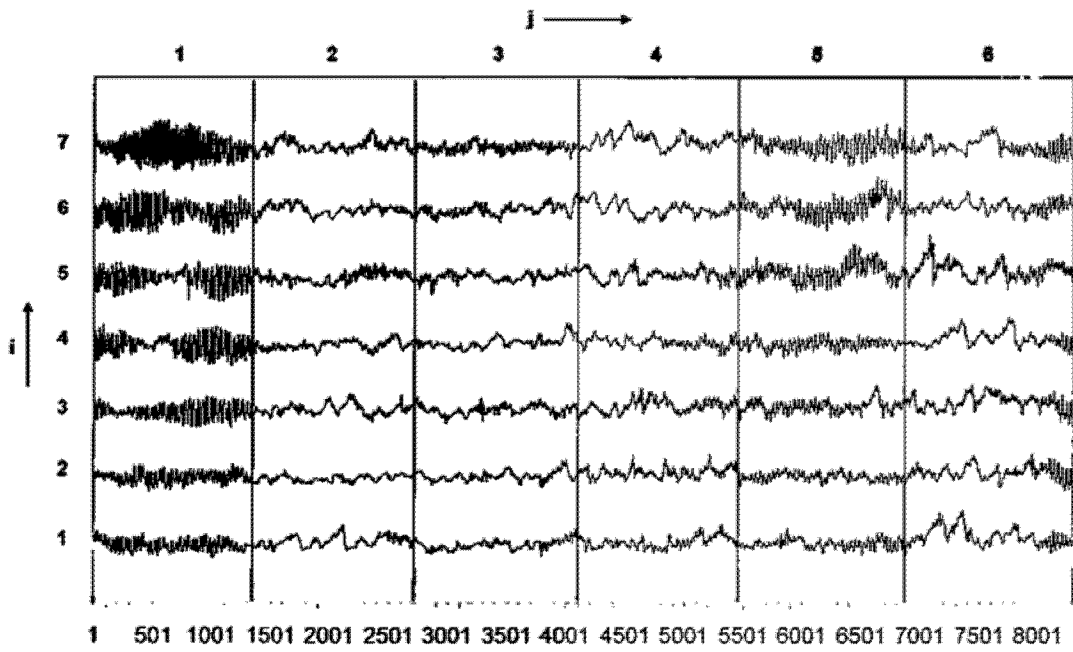


Fig. 1

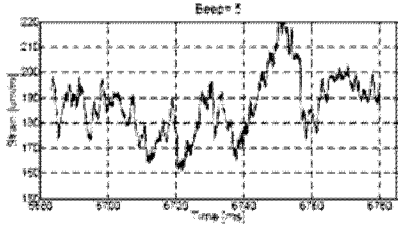
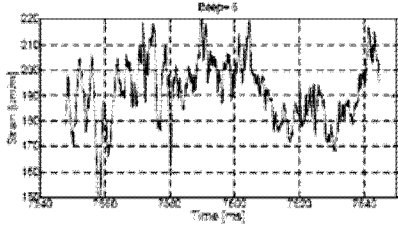
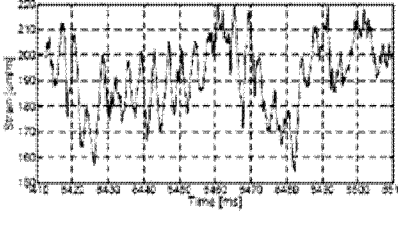
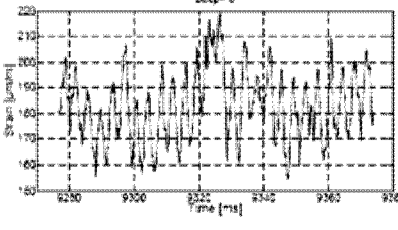
Secvența (I ₁)	Variația semnalului forța măsurat	I ₁	Valoarea indicelui de corelație cu secvența omoloagă din ciclul i-1	Valoarea specifică maximă ale funcției de autocorelație	I ₂
(4.3)		0.032	0.23	0.41	0.56
(5.3)		0.056	0.33	0.46	0.72
(6.3)		0.061	0.43	0.60	0.72
(7.3)		0.091	0.49	0.57	0.86

Fig. 2

