

Raportul Final de Activitate

Program Cercetare de Excelență - **CEEEX**

Modul II - Proiecte de dezvoltare a resurselor umane pentru cercetare. Proiecte de cercetare în sprijinul programelor post-doctorale

Arie tematică: 3.3.3-Functionarea firmelor si industria

Tehnici bazate pe tehnologia informației și comunicării pentru controlul dimensional adaptiv / inteligent al unei noi generații de sisteme de manufacturare reconfigurabile

SECTIUNEA 1

RAPORTUL STIINTIFIC SI TEHNIC (RST)

FAZA DE EXECUTIE - FINALA

TITLUL PROIECTULUI: *Tehnici bazate pe tehnologia informatiei si comunicarii pentru controlul dimensional adaptiv/inteligent al unei noi generatii de sisteme de manufacturare reconfigurabile*

- RST – raport stiintific si tehnic in extenso*
- PF – protocol de finalizare (numai pentru faza finala)

* pentru modulul 3 se va utiliza modelul din Anexa 1

Raportul stiintific si tehnic

1. Indicatorii sintetici de activitate

Indicatorii de realizare a fazei Anexa 3 - RST

2. Denumirea indicatorilor	3. Numar	
	4. Planificat	5. Realizat
• organizatii si respectiv numar de personal de cercetare implicate in proiect	1	1
o tipuri de organizatii; INCD,U.P., SC, Univ.	Univ.	Univ.
o nr. cercetatori/ proiect/ module	3	2
• sisteme, structuri, procese, metode, mecanisme implementate/ aplicate (pe categorii)		
o produse/ tehnologii/ servicii noi realizate	1	3
o produse/ tehnologii/ servicii modernizate	-	-
o produse/ tehnologii/ servicii noi realizate in cadrul programului, aliniate la standardele internationale	-	-
• produse/ tehnologii/ servicii certificate	-	-
• agenti economici angrenati in parteneriate	-	4
• platforme tehnologice integrate dezvoltate la nivelul programului	-	-
• valoarea dotarilor noi pe program	73.546,40	112.601,06
• brevete de inventie propuse/ acceptate	-	11
• articole/ carti publicate		
o <i>Carti tehnice</i>	-	1
o <i>Cataloage</i>	-	-
o <i>Dicționare</i>	-	-
o <i>Pliante</i>	-	-
o <i>Postere</i>	-	-
o <i>Standard European</i>	-	-
o <i>Standard Internațional</i>	-	1
o <i>Standard național</i>	-	-
o <i>Documentații</i>	-	-
o <i>Studii</i>	-	-
- <i>Studii de piața</i>	-	-
- <i>Studii de fezabilitate</i>	-	-
o <i>Caiet de sarcini</i>	-	-
o <i>Concepte</i>	-	-
o <i>Metode</i>	5	7
o <i>Ghiduri</i>	-	-
o <i>Proceduri</i>	-	-

○ <i>Manual de utilizare</i>	-	-
○ <i>Rapoarte de verificare/testare</i>	-	-
○ <i>Proiecte/ Desene de execuție modele, instalație pilot , prototip</i>	-	1
○ <i>Planuri de afaceri</i>	-	-
• comunicari stiintifice	-	2
• organisme ale infrastructurii de evaluare a conformitatii dezvoltate in cadrul programului:	-	-
○ laboratoare de incercari	-	-
○ laboratoare de etalonare	-	-
○ organisme de certificare	-	-
• organisme de evaluare a conformitatii care isi desfasoara activitatea in domeniile reglementate prin directivele Uniunii Europene, din care:	-	-
○ produse industriale care intra sub incidenta marcajului CE;	-	-
○ produse agro- alimentare.	-	-
○ nr. de specialisti formati/instruiti pentru evaluarea conformitatii;	-	-
• programe postdoctorale create la nivel national		
• cercetatori romani avand titlul de doctori in stiinte obtinut in strainatate sau stagii postdoctorale efectuate in strainatate reveniti in tara si angajati in unitati de cercetare	-	-
• specialisti formati/ instruiti in managementul si administratia cercetarii	-	3
• manifestari stiintifice sau promotionale cu participare internationala reprezentative;	-	-
• vizite de lucru si stagii de lunga durata ale unor personalitati stiintifice din strainatate;	-	-
• propuneri de proiecte transmise la programe internationale;	-	2
• propuneri de proiecte internationale aprobate;	-	-
• platforme tehnologice integrate in platforme tehnologice europene.	-	-
• parteneriate nou create	-	1
• <i>Software</i>	-	19
• <i>Baze de date</i>	-	-
• <i>Pagini web</i>	-	1
• <i>Consultanta, Asistenta tehnica</i>	-	4
• <i>Cursuri de pregatire organizate</i>		
<i>Constructii institutionale si formare continua:</i>	-	6
• <i>linii de invatamant</i>	-	-
• <i>programe de masterat</i>	-	4
• <i>formare continua</i>	-	2
• <i>Pregatire post doctorala</i>	-	-
• <i>Pregatire manageriala</i>	-	-
• <i>Formarea de personal specializat</i>	-	-

2. Raportul stiintific si tehnic **in extenso**

Cuprins

1. Obiectivul general.....	6
2. Obiectivele specifice. Activitati desfasurate.....	8
3. Rezultate obtinute. Evaluari.....	8
3.1. Sinteza rezultatelor.....	8
3.2. Evaluarea rezultatelor	9
3.2.1. Gradul de complexitate și noutate	9
3.2.2. Protectia rezultatelor obtinute in cadrul proiectului.....	13
3.2.3. Competitivitatea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului	17
3.2.4. Viabilitatea proiectului	22
3.2.5. Vizibilitatea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului	22
3.2.6. Impactul tehnico-economic si social estimat la implementarea proiectului	23
3.3 Lista rezultatelor obtinute ca urmare a activitatilor din proiect	24
4. Rezumat	30
5. Descriere stiintifica si tehnica.....	34
5.1. Premisele stiintifice si tehnice	34
5.2. Ideile cheie considerate. Modul de abordare.	35
5.3. Actiunile stiintifice si alte actiuni intreprinse pentru atingerea obiectivului.	39
6. Concluzii	65
7. Bibliografie	66
8. Anexe –Prezentarea in extenso a rezultatelor obținute in urma actiunilor desfasurate in proiect.....	71
8.1. Cercetari stiintifice intreprinse.....	71
8.2. Brevetarea rezultatelor stiintifice.....	161
8.3. Efecte multiplicatoare	215
9. Rezumatul publicabil în romana	223
10. Rezumatul publicabil in engleza.....	229

NSF – Visionary Manufacturing Challenges for 2020. Grand Challenge 3: Conversion of Information to Knowledge. This challenge is to “instantaneously” transform information from a vast array of diverse sources into knowledge and use it for effective decisions making.

1. Obiectivul general

Proiectul se refera la o noua generatie de sisteme de fabricatie reconfigurabile (RMS), caracterizate prin aceea ca, folosind tehnici din tehnologia informatiei si comunicarii (ICT), se asigura un control dimensional adaptiv/inteligent, capabil sa compenseze on-line toate abaterile cauzate de erorile geometrice si de proces, imediat dupa reconfigurare si indiferent de structura obtinuta dupa reconfigurare.

Intr-adevar, dupa reconfigurare, un RMS devine in fapt un sistem nou, foarte putin cunoscut, ce trebuie rapid folosit pentru manufacturarea unui nou lot de obiecte. Pe de alta parte obiectele supuse manufacturarii nu sunt identice, intrucat caracteristicile acestora variaza uneori mult de la un exemplar la altul. Aceasta influenteaza hotarator precizia, stabilitatea si economicitatea procesului. In fine, programul sistemului de manufacturare contine doar date nominale, ceea ce face necesara o ajustare permanenta a parametrilor de functionare in raport cu valorile nominale ale acestora.

Proiectul are ca scop conducerea dimensionala adaptiv inteligenta astfel incat abaterile dimensionale generate de erorile sistemului de manufacturare sau de efectul campului termomecanic generat de proces sa fie compensate on-line fara interventia operatorului si in mod specific pentru fiecare exemplar in parte.

Proiectul urmareste transformarea informatiilor in cunostinte si utilizarea directa a acestora in conducerea dimensionala a procesului de manufacturare, lucru prin care se va distinge noua generatie de RMS.

Relația între realitate și modelul folosit pentru descrierea acesteia este redată în figura 1.

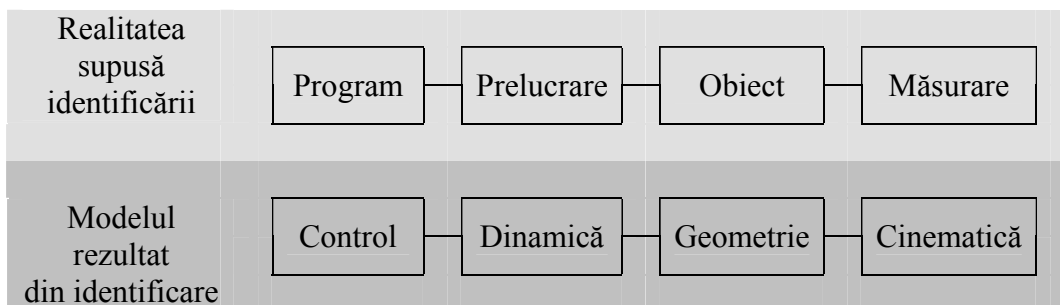


Fig. 1. Relația realitate-model

Modelarea se referă la forma modelului folosit pentru a descrie realitatea. Identificarea reprezintă determinarea parametrilor modelului folosit.

Identificarea on-line presupune fixarea unora dintre parametrii modelului folosit și determinarea valorilor celorlalți parametri.

Simularea înseamnă construirea bazei de date folosite pentru modulul selectat și determinarea parametrilor modelului în vecinătatea datelor nominale.

Producția virtuală reprezintă măsurarea semifabricatului, a piesei rezultate, temperatură, forță etc. și prognozarea rezultatului prelucrării.

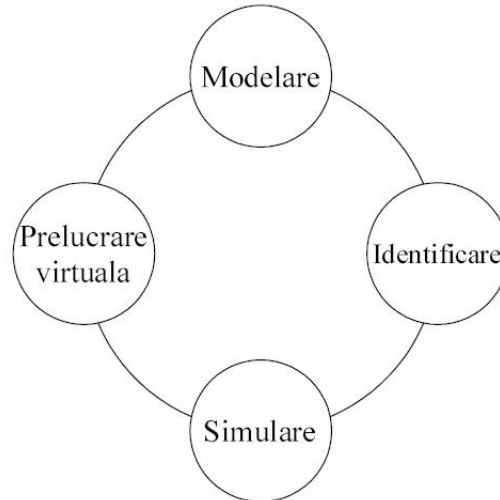


Fig. 2. Procesul de prelucrare

În cadrul prezentului proiect este tratată problematica sistemelor adaptiv/inteligente de control dimensional. Caracterul *adaptiv* al unui sistem este dat de identificarea on-line a acestuia. Caracterul *inteligent* este determinat de modelarea (de tip optimal) a bazei de date. În plus aceste sisteme au caracter predictiv, care este dat de prelucrarea virtuală a piesei.

Conducerea sistemelor de prelucrare reconfigurabile este abordată în mod *holistic*, datorită faptului că se tratează relațiile dintre geometrie, cinematică și dinamică, pe de o parte, și întreg ansamblul mașină-proces-sistem de măsurare, pe de alta parte.

Abordarea holistică se bazează pe conceptul de *structură topologică*, ce are *descriere parametrică multiplă*.

O structură topologică se definește ca fiind un ansamblu de elemente geometrice (și cinemate) între care există o relație de interdependență. O structură topologică are următoarele trei componente:

a). O familie de suprafețe ale piesei (cu modelele lor matematice și parametrii acestor modele, care le reprezintă), toleranțele geometrice ale acestora prin care se descrie / asigură geometria uneia dintre joncțiunile piesei cu construcția mecanică în care piesa funcționează.

b). Un grup de curbe format din profilurile generatoare ale sculei și traiectoriile posibile ale mișcărilor relative dintre scule și piesă, prin care se descrie / asigură cinematica procesului de generare a familiei de suprafețe.

c). Un nor de puncte format de poziția centrului geometric al unui palpator în timpul procesului de măsurare a piesei reale. Acest nor de puncte se va afla pe o echidistantă față de spațiul topologic luat în discuție. Parametrii acestei componente vor fi reprezentați de elementele geometrice ale instrumentului de măsură.

2. Obiectivele specifice. Activitati desfasurate

	Obiective	Activitati
1	Dezvoltarea unor tehnici pentru modelarea, identificarea si simularea on-line a dinamicii noii generatii de RMS	Modelarea dinamicii sistemelor de manufacturare reconfigurabile Identificarea componentelor sistemului de manufacturare reconfigurabil Simularea on-line a dinamicii sistemelor reconfigurabile de manufacturare Dezvoltarea unei noi clase de campuri
2	Dezvoltarea unor tehnici de identificare on-line a geometriei si cinematicii noii generatii de RMS	Identificarea on-line a geometriei sistemelor de manufacturare reconfigurabile Identificarea on-line a cinematicii Extinderea teoriei infasurarii suprafetelor
3	Validarea experimentală a tehnicilor dezvoltate, prin realizarea in conditii de laborator a unui sistem de control dimensional adaptiv inteligent, specific RMS-urilor	Validarea experimentală a tehnicilor de modelare, identificare si simulare a dinamicii Validarea experimentală a tehnicii de identificare on-line a geometriei si cinematicii
4	Conceperea unui sistem adaptiv inteligent de control dimensional al noii generatii de RMS-uri, care sa integreze tehnicile dezvoltate	Conceperea si proiectarea unui sistem adaptiv inteligent si control dimensional a noii generatii de RMS-uri Realizarea experimentală a sistemului

3. Rezultate obținute. Evaluări.

3.1. Sinteza rezultatelor

- Lucrări publicate sau în curs de recenzie în vederea publicării în reviste de specialitate sau volumele unor manifestări științifice din Romania, Grecia, Spania, SUA sau R. Moldova 18
- Dintre acestea, în publicații indexate ISI / BDI..... 10
- Editare publicatie serie tematica
Analele Universității “Dunărea de Jos” Galați
dedicata ariei stiintifice a proiectului..... 1
- Propuneri de proiecte la programele de cercetare științifică europene..... 2
- Cursuri universitare dezvoltate pe tematica proiectului 4
- Monografii pe tematica proiectului 1
- Invenții realizate ca urmare a activitatilor din proiect..... 12
- Propunere de standarde internationale..... 1
- Teze de doctorat in domeniul proiectului 5
- Prototipuri..... 1
- Parteneriate nou create..... 1
- Produse software realizate ca urmare a activitatilor din proiect..... 19
- Programe de formare continua 2
- Consultanta intreprinderi industriale 4
- Produse si tehnologii noi realizate urmare a activitatilor din proiect..... 11
- Dintre acestea, implementate in industrie..... 3
- Efecte multiplicatoare..... 2

3.2. Evaluarea rezultatelor

3.2.1. Gradul de complexitate si noutate al proiectului

Să considerăm funcționarea unui sistem de manufacturare *în absența obiectului de prelucrat*. Suprafața generatoare a sculei se deplasează pe traiectoria asigurată de cinematica sistemului și înfășoară o suprafață virtuală care, din cauza erorilor geometrice și cinematice ale sistemului, prezintă abateri față de geometria țintă a obiectului de manufacturat. Pentru reducerea acestor abateri, se încearcă reducerea erorilor geometrice și cinematice ale sistemului, lucru care conduce la *creșterea excesivă a costului* acestuia.

Dacă sistemul de manufacturare este reconfigurabil, atunci câmpul erorilor suprafeței virtuale *se modifică în urma reconfigurării*.

Ca urmare a faptului că sistemul de manufacturare nu este monolit, ci se compune dintr-un număr mare de piese distincte, în timpul funcționării acestuia *geometria și cinematica sistemului evoluează*, ceea ce face ca și câmpul erorilor suprafeței virtuale să se modifice.

Pe de altă parte, în timpul funcționării unui sistem de manufacturare, în spațiul ocupat de acesta, se instalează simultan un număr de câmpuri mecanice, termice, electrice sau chiar magnetice, care *solicită sistemul*. Efectul acestei solicitări este apariția altor câmpuri, cum ar fi câmpul deformațiilor elastice, câmpul tensiunilor mecanice, câmpul deformațiilor termice sau câmpul uzurilor, toate provocând inevitabil *abateri dimensionale* ale obiectului manufacturat.

În prezent, pentru diminuarea abaterilor dimensionale (*efectul*), se procedează la reducerea intensității procesului de manufacturare și la reducerea erorilor componentelor sistemului (*cauza*), ceea ce afectează dramatic economicitatea procesului. În acest proiect se dezvoltă ideea *păstrării la nivel înalt a intensității procesului și folosirii unor echipamente ieftine* - pentru a asigura economicitatea - iar pentru a asigura precizia, se recurge la *compensarea abaterilor dimensionale* prin control dimensional *predictiv*, la care *corecția precede eroarea care a determinat-o*. În acest fel, eroarea este evitată, nu diminuată.

În scopul realizării unui control dimensional predictiv, este necesară identificarea dinamicii sistemelor de manufacturare și folosirea modelului astfel obținut pentru a *prognoza deviația*. Rezultatul astfel obținut este introdus în sistemul de control numeric al mașinii.

De exemplu, dacă la prelucrarea unui lot de piese - după ce a fost prelucrat exemplarul n - sistemul de manufacturare ar fi oprit și supus procedurii de identificare a dinamicii, atunci ciclul de prelucrare al exemplarului $n+1$ ar putea fi corectat, astfel încât deviațiile dimensionale să fie compensate. Dacă însă identificarea *are loc on-line*, atunci, pentru fiecare exemplar manufacturat, se poate determina valoarea prognozată a deviației și, prin *intervenția on-line* în programul operațional al sistemului de manufacturare, valoarea prognozată poate fi *compensată tot on-line*.

Ca urmare, eroarea reală obținută (care este diferența dintre deviația reală și valoarea ei prognozată) nu depinde nici de erorile de sistem și nici de intensitatea procesului, ci doar de precizia cu care au fost prognozate deviațiile corespunzătoare exemplarului următor.

În aceasta abordare, următoarele observații sunt utile:

a) Câmpurile de natura termo-mecanică ce se instalează în sistemele de manufacturare au unele particularități (cum ar fi *coerența*), care pot genera proprietăți specifice și tehnici de manipulare, de asemenea specifice.

b) Având în vedere faptul că sistemul de manufacturare este reconfigurabil, sistemul senzorial va trebui să fie atât *distribuit* cât și *partajat*, iar sistemul de comunicare să permită reconfigurarea ușoară a sistemului senzorial.

c) Pentru procesarea semnalelor obținute de la senzori, în vederea folosirii acestora pentru identificarea sistemului de manufacturare, au fost aplicate *tehnici specifice inteligenței artificiale*.

d) Masurarea, în afara sistemului de manufacturare, a obiectului prelucrat este un simplu act de constatare, post-factum, a unei anumite stări de fapt (uneori iremediabilă), privind respectivul obiect; pentru controlul dimensional al acestuia este în plus necesară o intervenție, în scopul modificării respectivei stări, prin reluarea procesului de generare a obiectului, ceea ce determină timp și costuri suplimentare importante.

Noua generație de sisteme de manufacturare reconfigurabile, dezvoltată în cadrul acestui proiect, se caracterizează prin faptul că, pe aceste sisteme are loc *prelucrarea* produsului, *monitorizarea* procesului dar și a obiectului manufacturat, *identificarea* geometrică, cinematică și dinamică a sistemului de prelucrare dar și a sistemului de măsurare, precum și *corecția* și *compensarea* erorilor geometrice și de proces. Toate aceste activități au loc *on-line* și *fără intervenția operatorului*.

În proiect, se propune această *nouă paradigmă*, plecând de la faptul că, în *conducerea*¹ dimensională a unui sistem de manufacturare trebuie luate în considerare următoarele aspecte: 1) *controlul*² geometriei; 2) asigurarea adaptabilității și a predictibilității; 3) caracterul optimal al conducerii; 4) reconfigurabilitatea modului de conducere, precum și 5) tipologia modelelor și modul de construcție al acestora.

Aceste aspecte sunt implementate prin *comandă*³ numerică și sunt abordate plecând de la un set de mai multe constatări, dintre care trei sunt reluate mai jos:

- Actualele sisteme de conducere a mașinilor tehnologice acoperă doar geometria *nominală* a piesei fabricate, pentru care sunt utilizate produse informatice de tip

¹ Prin *conducere* vom înțelege acțiunea în urma căreia mărimile de stare ale sistemului de manufacturare capătă o evoluție, în timp și spațiu, impusă.

² Prin *control* vom înțelege acțiunea în urma căreia mărimile de stare ale sistemului de manufacturare sunt menținute la valori impuse.

³ Prin *comandă* vom înțelege acțiunea prin care o mărime de stare trece de la valoarea actuală la o valoare dată.

CAD/CAM/CIM și sisteme de comanda numerică după program. Deviațiile în raport cu geometria nominală nu fac obiectul actualelor sisteme de conducere (aceste deviații sunt doar gestionate).

- Gestionarea *deviațiilor* față de geometria nominală se realizează prin bucle de reacție *online* sau *offline*, care modifică, după caz, diferite variabile de control, cum ar fi intensitatea procesului (prin divizarea procesului în două etape - degroșare, finisare) sau traiectoria sculei (prin variabila numită *corecție de sculă*).
- Pe de altă parte, deviațiile sunt evaluate, tolerate și controlate doar la nivelul elementelor geometrice *simple* (plan, cilindru, etc) și nu la nivelul *întregului grup de suprafețe*, prin care două componente ale unei construcții mecanice se cuplează. Ca urmare, ajustajele sunt simple perechi de suprafețe (arbore și alezaj, de exemplu), și nu *perechi de câte două structuri topologice*, așa cum este cazul în practică. Un sistem de conducere care să acopere deviațiile dimensionale trebuie să considere *întregul grup de suprafețe*, și nu fiecare suprafață în parte, și să se bazeze pe *controlul adaptiv-predictiv al corecției de sculă*, pentru a putea menține intensitatea procesului la nivelul cel mai economic.

Prezentul proiect are un nivel ridicat de *complexitate și nouitate*, dacă drept criterii de evaluare sunt considerate *frontul abordării*, *adâncimea abordării*, *originalitatea abordării* și *complexitatea* tehnicilor de abordare folosite.

Aceste criterii se concretizează în următoarele aspecte, *specifice proiectului*:

- complexitatea obiectului proiectului;
- abordarea holistică a conducerii;
- caracterul adaptiv-predictiv al controlului;
- caracterul inteligent al controlului;
- caracterul optimal al controlului;
- reconfigurabilitatea sistemului de conducere.

a) Complexitatea obiectului proiectului.

Aceasta se evidențiază prin faptul că în proiect este supusă studiului o întreaga clasă de sisteme industriale destinate procesării materialelor în vederea obținerii de componente mecanice, care vor fi numite în continuare *sisteme de manufacturare*. Pe de altă parte, sistemele de manufacturare sunt abordate în toată complexitatea lor, care este dată de faptul că acestea, *reprezintă în fond un ansamblu de trei componente* și anume: procesul, structura mecanică a sistemului care prelucrează obiectul și sistemul de măsurare a obiectului prelucrat.

b) Abordarea holistică a conducerii.

În prezentul proiect, conducerea este fundamentată pe relația dintre geometrie-cinematică-dinamică, aplicată la nivelul întregului ansamblu mașină-proces-sistem de măsurare și pe conceptul de spațiu topologic, cu descrieri parametrice multiple, definit prin componentele sale:

- *O familie de suprafețe ale piesei*, cu modelele lor parametrice, care le reprezintă, și cu toleranțele geometrice ale acestora, prin care se descrie/asigură geometria

- uneia dintre joncțiunile piesei cu construcția mecanică în care piesa funcționează (*prima* descriere parametrică);
- *Un grup de curbe*, format din profilurile generatoare ale sculei și traiectoriile posibile ale mișcărilor relative dintre scule și piesă, care fac obiectul parametrizării spațiului topologic, și prin care, cu ajutorul sistemului de prelucrare, se descrie/asigură cinematica procesului de generare a familiei de suprafețe, iar prin programul-piesa se descrie aceasta cinematică (*a doua* descriere parametrică);
 - *Un nor de puncte*, format de poziția centrului geometric al unui palpator în timpul procesului de explorare a piesei reale, având drept parametri elementele geometrice ale sistemului de măsurare (*a treia* descriere parametrică). Parametrii acestei componente vor fi reprezentați de elementele geometrice ale sistemului de măsurare.

c) Caracterul adaptiv-predictiv al controlului.

Baza pe care se sprijină construcția acestui atribut se compune din:

- Identificarea on-line a comportării dimensionale a sistemului de manufacturare *în ansamblu* (sistemul de prelucrare și sistemul de măsurare, deopotrivă);
- Utilizarea funcționării curente a sistemului drept *experiment on-line*;
- Monitorizarea geometriei, prin integrarea subciclului de măsurare în cadrul ciclului de prelucrare, *sistemul de control numeric servind și ca sistem de măsură*;
- *Actualizarea* tot on-line a programului-piesa.

d) Caracterul inteligent al controlului.

Principiul dezvoltat în acest proiect este acela al *extragerii on-line de cunoștințe*, folosind tehnici de data mining, și inferența acestora, în scopul de a identifica modele parametrică, adecvate comportării dimensionale a sistemului de manufacturare. Pe această bază se realizează *atribuirea on-line a modelului parametric*, ce va fi folosit pentru identificarea sistemului.

e) Caracterul optimal al controlului.

Acesta este dat de faptul că, simultan cu identificarea sistemului în cursul executării exemplarului n , se examinează performanța modelelor parametrică disponibile la acel moment, prin *aplicarea lor virtuală retroactivă* la primele $n-1$ piese, combinat cu folosirea *tehnicilor de identificare* disponibile. Rezultatul evaluării este selecția modelului parametric optim și a tehnicii de identificare optimă (criteriul fiind performanța în ceea ce privește capacitatea de prognoză, evaluată prin aplicare virtuală retroactivă) și transmiterea acestuia pentru identificarea on-line curentă.

f) Reconfigurabilitatea sistemului de conducere.

Având în vedere faptul că obiectul proiectului este conducerea sistemelor de manufacturare reconfigurabile, sistemul de conducere a fost conceput adecvat, bazându-se pe arhitectură software reconfigurabilă și având ca suport ICT *o clasă particulară de sisteme incorporate* (embedded system).

3.2.2. Protectia rezultatelor obtinute în cadrul proiectului

Rezultatele obținute urmare a lucrărilor din proiect au fost protejate prin înregistrarea acestora la nivel național (OSIM). Au fost elaborate **12** invenții (7 fiind înregistrate în perioada proiectului iar altele 5 aflându-se în curs de înregistrare). Cererile de brevetare au fost întocmite în numele Universității „Dunărea de Jos” din Galați.

Aceste invenții sunt:

1. Robot reconfigurabil de masurare - Dosar Nr. A 00627/06.09.2007;

Prezenta invenție se refera la un nou robot de masurare a dimensiunilor obiectelor. Se cunosc masinile de masurat in coordonate, fixe sau portabile, care presupun explorarea succesiva a suprafetei folosind un palpator cu cap sferic, si calculul, pe baza rezultatelor obtinute prin explorare, a deviatiilor de forma, dimensiune si pozitie relativa ale suprafetei.

Actualele constructii de masini portabile de masurat au urmatoarele dezavantaje:

- in majoritatea aplicatiilor de masurare numarul de elemente ce compun structura respectivei masini de masurat este mult mai mare decat minimul necesar ; in consecinta, atat eroarea de masurare, cat si efortul de operare sunt mai mari;
- calibrarea este sofisticata, imprecisa si cere mult timp;
- eroare de masurare este de aproximativ de 10 ori mai mare decat eroarea de repetabilitate din cauza faptului ca modelul matematic al robotului nu exprima cu suficienta precizie comportarea acestuia in cursul functionarii.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui robot de masurare care sa asigure un proces de masurare mai precis, cu mai putin efort din partea operatorului si mai bine adecvat formei si dimensiunilor obiectului de masurat.

Prezenta invenție elimina dezavantajele de mai sus prin aceea ca: a) pentru a corela configuratia robotului de masurare, cu forma si dimensiunile obiectului masurat, acesta are o structura variabila care se obtine prin cuplarea dupa necesitati, a mai multor elemente de forme si dimensiuni adecvate, astfel incat sa se obtina un sistem articulată, avand doua sau mai multe extremitati, in fiecare articulatie aflandu-se un traductor care masoara unghiul de rotatie a respectivei articulatii si la fiecare extremitate aflandu-se un element adecvat pentru a asigura contactul cu obiectul sau cu suportul acestuia; b) in timpul explorarii suprafetei de masurat, se recunosc automat elementele geometrice masurate, care pot fi de tip punct, linie dreapta, cerc, plan, sfera, cilindru, con, se determina automat caracterul acestora de suprafata interioara sau exterioara, compensandu-se automat raza palpatorului folosit pentru explorarea suprafetei si c) pentru a reduce erorile de masurare, procesul de calibrare al robotului este integrat cu procesul de masurare, ceea ce permite ca, periodic, in cursul masurarii unei anumite suprafete ale piesei, sa se obtina, la comanda operatorului, atat modelul matematic al suprafetei explorate, cat si o forma actualizata a modelului matematic al robotului, forma care sa tina cont de evolutiile aparute in ceea ce priveste valorile parametrilor modelului matematic al robotului.

2. Dispozitiv pentru realizarea arborilor poliformi cu aplicatie la masinile reconfigurable- Dosar Nr. A 00575/13.08.2007;

Dispozitivul, conform invenției, este format dintr-un corp asamblat 4 și un arbore de antrenare 1, montat pe un lagăr 2, și prevăzut cu o suprafață excentrică b, care antrenează

în mișcare de rotație un pinion satelit 5, care angrenează cu dantura unei coroane 3, fixată în corpul 4, pinionul 5 fiind solidar cu o flanșă intermediară 6 pe care se montează o mandrină 7 care prinde și centrează un semifabricat, întregul ansamblu fiind fixat pe ghidajele mesei mașinii de rectificat.

3. *Cuțit roata pentru danturare*-Dosar Nr. A 00982/2006;

Invenția se referă la un cuțit-roată pentru danturarea roților dințate evolventice.

Cuțitul-roată cu dinți amovibili, conform invenției, se compune dintr-un corp , pe care se montează un inel de ghidare , poziționat față de corp cu știfturi de centrare. În fiecare locaș, riguros prelucrat în inelul de ghidare, se montează câte un dinte așchietor fixat pe corp de bridă strânsă cu șurubul . Suprafața înclinată a bridei asigură sprijinirea cuțitului pe suprafața locașului din inel și pe față frontală a corpului cuțitului-roată, realizând o prindere rigidă a dinților față de corp.

Cuțitul-roată, conform invenției, în scopul diminuării mărimii forței principale de așchiere la danturare și creșterii durabilității totale a sculei are dinți tăietori cu față frontală activă evolventică, scurtați radial după o lege prestabilită prin modelarea numerică a procesului de danturare.

4. *Cuțit-pieptene pentru danturare*- Dosar Nr. A 00706/2.11.2006;

Invenția se referă la un cuțit-pieptene, cu dinți repositionabili, pentru prelucrarea prin rulare a roților dințate cilindrice, cu dantură exterioară.

Cuțitul-pieptene, conform invenției, se caracterizează prin aceea că în scopul îmbunătățirii uniformității mărimii forței de așchiere și creșterii durabilității sculei, dinții așchietori succesivi, realizați sub forma unor cuțite simple independente, sunt poziționați, în raport cu dreapta de divizare a cremalierii generatoare, permițând, astfel, modificarea schemei de așchiere, astfel că unii dinți realizează numai degroșarea golurilor succesive ale dinților roții prelucrate, uniformizând mărimea forței principale de așchiere, în cadrul unui ciclu de rulare. Cuțitul-pieptene, conform invenției, prezintă și alte avantaje precum:

- cuțitele individuale pot fi montate în oricare poziție pe corp, astfel cuțitele uzate, pot căpăta funcții de degroșare;
- uzura unui cuțit individual nu influențează precizia generării flancului evolventic;
- urmărindu-se o anumită reducere a mărimii forței de mortezare, poate fi stabilit numărul minim de cuțite individuale, în funcție de numărul de dinți ai roții prelucrate;
- construcția asigură o utilizare rațională a oțelului rapid din care se realizează numai partea activă a sculei.

5. *Metoda și echipament de conducere dimensională bazată pe monitorizarea câmpului termo-mecanic* - Dosar Nr. A 00255/12.04.2007;

Invenția se referă la o metodă și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare. Modificările câmpului termo-mecanic în timpul prelucrării sunt corelate cu erorile de prelucrare apărute în lungul traiectoriei sculei. Această corelație este identificată pe baza datelor obținute din monitorizarea sistemului tehnologic în cursul prelucrării pieselor anterioare. Modelul obținut este folosit pentru prognoza erorii la piesa curentă. Eroarea prognozată este compensată folosind sistemul de conducere numerică. În acest fel eroarea de prelucrare depinde doar de precizia cu care s-a realizat prognoza.

Invenția se aplică la prelucrarea mecanică a unui lot de piese prin aşchiere pe sisteme de prelucrare cu comanda numerică.

6. Freza-melc modul toroidală pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare și exterioare cu dinți drepti și inclinați -Dosar Nr. A 00254/12.04.2007;

Freza-melc modul toroidală destinată generării prin rulare a roților cilindrice dințate exterior sau interior cu profil evolventă, în planul feței de degajare al dinților profilul este evolventă generat prin rulare cu cremalieră generatoare, în lungul dinților rularea se face cu deplasare continuă de profil.

7. Strung universal reconfigurabil - Dosar Nr. A 00577/13.08.2007;

Invenția se referă la construcția și cinematica unu nou tip de strung universal reconfigurabil ce rezolvă problemele legate de strunjirea atât a suprafețelor profilate longitudinal, cât și a suprafețelor profilate transversal. În plus, strungul propus este capabil să realizeze detalonarea unor freze-melc profilate longitudinal (de exemplu detalonarea unei freze-melc globoidale).

Strungul universal reconfigurabil are un grad ridicat de universalitate, care permite ca, folosind o unică mașină, să poată fi prelucrate toate tipurile de suprafețe cilindrice, conice sau elicoidale.

La prelucrarea suprafețelor profilate longitudinal, inclusiv arbori în trepte, sania portcuțit poate orienta scula în raport cu suprafața prelucrată astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor κ și κ_1 să poată fi controlate după necesitate (de exemplu sa fie menținute constante).

La prelucrarea suprafețelor prelucrate transversal, sania portcuțit orienta scula în raport cu suprafața prelucrată, astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor α și γ să poată fi controlate după necesitate.

La prelucrarea suprafețelor de așezare ale sculelor detalonate, cele patru mișcări oferite de modulele care compun strungul pot fi corelate folosind un interpolator reconfigurabil, astfel încât să se controleze direcția de detalonare (axial, radial, altă direcție), legea de detalonare (arhimedică, logaritmică, altă lege), profilul suprafeței pe care este dispusă elicea dinților sculei (de exemplu circular pentru o freză melc globoidală), profilul transversal al dinților sculei (de exemplu profilul evolventic al unei freze-melc globoidale), precum și înclinația canalelor dinților sculei (eventual forma elicoidală a acestora).

Din cauză că poziția sculei în raport cu normala la profilul piesei în punctul curent poate fi menținută mereu aceeași, punctul generator al profilului nu se schimbă în timpul generării și de aceea nu se impune ca, la reascuțirea cuțitului, profilul muchiei tăietoare al sculei să nu se modifice, evitându-se astfel apariția unor erori de generare cauzate de imperfecțiunea profilului rezultat după reascuțire.

8. Procedeu și echipament de identificare a geometriei sistemelor de manufacturare reconfigurabile – în curs de brevetare;

Prezenta invenție se refera la o metoda si sistem incorporat de conducere numerica adaptiv-optimala a proceselor de manufacturare. Problema tehnica pe care o rezolva inventia este aceea de a conduce un sistem de manufacturare CNC, astfel incat efortul de programare sa fie diminuat, conducerea sa fie optimala, in sensul ca, in conditiile satisfacerii unui set de restrictii, productivitatea procesului sa fie maxima iar costul minim, si adaptiva, in sensul ca sa tina cont de evolutia in timp si spatiu a comportarii sistemului si caracteristicilor semifabricatului.

Potrivit algoritmului de optimizare, sunt determinate valorile optime ale variabilelor de comanda, dupa care aceste valori sunt comandate secvential in timp, astfel incat masina sa treaca succesiv prin aceste stari, urmand ca, prin monitorizarea procesului, sa se determine corectiile valorilor optime, in conformitate cu evolutia in timp si spatiu a procesului. Continutul informational al programului piesa consta in definirea unor sarcini si nu a succesiunii actiunilor ce trebuie parcurse pentru indeplinirea acestor sarcini. Pozitia profilului sculei intr-un punct i de pe elicea generatoare este data de urmatoarele coordonate: X_i , Z_i , φ_i (unghiul ce indica rotatia sculei) si θ_i (unghiul ce indica rotatia piesei). Ideea de baza a algoritmului de optimizare este de a cauta punctele de pe profilul piesei si de pe profilul activ al sculei pentru care sunt satisfacute conditiile impuse ($A_{ij} < A_{adm}$, $L_{ij} < L_{adm}$, $a_{ij} < a_{adm}$, $R_{zij} < R_z$) iar marimea ariei sectiunii aschiei este maxima.

Caracterul adaptiv al conducerii este dat de faptul ca se monitorizeaza cu o frecventa adecvata urmatoarele: a) profilul suprafetei initiale; b) uzura sculei, si c) forta, masurata de un senzor plasat in port-cutit. Pe baza informatiilor rezultate din monitorizare se modifica valorile optime ale variabilelor de control.

Sistemul incorporat de conducere a masinilor unelte are potrivit inventiei, are urmatoarele avantaje:

- Interventia operatorului in conducerea procesului, ca urmare a monitorizarii, poate consta doar in modificarea parametrilor procesului sau a constantelor programului; dupa modificare, atat parametrii cat si constantele raman nemodificate in continuare pe tot parcursul executarii respectivei fraze. De exemplu, in cazul unei fraze ce comanda strunjirea unei suprafete cilindrice, modificarea corectiei de scula implica modificarea diametrului pe toata lungimea acesteia; ca urmare, o eroare manifestata prin conicitatea suprafetei cilindrice nu poate fi corectata. Deasemenea, valoarea avansului la prelucrarea acestei suprafete va fi intotdeauna constanta, desi adaosul de prelucrare variaza in lungul axei suprafetei.
- Programul piesa cuprinde prezentarea actiunilor ce trebuie comandate pentru ca, parametrii de calitate si eficienta ai produsului sa fie cei impusi. Aceasta inseamna ca programatorul trebuie sa cunoasca cu precizie relatia dintre argumentele functiilor programate si parametrii de calitate ai produsului; orice eroare a programatorului este subiect de corectie online aplicata de operator.
- Modificarea programului piesa este determinata de variatia marimilor de stare, sesizata in cursul monitorizarii, dar variatia in timp si spatiu a comportarii sistemului de manufacturare nu determina vreo modificare a programului piesa; altfel spus, conducerea nu este adaptiva, intrucat nu implica reconstructia periodica a modelului matematic care leaga actiunea de modificare a programului cu variatia monitorizata a variabilelor de stare.

9. Procedeu și echipament de identificare a cinematicii mașinilor-unelte reconfigurabile – în curs de brevetare;

10. Metodă și echipament de identificare a dinamicii sistemelor de manufacturare reconfigurabile – în curs de brevetare;

11. Tehnică și echipament de profilare a sculelor destinate prelucrării suprafețelor interne poliforme – în curs de brevetare.

12. Echipament reconfigurabil de nanostructurare prin deformare plastică severă – în curs de brevetare.

3.2.3.Competitivitatea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului

a) Competențe tehnico-economice.

In cadrul proiectului au fost realizate produse si tehnologii noi, cu nivel inalt de competitivitate, demonstrat, partial, prin transferul acestora in industrie si evaluarea rezultatelor obtinute dupa aproape un an de functionare. Aceste produse si tehnologii noi sunt proprietatea Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati, care, prin Centrul de Formare Continua si Transfer Tehnologic al Universitatii (CFCTT), dezvolta actiuni specifice de transferare in industrie, in vederea valorificarii lor.

Mai jos sunt prezentate produsele si tehnologiile noi, realizate ca urmare a cercetarilor desfasurate in proiect, precum si acele caracteristici tehnico-economice, care permit evaluarea competitivitatii.

1. *Echipment de conducere dimensionala bazata pe monitorizarea campului termo-mecanic.*

- produs destinat conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare;
- aplicabilitate la prelucrarea mecanică a unui lot de piese prin aşchiere pe sisteme de prelucrare cu comanda numerică.

2. *Robot reconfigurabil de masurare*, având următoarele caracteristici:

- o noua constructie de robot destinat masurarii dimensiunilor obiectelor;
- asigurarea unui proces de masurare mai precis si cu mai putin efort din partea operatorului.

3. *Freza-melc modul toroidala pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare si exterioare cu dinti drepti si inclinati*, caracterizată prin:

- o noua constructie de scula melc reconfigurabila ce permite generarea roţilor cilindrice cu profil evolventă, dinţate interior sau exterior, cu dinţi drepti sau înclinaţi cu diferite mărimi ale deplasării de profil.

4. *Strung universal reconfigurabil*, caracterizat prin:

- construcţia şi cinematica reconfigurabilă ce rezolvă problemele legate de strunjirea atât a suprafeţelor profilate longitudinal, cât şi a suprafeţelor profilate transversal;
- posibilitatea de a realiza detalonarea unor freze-melc profilate longitudinal (de exemplu detalonarea unei freze-melc globoidale);
- grad ridicat de universalitate, care permite ca, folosind o unică maşină, să poată fi prelucrate toate tipurile de suprafeţe cilindrice, conice sau elicoidale.

5. *Dispozitiv pentru realizarea arborilor poliformi cu aplicatie la masinile reconfigurabile*, caracterizat de:

- posibilitatea de prelucrare economică şi precisă a arborilor poliformi;
- posibilitatea de a fi utilizat pe maşini-unelte reconfigurabile.

6. *Cutit roata pentru danturare*, cu următoarele caracteristici:

- aplicabil la danturarea roţilor dinţate prin mortezare;
- asigură o lege de variaţie a mărimii ariei aşchierii detaşate care permite o reducere a mărimii maxime a forţei principale de aşchiere;

- posibilitatea schimbării individuale a dinților uzați sau distruși accidental;
- construcția asigură o utilizare rațională a oțelurilor de scule, din care se realizează numai dinții amovibili ai sculei;
- geometrie reconfigurabilă prin montarea unor seturi de dinți cu geometrie frontală diferită.

7. *Cuțit-pieptene pentru danturare*, cu caracteristicile:

- dinții sunt re poziționabili, permițând prelucrarea prin rulare a roților dințate cilindrice, cu dantură exterioară;
- uzura unui cuțit individual nu influențează precizia generării flancului evolventic;
- poate fi stabilit numărul minim de cuțite individuale, în funcție de numărul de dinți ai roții prelucrate, în scopul de a se reduce mărimea forței de mortezare;

8. *Tehnici și produse software de identificare on-line integrată a sistemelor de manufacturare reconfigurabile*, cu caracteristicile:

- permit identificarea on-line a tuturor celor trei componente ale sistemului: procesul, componenta de prelucrare a obiectului și componenta de măsurare a obiectului;
- prin aplicarea acestor tehnici și produse software de control dimensional adaptiv / inteligent se obține o reducere de cel puțin 5 ori a erorii de prelucrare (așa cum rezultă din implementarea experimentală a acestor tehnici);
- aplicarea tehnicilor nu afectează intensitatea procesului de prelucrare.

b) Existența unui răspuns din partea industriei

Tehnicile și produse software de identificare on-line integrată a sistemelor de manufacturare reconfigurabile au beneficiat de un răspuns favorabil din partea industriei, concretizat în aceea că întreprinderi industriale au făcut investiții pentru implementarea acestora, după cum urmează:

1. La masinile FICEP-20.36-NT, FICEP-16.34- NT, FICEP-803-PN, VERNET-PG-116 S de la S.C. CELPI S.A. Bucuresti, in urma cu 10 luni;
2. La masinile FICEP-1415 DCA (2 buc) si FICEP LPA 15. de la S. C. EDIL-MECANICA S.A. din Filipestii de Padure, in urma cu 9 luni;
3. La masinile FICEP 1415 DCA (2 buc), FICEP 2036 NT, VERNET-PG-137 S de la Electromontaj Bucuresti, în curs de implementare.

Rezultatele obținute la aceste întreprinderi au confirmat performanța acestor tehnici.

c) Capacitatea de utilizare in alte proiecte CDI

O parte dintre produsele si tehnologiile noi dezvoltate in cadrul prezentului proiect au capacitate de utilizare in alte proiecte CDI, demonstrata prin urmatoarele proiecte noi:

1. Proiectul **REHOLM** intitulat „*Conception of holonic reconfigurable machines for small batch production in open-ended and rapid changing environments and application to development of the next generation of manufacturing machines*“.

Project scope:

The project aims to develop, according to the call, a new generation of manufacturing machines for helping European instrument manufacturers and machine builders to stay ahead in competition regarding the responsiveness to the changing mix and volume

demands and *the efficiency* in small batch industrial production of the physical objects, through reducing *the lead-time*, reducing *the capital waste*, increasing *the scalability* within a wide range, holistically *minimizing the cost* and improving *the quality control techniques*.

The project scope is to be achieved by advancing a new paradigm – *holonic reconfigurable machines* – on the basis of which the part manufacturing machines are to be re-conceived.

Project objectives:

Overall objective – To create radically new, self-adaptive, rapidly reconfigurable, holonic machines for batch industrial production in open-ended and rapid changing real-market environments and show an example of how they can be implemented by developing the next generation of manufacturing machines.

Specific objectives:

Ob. 1. Conceptual development of the holonic reconfigurable machines, based on a new paradigm;

Ob. 2. Application of the holonic reconfigurable machines class for development of the next generation manufacturing machines;

Ob. 3. Development of tools and methods for modelling, set-up and use of the next generation manufacturing machine as adaptive-mechatronic (“adaptronic”) system;

Ob. 4. Development of six prototype “adaptronic” modules and application of their usage for configuration of a next generation manufacturing machine able to ensure reduction by 75% of the ramp-up time, reduction by 30% of energy consumption and increase *two times* of the accuracy, relative to the present generation of manufacturing machines.

Key ideas:

a). *The machine modules be intelligent holons*

b). *The machine must have a distributed knowledge, cognitive and learning system, which are based on the idea that the machine operation during machining of a piece represent the best experience that may be used for extracting knowledge by data mining techniques.*

c). *The models used for identification shall be simple, local and temporal.*

d). *Replace the hierarchic control with a holarchic control.*

e). *The machine functioning to be holistically optimized on-line by negotiation among the machine holons.*

f). *The part-program should comprise information regarding the characteristics imposed on the manufactured object in order to be considered acceptable, and not information on the way in which the functioning cycle of the machine should develop so that the object may have these characteristics.*

2. Proiectul RHM intitulat „*Dezvoltarea unui nou concept de conducere a masinilor tehnologice-conducerea holarhic atributiva*”;

Scopul:

Scopul proiectului este *cresterea competitivitatii masinilor tehnologice*, destinate fabricatiei in serie *mica* a unor game *largi* de produse, prin: *i) reducerea duratei reconfigurarii; ii) reducerea duratei programarii; iii) minimizarea erorilor de prelucrare;*

iv) maximizarea productivitatii; v) minimizarea costurilor si, in fine, vi) asigurarea automata a stabilitatii.

Idei cheie:

Constructia acestui proiect se sprijina pe patru idei cheie, de nivel conceptual, si anume:

- a). Modelare structurata atributiv si nu fenomenologic, pentru a permite controlul integrat al fenomenelor fizice, economice, comerciale si organizationale ce apar in cursul functionarii masinii.
- b). Sistem de conducere holarhic¹, cu arhitectura deschisa, si nu sistem ierarhic, cu arhitectura inchisa.
- c). Extragerea de cunostinte din functionarea curenta si utilizarea imediata a acestora pentru conducerea masinii.
- d). Conducere bazata pe modele simple, localizate in spatiu si efemere, construite cu date recente, in loc de modele complexe, generale, perene, construite din date istorice.

Obiectivele proiectului:

Drept mijloc de atingere a scopului propus mai sus, in proiect se propune *dezvoltarea unui nou concept privind conducerea masinilor tehnologice, care se bazeaza pe modelare holarhic-atributiva, asociata cu invatare on-line nesupervizata.*

Aceasta abordare face ca obiectivele proiectului sa fie urmatoarele:

- Ob.1. Dezvoltarea noului concept de conducere bazat pe modelare holarhic-atributiva si invatare online nesupervizata.
- Ob.2. Dezvoltarea unui sistem de programare a masinii bazat pe taskuri.
- Ob.3. Dezvoltarea unui sistem de control online al stabilitatii.
- Ob.4. Dezvoltarea unui sistem de reglare adaptiv-optimala a intensitatii procesului.
- Ob.5. Conceperea unui sistem de programare si prelucrare virtuala.
- Ob.6. Asigurarea predictibilitatii prin modelarea sintetica a functionarii masinii.
- Ob.7. Implementarea pilot a conceptului de conducere holarhic-atributiva in cazul unui strung experimental comandat numeric.

3. Proiectul INTELDEF intitulat *“Developing a new generation of plastic deformation systems characterized by intelligent command and based on the online capturing of knowledge and its use in decision-making processes”*;

Project scope

The project focuses on develop a new generation of metal forming technological systems - MFS - with embedded intelligence. These attributes are based on the adaptive - intelligent control of the MFS, control based on instantaneously capturing the in-process knowledge, their transformation to the metal forming system as effective decisions. On-line monitoring, identification and transformation of the parameters values (forces, speed, springback...) into the knowledge bases will sustain designing of a new class of metal forming systems controlled through programmable logic controllers with embedded feedback mechanisms. The system control is done by on-line capturing of the knowledge from the deep-drawing/bending process, their transformation into the effective decisions

¹ Prin conducere holarhica vom intelege acel mod de conducere la care elementele conduse sunt structurate holonic si interactioneaza intre ele pentru a-si atinge propriile obiective, dar respectand un sistem de reglementari pe care le impune elementul care conduce.

for the next deformed blank. The final goal of the project is to build a new class of metal forming systems numerical controlled based on a piece-program.

Project objectives

The major contribution of the project (added value) is to using the monitoring of the deformation process command by cupping/ bending of the "n" part, using knowledge acquired on-line from the process of deformation of "n-1" part, which are in turn instantaneously transformed into effectual decisions by means of neural networks and communicated online towards tool-programmes written in programmable languages specific to command modules of the technological system (programmable logical controllers connected to the applications server OLE Schneider). Thus, the intelligent command technique, adaptive and predictive, is applied in-situ and on-line to the deformation process.

4. Proiectul INTELSTAB intitulat "*O noua teorie a stabilitatii aschierii, care se bazeaza pe dinamica haotica a procesului, precum si aplicarea acesteia la controlul inteligent al stabilitatii*".

Obiectivele proiectului

Proiectul urmareste *dezvoltarea unei noi teorii a stabilitatii aschierii, care se bazeaza pe dinamica haotica a sistemului proces - masina si aplicarea acestei teorii la controlul inteligent al stabilitatii, in timp real, prin re-identificare on-line, cu tehnici de tip data mining*. Pentru aceasta, este necesara atingerea urmatoarelor obiective:

- Ob. 1. Elaborarea, la nivel conceptual, a unei noi teorii a stabilitatii proceselor de prelucrare mecanica, care sa se bazeze pe abordarea aschierii ca proces haotic.
- Ob. 2. Selectarea familiilor de modele cu care poate fi descrisa dinamica haotica a proceselor de aschiere.
- Ob. 3. Conceperea unei metode pentru determinarea in timp real a limitei de stabilitate.
- Ob. 4. Simularea aplicarii noii teorii a stabilitatii proceselor de aschiere la principalele procedee de prelucrare prin aschiere (strunjire, frezare, rectificare).
- Ob. 5. Conceperea si realizarea unui stand experimental destinat identificarii dinamicii haotice a proceselor de aschiere.
- Ob. 6. Identificarea experimentală a dinamicii haotice a proceselor de aschiere.
- Ob. 7. Conceperea unui sistem de control inteligent al stabilitatii proceselor de prelucrare mecanica.
- Ob. 8. Realizarea si aplicarea experimentală a sistemului de control in cazul unor procese de strunjire.
- Ob. 9. Evaluarea performantelor sistemului de control inteligent al stabilitatii proceselor de aschiere.

Idei cheie:

- a). Limita de stabilitate se modifica intr-un domeniu larg, la schimbarea piesei, a dispozitivului sau a sculei, dar si pe parcursul deplasarii sculei pe traiectoria programata. De aceea, procesele de prelucrare se afla, aproape permanent, departe de limita de stabilitate si, prin urmare, *exista rezerve semnificative de crestere a economicitatii* acestora, care ar putea fi valorificate prin conceperea si implementarea unui sistem inteligent de *control in timp real al stabilitatii*.

- b). Pentru a surprinde modificarea permanenta, in timp si spatiu, a limitei de stabilitate, este necesara identificarea on-line a sistemului tehnologic, care sa se bazeze pe ideea ca *functionarea masinii in cursul prelucrării unui exemplar reprezinta cea mai buna experienta* care sa stea la baza identificării. Procesarea cu tehnici de tip data-mining a datelor aferente acestei experiente poate conduce la obtinerea unui sistem de conducere inteligent, cu performanta ridicata.
- c). Intrucat, pentru un sistem masina-unealta - dispozitiv - piesa - scula aschietoare dat, eliminarea instabilitatii implica, evident, diminuarea economicitatii procesului, nivelul maxim de economicitate se obtine atunci cand punctul de functionare se afla in domeniul stabil, dar *cat mai aproape de limita de stabilitate*. Altfel spus, cu cat punctul de functionare este mai departe de limita de stabilitate, procesul de prelucrare este mai neeconomic.
- d). Potrivit observatiilor experimentale ale membrilor echipei de cercetatori care propune proiectul de fata, *se poate evalua pozitia punctului curent* de functionare a masinii, in raport cu limita de stabilitate, modeland *cu modele haotice* evolutia in timp a parametrilor de stare ai sistemului tehnologic.

Elemente originale:

- Abordarea dinamicii proceselor de prelucrare prin aschiere ca neliniare, de tip haotic.
- Identificarea unor modele de tip haotic care sa descrie dinamica principalelor procese de prelucrare prin aschiere (strunjire, frezare, rectificare).
- Definirea domeniilor de stabilitate / instabilitate ale proceselor de aschiere prin intermediul unor parametri caracteristici ai modelelor de tip haotic.
- Caracterizarea economicitatii unui proces de prelucrare prin raportarea punctului curent de functionare a sistemului tehnologic la limita de stabilitate.
- Conceperea unui sistem de control inteligent al stabilitatii prin identificare on-line cu tehnici de tip data-mining.

3.2.4. Viabilitatea proiectului

Aplicarea rezultatelor proiectului a necesitat identificarea unor surse de finantare a investitiei precum si a unei pietze potentiale de desfacere. Pana la data finalizării proiectului, au fost identificate trei întreprinderi care au investit deja în această direcție și intenționează să extindă investiția.

A fost identificată o altă posibilă sursă de finantare a investitiei în aplicarea tehnicilor dezvoltate în cadrul proiectului, la S. C. World Machinery Works S. A., care este producător de mașini-unelte. Există o piață potențială de desfacere la nivel internațional, prin intermediul acestei întreprinderi și a grupului din care face parte.

3.2.5. Vizibilitatea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului

Vizibilitatea rezultatelor este dată de faptul că, urmare a activităților desfășurate în cadrul proiectului, au rezultat:

- **18 lucrări**, ce au fost publicate sau sunt în curs de recenzie în vederea publicării în reviste de specialitate sau volumele unor manifestări științifice din România, Grecia, Spania, SUA sau R. Moldova.
- **10 lucrări** dintre acestea sunt în publicații **indexate ISI / BDI**.
- **Un număr special** al publicației Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați a fost dedicat tematicii proiectului.
- **2 propuneri de proiecte** la programele de cercetare științifică europene.
- **2 cursuri postuniversitare** dezvoltate pe tematica proiectului.

3.2.6. Impactul tehnico-economic și social estimat la implementare proiectului

Pe baza primelor aplicări industriale ale rezultatelor obținute, este de așteptat ca impactul tehnico-economic al proiectului să fie important întrucât, actualmente, aspectele caracteristice ale pieței de componente mecanice sunt următoarele:

- i)* dimensiunea curentă a comenzilor are o tendință accentuată de scădere, ceea ce conduce la alcatuirea unor serii *mici* de fabricație;
- ii)* tendința accentuată de personalizare a produselor conduce la o *diversitate pronunțată* a formelor, dimensiunilor și a altor caracteristici ale componentelor mecanice solicitate pe piață;
- iii)* flexibilitatea și reconfigurabilitatea mașinilor tehnologice tind să devină caracteristicile ce determină *în mod hotărâtor* competitivitatea pe piață a fabricanților de mașini tehnologice.

De aceea, principala direcție pe care se poate avansa pe calea acordării mașinilor tehnologice cu cerințele de reconfigurabilitate impuse de piață este *schimbarea la nivel conceptual a modului în care este condus* un sistem de manufacturare, astfel încât reconfigurarea blocului de conducere a acestuia, în acord cu comenzile oferite de piață, să se realizeze în astfel de condiții tehnice și economice, încât să nu fie afectată competitivitatea.

Pe de altă parte, rezultatele obținute au un impact științific important din cel puțin două puncte de vedere. Mai întâi, pentru că au un *grad ridicat de originalitate*, astfel încât, atât construcțiile imaginate, cât și metodele concepute au făcut obiectul unor cereri de brevetare. Apoi pentru că, din testele fizice de laborator, în care au fost folosite semifabricate preluate din industrie și din implementare industrială se remarcă *eficiența aplicării tehnicilor de identificare dezvoltate* (spre exemplu precizia de prelucrare crește de peste 5 ori față de nivelul prezent).

Cercetările desfășurate sunt bine fundamentate științific pe referințe bibliografice credibile și recente.

Valoarea și nivelul științific al rezultatelor sunt confirmate de comunitatea științifică, așa cum a rezultat din participarea la conferințe internaționale și din contactele curente cu personalități științifice importante ale domeniului.

3.3. Lista rezultatelor obtinute ca urmare a activitatilor din proiect

A. Lucrari stiintifice

1. Cuzmin C., Teodor V., Oancea N., Marinescu V., Epureanu A., ***Dimensional dynamics identification of reconfigurable machine tools***. Proceedings of WSEAS European Computing Conference, Athens, GREECE, September 25-27, 2007 (indexata ISI)
2. Epureanu A., Teodor V., ***On-Line Geometrical Identification of Reconfigurable Machine Tool using Virtual Machining***, Publicată în revista Enformatika, vol. 15, SPANIA, 2006, ISBN 975-00803-4-3 (indexata ISI)
3. Epureanu A., Teodor V., Oancea N., Banu M., Marinescu V., ***Method for On-Line Identification of Reconfigurable Machine-Tool Geometry Based on a Topological Neural Approach***, Journal of Manufacturing Science and Engineering (trimisă spre publicare) (indexata ISI)
4. Epureanu, Al., Teodor, V., Dima, M., Oancea, N., ***A Reconfigured Rack-Tool for Generation of Gears***, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare; (indexata ISI)
5. Teodor V., Epureanu A., Cuzmin C., ***Method for Identification of Geometric Feature Family Based on Genetic Algorithm and Neural Approach*** Proceedings of WSEAS EUROPEAN COMPUTING CONFERENCE, Athens, Greece, September 25-27, 2007 (indexata ISI)
6. Dima, M., Oancea, N., Teodor, V., ***Cutting Scheme Modeling at Generation by Rack-gear Tool. Algorithms***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh.Asachi", Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p.85-90,2006, ISSN 1582-6392
7. Dima, M., Teodor, V., Oancea, N., ***Cutting Scheme-Reconfiguration Criteria of the Rack-Gear Tool Reconfigurability. Solutions for Rack Gear Tool***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii deMasini, p. 97-104, ISSN 1582-6392
8. Marinescu V., Constantin I. C., Epureanu A., Teodor V., ***Graphical Programming of Programmable Logic Controllers. Case Study for a Punching Machine***, Publicată în revista Enformatika, vol. 15, ISBN 975-00803-4-3, ISSN 1305-5313, pag. 273-277, (indexata ISI)
9. Oancea, N., Mihăluță, M., Teodor, V., ***Aproximation of the Gear Cutter Profile Used in the Generation of Interior Polyform Surfaces***, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 40-44; (indexata BDI)
10. Cuzmin C., Frumusanu G., Marin F.B., Paunoiu V., Cuzmin G., Epureanu A., ***Adaptive Dimensional Control System for Reconfigurable Machine-Tools.***, Vol. 1,

- Universitatea Tehnică a Moldovei, ISBN 978-9975-45-035-1, TCMR International Conference, Chisinau, 2007
11. Constantin I., Marinescu V., Epureanu A., Cuzmin C., Marin F. B., ***A modular manufacturing control system***, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 301-306
 12. Marin F. B., Constantin I. C., Marinescu V., Cuzmin C., Epureanu A., ***Development of reconfigurable software module for CNC machine tools***, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 265-269
 13. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian CUZMIN, ***The monitoring of a lathe using an artificial neural network- 5th part (recordings spectral analysis, use of ANN on monitoring of the tool wear***, SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May
 14. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian CUZMIN, ***The monitoring of a lathe using an artificial network – 6th part (statistics, monitoring, fuzzy C-means methos)***, SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May
 15. Cuzmin, C., Cuzmin, G., Epureanu, Al., ***Internal Gear Cutting Generation with Toroidal Hob***, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare; (indexata **ISI**)
 16. Epureanu, A., Teodor V., Cuzmin, C., ***Identificarea suprafețelor utilizând metoda “soluției de start”***, În: Număr tematic special al publicației Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, pag. 77, (indexata **BDI**);
 17. Epureanu, A., Teodor V., Cuzmin, C., ***Identificarea seturilor de suprafețe utilizând algoritmi genetici***, În: Număr tematic special al publicației Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, pag. 83, (indexata **BDI**);
 18. Epureanu, A., Teodor V., Cuzmin, C., ***Identificarea armonică a geometriei unei mașini-unelte***, În: Număr tematic special al publicației Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, pag. 89, (indexata **BDI**);

B. Elaborare monografii

1. Epureanu A., Marinescu V., Oancea N., Banu M., Teodor V., Cuzmin C., Marin F.B., Constantin I., ***Reconfigurable machining systems control***, Denbridge Press publishing house, SUA,(210 pagini), 2007, in curs de publicare.

C. Inventii

1. Epureanu A., Marinescu V., Ghita E., Oancea N., Teodor V., Banu M., ***Robot reconfigurabil de masurare*** - Dosar Nr. A 00627/06.09.2007

2. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Eugen G., Oancea N., **Dispozitiv pentru realizarea arborilor poliformi cu aplicatie la masinile reconfigurabile**- Dosar Nr. A 00575/13.08.2007
3. Dima M., Epureanu A., Teodor V., Oancea N., **Cutit roata pentru danturare**- Dosar Nr. A 00982/2006
4. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Oancea N., **Cutit-pieptene pentru danturare**- Dosar Nr. A 00706/2.11.2006
5. Cuzmin C., Epureanu A., Banu M., Teodor V., Marinescu V., Marin F. B., **Metoda si echipament de conducere dimensionala bazata pe monitorizarea campului termomecanic** - Dosar Nr. A 00255/12.04.2007
6. Cuzmin C., Epureanu A., Cuzmin G., Banu M., Marinescu V., Oancea N., **Freza-melc modul toroidala pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare si exterioare cu dinti drepti si inclinati** - Dosar Nr. A 00254/12.04.2007
7. Cuzmin C., Epureanu A., Oancea N., Marinescu V., Banu M., **Strung universal reconfigurabil** - Dosar Nr. A 00577/13.08.2007
8. Epureanu A., Teodor V., Cuzmin C., **Metodă și echipament pentru controlul adaptiv-armonic al sistemelor de fabricație reconfigurabile** – în curs de brevetare
9. Epureanu A., Teodor V., Cuzmin C., **Metodă și echipament pentru controlul adaptiv-topologic al sistemelor de fabricație reconfigurabile** – în curs de brevetare
10. Epureanu A., Cuzmin C., Teodor V., **Metodă și echipament pentru controlul adaptiv-integrat al sistemelor de fabricație reconfigurabile** – în curs de brevetare
11. Epureanu A., Teodor V., Cuzmin C., **Metodă și echipament pentru controlul inteligent-bazat pe vecinătăți al sistemelor de fabricație reconfigurabile** – în curs de brevetare

D. Propuneri standarde internationale

1. Proposal for update - **International Standard ISO/FDIS 1101/2000**-Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical Tolerancing – Tolerances of Form Orientation, Location and Runout.

E. Editare publicatii

1. **RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS**, Thematic Serie, Vol. 1, The Annals of Dunarea de Jos University, Fascicula V, Anul XXX (XXV), 2007, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).

F. Teze de doctorat

1. Mircea Dima, **Contributii la modelarea schemelor de aschiere la generarea suprafetelor asociate unor axoide in rulare cu aplicatii la sistemele reconfigurabile**, Teza de doctorat, finalizata.
2. Ana Maria Alamano, **Cercetari privind controlul adaptiv optimal al procesului de aschiere cu aplicatii la sistemele reconfigurabile de prelucrare**, Teza de doctorat, finalizata.

3. Marin Florin Bogdan, *Modelarea holonica a cinematicii sistemelor de prelucrare reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare
4. Valeriu Petrus, *Cercetari privind conducerea dimensionala a sistemelor tehnologice reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de finalizare.
5. Ionut Constantin, *Sistem adaptiv de conducere dimensionala cu aplicatii la masinile unelte reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare.

G. Realizare prototipuri

1. *Sistem adaptiv inteligent de control dimensional*, implementat la un strung frontal.

H. Proiecte transmise la programe internationale

1. Proiectul european REHOLM, call identifier:FP7-NMP-2007-SMALL-1, intitulat *Development of robotic-smart machines for batch industrial production in open-ended and rapid changing real-market environments, with application in design of the next generation of machining systems*, Proposal No: CP-FP 213288-1, elaborat de Universitatea "Dunarea de Jos" Galati
2. Proiectul european INTELIDEF, call identifier:FP7-NMP-2007-SMALL-1, intitulat *Developing a new generation of metal forming systems characterized by intelligent control based on the online capturing of knowledge and its use in decision-making*, Proposal No: CP-FP 214578-1, elaborat de Universitatea "Dunarea de Jos" Galati si Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu.

I. Parteneriate internationale nou create

1. Acord de parteneriat stabilit intre RIKEN Research Institute Tokio, Japonia, reprezentat de Dr. Akitake Makinouchi, Program Director, VCAD System Research Program, si Universitatea "Dunarea de Jos" din Galati, reprezentata de Prof. Dr. Ing. Nicoale Oancea, Directorul Centrului de Cercetari IT-CM, la data de 24 Mai 2007. Corespunzator acordului de parteneriat prima actiune va consta in desfasurarea unui doctorat in cotutela condus de Prof. Dr. Ing. Alexandru Epureanu si Prof. Dr. Akitake Makinouchi, doctorand cu frecventa Susac C. Florin, tema "Modelarea si conducerea sistemelor de turnare reconfigurabile", perioada de doctorat 2007-2010.

J. Produse software

- PLAN.PAS – determinarea coeficienților ecuației unui plan determinat prin 3 puncte;
COEF.PAS – determinarea coeficienților ecuației care fituiește un nor de puncte dintr-un plan;
EC-PL.PAS – determinarea ecuației unui nor de puncte aflate într-un plan;
FIT-2PL.PAS – fituirea a două plane;
FIT-TRIPAS – fituirea unui triedru;
IDENTIF.PAS – identificarea ecuației unui cilindru pe baza punctelor de pe el;

ID_ELIPS.PAS – determinarea necilindricității unui nor de puncte;
ID_CON.PAS – determinarea conicității unui nor de puncte;
FITUIRE.M – fituirea unui triedru prin algoritmi genetici;
SUP_CONJ.M – identificarea suprafețelor prin rețele neuronale;
SUP_CONJ_C.M – identificarea corecțiilor prin rețele neuronale;
CREMALIERA.M – profilarea sculei cremalieră reconfigurabile;
FITUIRE-PL1.M – fituirea unui plan prin algoritmi genetici;
FOURIER.M – determinarea coeficienților seriei Fourier care aproximează un șir de date experimentale;
PLAN_NEURO.M – identificarea unui plan utilizând rețele neuronale;
GENERARE_CILINDRU.M – identificarea unui cilindru utilizând rețele neuronale;
GENERARE_PLAN.M - identificarea unui plan utilizând rețele neuronale;
GENERARE_GENERAL.M - identificarea unui ansamblu de suprafețe (cilindru+plan) utilizând rețele neuronale;
CREMALIERA.LSP – determinarea avansului variabil astfel încât să se asigure o anumită valoare a secțiunii așchii nedetașate.

K. Programe noi de formare continua

1. Curs postuniversitar de perfecționare intitulat “*Sisteme de prelucrare reconfigurabile- concepte de proiectare*”, Centrul de Formare Continua si Transfer Tehnologic (CFCTT) al Universitatii “Dunarea de Jos” din Galati.
2. Curs postuniversitar de perfecționare intitulat *Utilizarea calculatorului in conducerea sistemelor tehnologice, cu aplicatii la sistemele reconfigurabile*, desfasurat la MITAL STEEL Galati, 56 ore, 16 credite, 34 cursanti, perioada 3.09-20.11.2007.

L. Programe si cursuri universitare noi

1. Masterat francofon, in domeniul sistemelor eficiente de prelucrare a materialelor cu specializarea *Inginierie tehnologica asistee par ordinateur*, 1.5 ani, in colaborare cu Universitatea Paris 13.
2. Curs universitar, *Sisteme flexibile de fabricatie*, anul III, Roboti Industriali.
3. Curs universitar, *Modelarea sistemelor mecatronice*, anul III , Mecatronica.
4. Curs de master, *Optimizare cu algoritmi genetici*, anul II, Modelare numerica a sistemelor mecanice si tehnologice

M. Consultanta si asistenta tehnica

1. S.C. CELPI S.A. Bucuresti,
2. S.C. Electromontaj Bucuresti,
3. S.C. EDIL-MECANICA S.A., Filipestii de Padure,
4. World Machinery Works S.A. Bacau.

N. Tehnologii noi realizate si implementate in industrie

1. **Tehnologie bazata pe ICT de conducere dimensionala**, implementata la masinile FICEP-20.36-NT, FICEP-16.34-NT, FICEP-803-PN, VERNET-PG-116 S de la S.C. CELPI S.A. Bucuresti.
2. **Tehnologie de conducere dimensionala adaptiva**, implementata la masinile FICEP-14.15 DCA (2 buc.), FICEP LPA 15, la S.C. EDIL-MECANICA S.A. de la Filipestii de Padure.
3. **Tehnologie de conducere dimensionala predictiva**, in curs de implementare, la masinile FICEP 14.15 DCA (2 buc.), FICEP 20.36 NT, VERNET-PG-137 S de la Electromontaj Bucuresti.

O. Efecte multiplicatoare

1. Căpățină, N., Mihăluță, M., Teodor, V., ***The Profiling of the Abrasive Tools for the Continuous Sharpening of Hobbing Cutters with Shifted Teeth***, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 102-104;
2. Căpățină, N., Mihăluță, M., Teodor, V., ***Module Worm Cutter with Active Surfaces Generated by Continuous Sharpening***, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2007, în curs de publicare;

4. Rezumat

Proiectul se refera la o noua generatie de sisteme de fabricatie reconfigurabile (RMS), caracterizate prin aceea ca, folosind tehnici din tehnologia informatiei si comunicarii (ICT), se asigura un *control dimensional adaptiv/inteligent, capabil sa compenseze on-line toate abaterile cauzate de erorile geometrice si de proces*, imediat dupa reconfigurare si indiferent de structura obtinuta dupa reconfigurare.

Proiectul are ca scop *conducerea dimensionala adaptiv inteligenta astfel incat abaterile dimensionale generate de erorile sistemului de manufacturare sau de efectul campului termomecanic generat de proces sa fie compensate on-line fara interventia operatorului si in mod specific pentru fiecare exemplar in parte.*

Obiectivul proiectului a fost *dezvoltarea unor tehnici* bazate pe tehnologia informatiei si comunicarii pentru *controlul dimensional adaptiv/inteligent* al unei noi generatii de sisteme de manufacturare reconfigurabile.

Pentru a atinge obiectivul propus au fost desfasurate activitati in vederea dezvoltarii unor tehnici de identificare on-line a *geometriei si cinematicii* noii generatii de RMS, a unor tehnici pentru modelarea, identificarea si simularea on-line a *dinamicii* noii generatii de RMS, precum si in vederea conceperii unui sistem adaptiv inteligent de *control dimensional* al noii generatii de RMS-uri, care sa integreze tehnicile dezvoltate.

Pentru modelarea si identificarea geometriei, cinematicii și dinamicii sistemelor de fabricație reconfigurabile au fost dezvoltate următoarele tehnici:

1. Tehnica celor mai apropiați vecini. Are la bază stabilirea unei baze de date obținută prin experiențe fizice și completată cu parametri ce descriu modelul pentru fiecare etapă a procesului. Apoi, pentru fiecare caz real se caută cea mai apropiată combinație de parametri, pentru acest caz, față de baza de date. Respectivul set de parametri vor stabili modelul optim al cazului real.

2. Tehnica raționamentului bazat pe cazuri. Această tehnică se bazează pe căutarea în istoricul bazei de date, obținută prin experiențe fizice, a unui model identic cu cel apărut la prelucrarea curentă. Dacă nu se găsește un astfel de model se caută, în baza de date, o stare de tranziție de la starea $n-1$ la starea n similară cu tranziția de la starea anterioară stării curente la starea curentă. Odată găsit un caz similar se poate prezice starea unui parametru pe baza evoluției celorlalți parametri.

3. Tehnica bazată pe coerența dinamicii. Modelarea se bazează pe identificarea punctelor de coerență și, apoi, pe determinarea stării sistemului în numai câteva dintre aceste puncte cu scopul de a putea prezice starea sistemului în celelalte puncte.

4. Tehnica regenerării virtuale. Această tehnică de identificare se bazează pe refacerea virtuală a procesului de generare a piesei, dar nu cu elementele geometrice și cinematice nominale ci cu elemente reale. Această *regenerare virtuală* permite determinarea parametrilor modelului și stabilirea corecțiilor necesare pentru obținerea unei suprafețe reale cât mai apropiată de suprafața teoretică.

5. Tehnica vecinătăților virtuale. Se bazează pe deplasarea virtuală a modelului și determinarea bazei de date utilizate pentru identificarea sistemului. După această etapă se alege din baza de date modelul cel mai apropiat față de realitate. Parametrii acestui model, vor fi parametrii care modelează în mod optim realitatea.

6. Tehnica circulației parametrilor. Tehnica de identificare bazată pe circulația parametrilor constă în căutarea exhaustivă a valorilor parametrilor modelului matematic într-un spațiu restrâns, în jurul unui set de valori cunoscut aprioric, valori care determină similitudinea optimă între modelul și elementul real.

Premisa de bază a acestei tehnici este *singularitatea extremelor* în spațiul de căutare. Putem afirma că această premisă este fezabilă datorită spațiului restrâns în care se face căutarea, ceea ce face ca metoda să fie convergentă.

În aplicarea acestei tehnici se pornește de la faptul că la generarea unei suprafețe vor apare abateri atât ca poziție cât și ca formă față de suprafața teoretică. Aceste abateri sunt dificil de stabilit cu mijloace obișnuite.

La aplicarea acestei tehnici este necesară culegerea unui „nor de puncte” cu ajutorul sistemului de fabricație reconfigurabil, care va fi utilizat în acest caz ca mașină de măsurat, după care se caută poziția și forma suprafeței teoretice care va aproxima în mod optim suprafața reală.

7. Tehnica gradientului. Reprezintă o îmbunătățire a tehnicii bazate pe circulația parametrilor, în sensul că, în acest caz, căutarea nu este exhaustivă, ci se execută prin modificarea parametrului cu cel mai mare gradient la un moment dat. Acest lucru permite o convergență mai rapidă a soluțiilor spre soluția optimă.

8. Tehnica modelării armonice. Această tehnică pornește de la premisa că deplasarea săniilor mașinilor-unelte are loc cu anumite erori, ce pot fi determinate. Deși mișcarea motorului de deplasare al săniei este uniformă, datorită erorilor din lanțul cinematic de deplasare, sania se va mișca neuniform, rezultând erori de poziționare. După determinarea erorilor în diferite puncte, acestea pot fi modelate prin dezvoltare în serii Fourier, fiind astfel posibilă calcularea mărimii erorii în orice punct al deplasării. Mai mult, având în vedere că, în timpul funcționării mașinii, acesta este supusă unui camp termic, ce va determina evoluția în timp a erorilor de poziție, a fost imaginată o metodă de modelare a coeficienților seriei Fourier (pe care am denumit-o modelare de ordinul doi). Astfel este posibilă modelarea erorilor cu un număr mai redus de coeficienți.

9. Tehnica modelării spline-cubice. Se bazează pe modelarea procesului prin determinarea polinomul de ordinul 3 care aproximează realitatea, parametrii modelului fiind în acest caz coeficienți și puncte.

10. Tehnica modelării neuronale. Această tehnică de identificare presupune utilizarea instrumentelor specifice, rețelele neuronale, antrenate pentru a găsi relațiile care apar între valorile erorilor obținute în diferite puncte.

Datorită faptului că măsurarea erorilor în zona de prelucrare este dificilă, presupunând oprirea procesului de prelucrare, a apărut ideea că este convenabil să facem identificarea sistemului prin măsurare doar la începutul procesului, măsurând erorile apărute, atât în zona de prelucrare, cât în într-o serie de puncte „martor” situate în afara zonei de prelucrare. După această etapă de identificare inițială, este antrenată o rețea neuronală pentru a descoperi relațiile ce se pot stabili între valorile erorilor în punctele din zona de prelucrare și valorile erorilor în punctele martor.

În continuare, pe parcursul prelucrării este suficient să determinăm erorile din punctele martor, pentru a putea estima ce erori vor apare la prelucrare și a lua măsuri pentru compensarea acestora.

11. Tehnici de căutare genetică. Tehnica de identificare genetică, dezvoltată în cadrul acestei cercetări, permite analiza unui model complex, format din seturi de

suprafețe care, pe lângă condițiile de formă și dimensiuni, trebuie să respecte și restricții referitoare la pozițiile relative ale suprafețelor respective. În acest caz funcția obiectiv este dată de ansamblul ecuațiilor suprafețelor și a ecuațiilor care modelează relațiile reciproce dintre acestea.

A fost conceput un sistem adaptiv inteligent de *control dimensional* al noii generații de RMS-uri, care poate integra următoarele tehnici de control, de asemenea dezvoltate în cadrul proiectului:

1. Controlul adaptiv-neuronal este o tehnică de control bazată pe un model obținut prin antrenarea unei *rețele neuronale* pe baza bazei de date ce conține datele *numerice* obținute prin *simularea experiențelor*. Sunt analizate fenomenele *mecanice*, de tip *static*, pe baza unui *model general și peren*.

Valorile parametrilor ce caracterizează modelul sunt determinate prin metoda "*back propagation*", prin identificarea *off-line* a sistemului. Variabilele *deterministe* au structura *n variabile de intrare / n variabile de ieșire*.

Performanța modelului este evaluată prin valoarea *erorii medii*, permițând implementarea *preventivă* a comenzii.

2. Controlul adaptiv-armonic utilizează modele *analitice armonice, locale și temporare*, obținute pe baza *experiențelor fizice* ce constau în măsurarea *in-situ* a erorilor apărute la deplasarea săniilor mașinilor-unelte.

Modelul obținut este influențat de fenomenele *termo-mecanice* ce apar pe parcursul desfășurării experimentelor, acoperind aspectul *cinematic* al erorilor apărute la deplasarea săniilor. Variabilele sunt *deterministe* și sunt calculate prin *metode analitice*, având structura: *1 variabilă de intrare / 1 variabilă de ieșire*.

Performanța modelului obținut este evaluată prin *eroarea medie* și permite determinarea unei comenzi de tip *proporțional*.

3. Control inteligent-bazat pe cazuri

Acest tip de control are la baza evoluția naturală a sistemului de prelucrare, monitorizarea comportării sistemului în timpul prelucrării, apoi prin compararea comportamentului curent cu comportări din evoluția anterioară a sistemului se realizează conducerea prelucrării. Dacă parametrii sistemului de prelucrare la momentul curent se regăsesc în baza de date, între stările relativ recente, atunci se poate aproxima comportarea sistemului ca fiind similară cu cea anterioară. Dacă starea curentă a sistemului nu se regăsește între stările anterioare, atunci se vor căuta similitudini între anumiți parametri, apoi prin intermediul tranzițiilor se va stabili marimile de compensat. Acest tip de conducere nu are nevoie de un model analitic, se bazează pe evoluția naturală a sistemului de prelucrare, este o conducere bazată pe cazuri și pe similitudini.

4. Controlul adaptiv-topologic se referă la folosirea unui model *analitic*, constituit pe baza *experiențelor numerice*. Modelul *neuronal* ia în considerare seturile de suprafețe care formează o structură topologică și, pe baza metodei "*back propagation*", le analizează ca un ansamblu de suprafețe. Aceste modele sunt influențate de aspectul *static mecanic* al manufacturării acestor ansambluri de suprafețe, fiind modele *generale și perene*.

Variabilele *deterministe* sunt de tipul *n/n*, fiind determinate prin metoda "*back propagation*", iar modul de identificare a sistemului este de tip *off-line*.

Performanța modelului este evaluată prin *nivelul maxim al erorii*, permițând stabilirea *preventivă* a comenzii.

5. Controlul preventiv-inteligent

Controlul inteligent preventiv consta in monitorizarea sistemului de prelucrare, inregistrarea valorilor diferitilor parametri in timpul prelucrării, precum si a valorilor finite obtinute in urma prelucrării. Apoi, considerand succesiv mai multe modele analitice li se verifica performanta pe setul de valori de la prelucrarile precedente, dupa care se adopta pentru prelucrarea curenta modelul cel mai performant. De remarcat la acest tip de conducere este faptul ca modelul este unul analitic care isi schimba forma functie de evolutia sistemului.

6. Controlul adaptiv-integrat permite identificarea simultană a piesei și a sistemului de măsurare, utilizând un model de tip *analitic general și temporar*, obținut pe baza *experiențelor numerice*. Identificarea este realizată *on-line*.

Pentru determinarea parametrilor modelului *polinomial* se utilizează *algoritmi genetici*.

Modelul este influențat de fenomenele *mecanice* apărute în procesul de identificare și are aspect *static*.

Variabilele sunt *deterministe*, de tip *n/n*.

Performanța modelării este evaluată prin *dinamica valorilor parametrilor modelului*, fiind astfel posibilă implementarea comenzii *preventive*.

7. Controlul inteligent-bazat pe vecinătăți se bazează pe un model *numeric, general și temporar*. Valorile parametrilor modelului *cazistic* sunt determinate prin metoda “*K-nearest neighbor*”, prin analizarea unei baze de date obținute prin *experiențe numerice*.

Identificarea, executată “*on-machine*” ține seama de fenomenele *thermo-mecanice*, acoperind aspectele *statice* ale identificării.

Variabilele, de tip *determinist*, sunt de forma *n variabile de intrare / n variabile de ieșire*.

Performanțele modelului sunt evaluate prin *nivelul maxim al erorii*, comanda implementată fiind de tip *preventiv*.

Rezultatele obținute în cadrul programului au fost diseminate pe următoarele căi:

1. publicare în reviste de specialitate;
2. comunicare la conferințe științifice internaționale;
3. inserarea rezultatelor obținute in programa analitica a cursurilor predate studenților;
4. transferul rezultatelor în mediul industrial prin contractarea unor lucrări de cercetare aplicative;
5. formularea unor cereri de brevete de invenție.

5. Descriere științifică și tehnică

5.1 Premisele științifice și tehnice

În timpul funcționării unui RMS, în spațiul ocupat de acestea se instalează simultan un ansamblu de câmpuri mecanice, termice, electrice sau chiar magnetice, care solicită sistemul. Efectul acestei solicitări este instalarea altor câmpuri cum ar fi: câmpul deformațiilor elastice, câmpul tensiunilor electrice, câmpul deformațiilor termice sau câmpul uzurilor, toate provocând inevitabil abateri dimensionale ale obiectului manufacturat. În prezent, pentru diminuarea abaterilor dimensionale (efectul), se procedează la reducerea intensității procesului de manufacturare și la reducerea erorilor componentelor sistemului (cauza), ceea ce afectează dramatic economicitatea procesului. În acest proiect se propune păstrarea la nivel înalt a intensității procesului și folosirea unor echipamente ieftine - pentru a asigura economicitatea - iar pentru a asigura precizia, se propune compensarea abaterilor dimensionale în locul reducerii acestora.

Pentru a putea fi compensată eroarea, este necesară identificarea dinamicii sistemelor de manufacturare și folosirea modelului astfel obținut pentru predicția erorii de prelucrare. Dacă identificarea are loc on-line, atunci, pentru fiecare exemplar manufacturat se poate determina valoarea prognozată a erorii și, prin intervenția în programul operațional al sistemului de manufacturare, valoarea prognozată poate fi compensată.

Câmpurile de natura termo-mecanică ce se instalează în sistemele de manufacturare au unele particularități (cum ar fi coerența) care pot genera proprietăți specifice și tehnici de manipulare, de asemenea specifice. Plecând de la aceste particularități, se poate conceptualiza o clasă particulară de câmpuri a cărei teorie să stea la baza identificării sistemului simulării procesului și compensării erorii de manufacturare.

Să considerăm funcționarea unui sistem de manufacturare în absența obiectului de prelucrat. Suprafața generatoare a sculei se deplasează pe traiectoria asigurată de cinematica sistemului și înfășoară o suprafață virtuală care, din cauza erorilor geometrice și cinematice ale sistemului prezintă abateri față de geometria țintă a obiectului de manufacturat. Pentru reducerea acestor abateri, se încearcă reducerea erorilor geometrice și cinematice ale sistemului, lucru care conduce la creșterea excesivă a costului acestuia. În acest proiect se propune compensarea acestor erori folosind sistemul de conducere numerică.

Dacă sistemul de manufacturare este reconfigurabil, atunci câmpul erorilor suprafeței virtuale se modifică ca urmare a reconfigurării, ceea ce face necesară reidentificarea geometriei și cinematice sistemului. În acest scop, se propune inserarea în programul sistemului de manufacturare a unui subciclu în cursul căruia să fie actualizat modelul erorilor geometrice și cinematice ale acestuia.

Ca urmare a faptului că sistemul de manufacturare nu este monolit, ci se compune dintr-un număr mare de piese distincte, în timpul funcționării acestuia geometria și cinematica sistemului evoluează, ceea ce impune calibrarea repetată a modelului erorilor geometrice și cinematice.

Ținând cont de coerența câmpurilor termo-mecanice care apar în sistemele de manufacturare, se poate concepe un sistem senzorial, cu un număr minim de senzori, care

să descrie satisfăcător aceste campuri. În plus, se pot adăuga alți senzori al căror rol este acela ca, pe baza tehnicilor din domeniul "sensor fusion", să supravegheze sistemul senzorial de baza și să valideze în permanență semnalele transmise de acesta.

Având în vedere faptul ca sistemul de manufacturare este reconfigurabil, sistemul senzorial va trebui să fie atât distribuit cât și partajat, iar sistemul de comunicare sa permită reconfigurarea ușoară a sistemului de manufacturare.

Pentru procesarea semnalelor obținute de la senzori, în vederea folosirii acestora pentru identificarea sistemului de manufacturare, pot fi aplicate tehnici specifice inteligenței artificiale.

Sistemul senzorial specific conducerii numerice a sistemelor de manufacturare poate fi integrat în sistemul senzorial general folosit pentru conducere adaptiv-inteligentă a procesului de manufacturare.

Noua generație de sisteme de fabricație reconfigurabile se caracterizează prin faptul că pe aceste sisteme are loc: fabricarea, monitorizarea procesului, identificarea geometrică și cinematică a procesului, corecția și compensarea erorilor geometrice și de proces. Toate aceste activități au loc on-line și fără intervenția operatorului.

5.2 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.

Să considerăm funcționarea unui sistem de manufacturare *în absența obiectului de prelucrat*. Suprafața generatoare a sculei se deplasează pe traiectoria asigurată de cinematica sistemului și înfășoară o suprafață virtuală care, din cauza erorilor geometrice și cinematice ale sistemului, prezintă abateri față de geometria țintă a obiectului de manufacturat. Pentru reducerea acestor abateri, se încearcă reducerea erorilor geometrice și cinematice ale sistemului, lucru care conduce la *creșterea excesivă a costului* acestuia.

Dacă sistemul de manufacturare este reconfigurabil, atunci câmpul erorilor suprafeței virtuale *se modifică în urma reconfigurării*.

Ca urmare a faptului că sistemul de manufacturare nu este monolit, ci se compune dintr-un număr mare de piese distincte, în timpul funcționării acestuia *geometria și cinematica sistemului evoluează*, ceea ce face ca și câmpul erorilor suprafeței virtuale să se modifice.

Pe de altă parte, în timpul funcționării unui sistem de manufacturare, în spațiul ocupat de acesta, se instalează simultan un număr de câmpuri mecanice, termice, electrice sau chiar magnetice, care *solicită sistemul*. Efectul acestei solicitări este apariția altor câmpuri, cum ar fi: câmpul deformațiilor elastice, câmpul tensiunilor mecanice, câmpul deformațiilor termice sau câmpul uzurilor, toate provocând inevitabil *abateri dimensionale* ale obiectului manufacturat.

În prezent, pentru diminuarea abaterilor dimensionale (*efectul*), se procedează la reducerea intensității procesului de manufacturare și la reducerea erorilor componentelor sistemului (*cauza*), ceea ce afectează dramatic economicitatea procesului. În acest proiect s-a dezvoltat ideea *păstrării la nivel înalt a intensității procesului* și folosirii unor *echipamente ieftine* - pentru a asigura *economicitatea* - iar pentru a asigura *precizia*, s-a recurs la *compensarea abaterilor dimensionale* prin control dimensional *predictiv*, la care *corecția precede eroarea care a determinat-o*. În acest fel, eroarea este evitată, nu diminuată.

În scopul realizării unui control dimensional predictiv, este necesară identificarea dinamicii sistemelor de manufacturare și folosirea modelului astfel obținut pentru a prognoza deviația. Rezultatul astfel obținut este introdus în sistemul de control numeric al mașinii.

De exemplu, dacă la prelucrarea unui lot de piese - după ce a fost prelucrat exemplarul n - sistemul de manufacturare ar fi oprit și supus procedurii de identificare a dinamicii, atunci ciclul de prelucrare al exemplarului $n+1$ ar putea fi corectat, astfel încât deviațiile dimensionale să fie compensate. Dacă însă identificarea are loc *on-line*, atunci, pentru fiecare exemplar manufacturat, se poate determina valoarea prognozată a deviației și, prin *intervenția on-line* în programul operațional al sistemului de manufacturare, valoarea prognozată poate fi *compensată tot on-line*.

Ca urmare, eroarea reală obținută (care este diferența dintre deviația reală și valoarea ei prognozată) nu depinde nici de erorile de sistem și nici de intensitatea procesului, ci doar de precizia cu care au fost prognozate deviațiile corespunzătoare exemplarului următor.

În aceasta abordare, următoarele observații sunt utile:

a) Câmpurile de natura termo-mecanică ce se instalează în sistemele de manufacturare au unele particularități (cum ar fi *coerența*), care pot genera proprietăți specifice și tehnici de manipulare, de asemenea specifice.

b) Având în vedere faptul că sistemul de manufacturare este reconfigurabil, sistemul senzorial trebuie să fie atât *distribuit* cât și *partajat*, iar sistemul de comunicare să permită reconfigurarea ușoară a sistemului senzorial.

c) Pentru procesarea semnalelor obținute de la senzori, în vederea folosirii acestora pentru identificarea sistemului de manufacturare, au fost aplicate *tehnici specifice inteligenței artificiale*.

d) Măsurarea, în afara sistemului de manufacturare, a obiectului prelucrat este un simplu act de constatare, *post-factum*, a unei anumite stări de fapt (uneori iremediabilă), privind respectivul obiect; pentru controlul dimensional al acestuia este în plus necesară o intervenție, în scopul modificării respectivei stări prin reluarea procesului de generare a obiectului ceea ce determină timp și costuri suplimentare importante.

Noua generație de sisteme de manufacturare reconfigurabile, dezvoltată în cadrul acestui proiect, se caracterizează prin faptul că, pe aceste sisteme are loc: *prelucrarea* produsului, *monitorizarea* procesului dar și a obiectului manufacturat, *identificarea* geometrică, cinematică și dinamică a sistemului de prelucrare dar și a sistemului de măsurare, precum și *corecția* și *compensarea* erorilor geometrice și de proces. Toate aceste activități au loc *on-line* și *fără intervenția operatorului*.

Modul de atingere a obiectivelor

Atingerea obiectivelor s-a bazat pe următoarele idei cheie:

a). În timpul funcționării RMS-urilor, în spațiul ocupat de acesta se instalează simultan un ansamblu de câmpuri mecanice, termice, electrice sau chiar magnetice care solicită RMS-ul. Efectul acestei solicitări este instalarea altor câmpuri, cum ar fi câmpul deformațiilor elastice, câmpul tensiunilor elastice, câmpul deformațiilor termice sau câmpul uzurilor, toate provocând inevitabil abateri dimensionale ale obiectului manufacturat. În prezent pentru diminuarea abaterilor dimensionale (efectul) până la un

nivel acceptabil, se procedeaza la reducerea intensitatii procesului de manufacturare si la reducerea erorilor componentelor(cauza), ceea ce afecteaza dramatic economicitatea procesului (echipamente scumpe, productivitate scazuta si altele). In acest proiect s-a realizat pastrarea la nivel inalt a intensitatii procesului si s-au utilizat echipamente ieftine -pentru a asigura economicitatea- iar pentru a asigura precizia, a fost aplicată compensarea abaterilor dimensionale, in locul reducerii acestora.

În program s-a atins urmatoarea tinta : *reducerea de cel putin cinci ori a abaterilor dimensionale*, asociata cu cresterea economicitatii in raport cu stadiul actual.

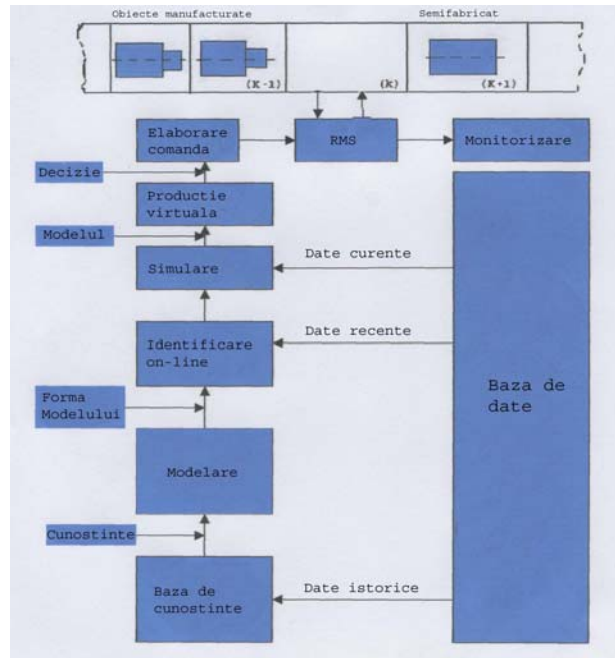


Fig. 3 Schema conceptuala a noii generatii de sisteme de manufacturare reconfigurabile

b). Sa consideram momentul in care un RMS a terminat prelucrarea exemplarului precedent si incepe prelucrarea exemplarului curent dintr-un lot de obiecte. In cursul prelucrării exemplarului curent vor aparea abateri dimensionale inevitabile. Prin simularea procesului s-a realizat productia virtuala a acestui exemplar și atunci atunci s-a putut afla campul abaterilor dimensionale ce vor aparea la manufacturarea acestuia. Apoi s-a modificat programul de operare al RMS-ului, astfel incat abaterile dimensionale sa fie anulate. In aceasta situatie *precizia manufacturării depinde doar de precizia modelării și simulării, și nu de intensitatea procesului sau de nivelul erorilor componentelor RMS-ului.*

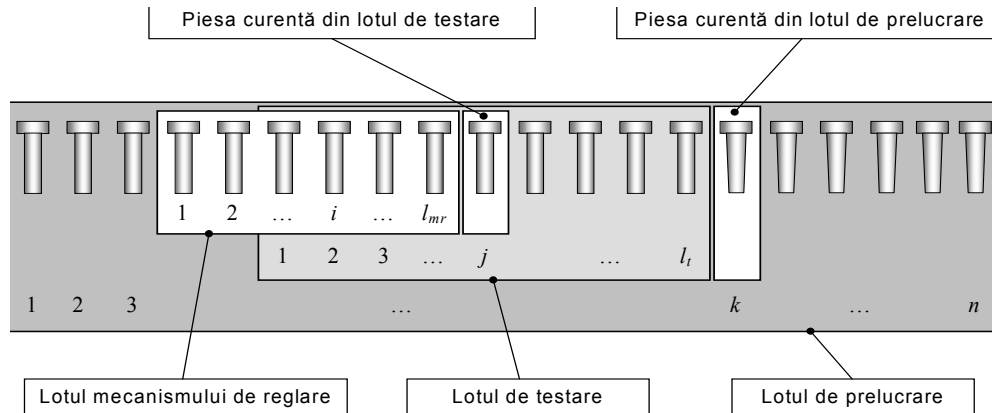


Fig. 4 Schema modului in care se va realiza identificarea on-line a RMS-ului si optimizarea modelului acestuia

Mai exact aplicarea acestei idei se prezinta in figura 4 unde se arata succesiunea manufacturarii exemplarelor ce compun un lot. Pentru simularea procesului si productia virtuala a exemplarului k , RMS-ul se identifica folosind ultimele l_t exemplare. Modelul este evaluat folosind un numar l_{mr} de exemplare manufacturate anterior, realizandu-se astfel optimizarea modelului.

c). In fine, pentru a simula procesul si a produce virtual obiectul au fost dezvoltate tehnici si scule care sa *identifice permanent on-line, relatia dintre cauza* (campurile mecanice, termice, etc., generate de proces) si efect (campurile deformatiilor si uzurilor), *sa reconstruiasca permanent modelul RMS-ului*, pe baza caruia s-a facut simularea, productia virtuala si in final predictia abaterilor dimensionale, urmata de modificarea programului in vederea compensarii acestor abateri. Ideia centrala a acestor tehnici si scule este aceea de a considera manufacturarea exemplarului/exemplarelor precedente drept experimentul pe baza caruia se identifica RMS-ul si se obtine modelul ce este folosit pentru simularea si productia virtuala a exemplarului curent.

In acest fel *modelul este dinamic*, urmareste indeaproape evolutia sistemului de manufacturare si se adapteaza permanent la schimbarile aparute (inclusiv ca urmare a reconfigurarii).

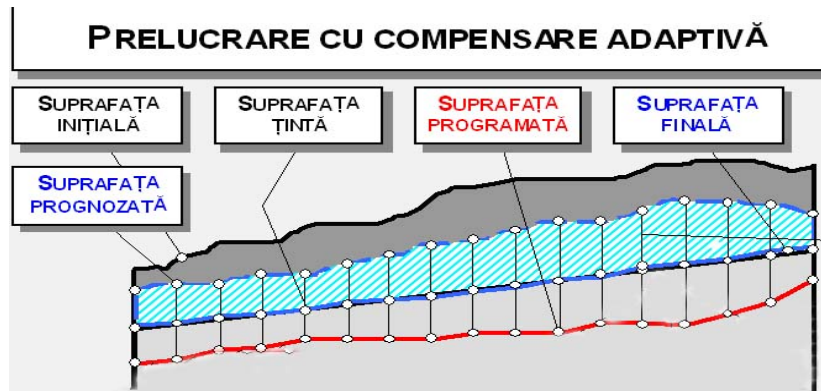


Fig. 5. Compensarea adaptiva a abaterilor dimensionale

In figura 5 se prezinta o modalitate concreta de aplicare a acestei idei. Daca traiectoria programata a sculei ce realizeaza manufacturarea obiectului este identica cu profilul fara abateri dimensionale a obiectului prelucrat, atunci traiectoria reala va diferi de traiectoria tinta.

Diferentele dintre cele doua traiectorii reprezinta abaterile dimensionale inevitabile ce apar in cursul manufacturarii. Pentru anulara acestor abateri a fost realizata simularea procesului si productia virtuala a obiectului care evidentiaza campul abaterilor dimensionale prognozate. Cunoscand acest camp se poate inlocui traiectoria programata a sculei cu forma in oglinda a traiectoriei prognozate. Evident ca abaterile dimensionale vor aparea inevitabil dar, fiind exact egale cu cele prognozate, vor conduce la obtinerea unei suprafete reale ce va corespunde exact cu suprafata tinta a obiectului

Dezvoltarea acestor tehnici si scule se bazează pe :

- i) facilitati oferite de ICT,
- ii) metode ale inteligentei artificiale,
- iii) dezvoltarea teoriei campurilor prin studierea si formalizarea unei noi clase de campuri,
- iv) dezvoltarea teoriei infasurarii suprafetelor si
- v) conceperea unor produse ICT integrate si miniaturizate.

5.3 Actiunile stiintifice si alte actiuni intreprinse pentru atingerea obiectivului. Rezultatele obtinute.

Actiuni stiintifice

Tehnici de control dimensional adaptiv/inteligent dezvoltate in cadrul proiectului

În tabelul 1 sunt prezentate în mod sintetic tehnicile de control dezvoltate în cadrul prezentului proiect de cercetare.

Tabel. 1. Tehnici de control dimensional adaptiv/inteligent dezvoltate în cadrul proiectului

Nr. crt.	Denumirea tehnicii	Control adaptiv-neuronal	Control adaptiv-armonic	Control inteligent-bazat-pe-cazuri	Control adaptiv-topologic	Control preventiv-inteligent	Control adaptiv-integrat	Control inteligent-bazat-pe-vecinatați
	Caracteristici							
1.	Natura modelului	numeric	analitic	logic	analitic	analitic	analitic	numeric
2.	Fenomenologia	mecanic	termo-mecanic	termo-mecanic	mecanic	termo-mecanic	mecanic	termo-mecanic
3.	Aspecte acoperite în domeniul considerat	static	cinematic	dinamic	static	dinamic	static	static
4.	Numărul variabilelor input/output	n/n	1/1	n/1	n/n	n/1	n/n	n/n
5.	Felul variabilelor	deterministe	deterministe	deterministe	deterministe	deterministe	deterministe	deterministe
6.	Modul de acoperire al domeniului considerat	cu modele generale și perene	cu modele locale și temporare	cu modele locale și temporare	cu modele generale și perene	cu modele locale și temporare	cu modele generale și temporare	cu modele generale și temporare
7.	Tipul modelului	neuronal	armonic	cazuistic	neuronal	multiplu	polinomial	cazuistic
8.	Modul de constituire a bazei de date experimentale	experiențe numerice	experiențe fizice	experiențe fizice	experiențe numerice	experiențe fizice	experiențe numerice	experiențe numerice
9.	Metoda de determinare a valorilor parametrilor	back propagation	analitică	case-base reasoning	back propagation	regresie	algoritm genetic	K-nearest neighbor
10.	Metoda de evaluare a performanței modelului	eroarea medie	eroarea medie	eroarea maximă	eroarea maximă	eroarea medie	dinamica valorilor parametrilor	eroarea maximă
11.	Modul de identificare a sistemului	off-line	in-situ	in-cycle	off-line	in-cycle	on-line	on-machine
12.	Modul de stabilire și implementare a comenzii	preventiv	proporțional	preventiv	preventiv	preventiv	preventiv	preventiv

Prezentarea tehnicilor de control dimensional adaptiv/inteligent dezvoltate

Controlul adaptiv-neuronal este o tehnică de control bazată pe un model obținut prin antrenarea unei *rețele neuronale* pe baza bazei de date ce conține datele *numerice* obținute prin *simularea experiențelor*. Sunt analizate fenomenele *mecanice*, de tip *static*, pe baza unui *model general și peren*.

Valorile parametrilor ce caracterizează modelul sunt determinate prin metoda "*back propagation*", prin identificarea *off-line* a sistemului. Variabilele *deterministe* au structura *n variabile de intrare / n variabile de ieșire*.

Performanța modelului este evaluată prin valoarea *erorii medii*, permițând implementarea *preventivă* a comenzii.

Controlul adaptiv-armonic utilizează modelele *analitice armonice, locale și temporare*, obținute pe baza *experiențelor fizice* ce constau în măsurarea *in-situ* a erorilor apărute la deplasarea săniilor mașinilor-unelte.

Modelul obținut este influențat de fenomenele *termo-mecanice* ce apar pe parcursul desfășurării experimentelor, acoperind aspectul *cinematic* al erorilor apărute la deplasarea săniilor. Variabilele sunt *deterministe* și sunt calculate prin *metode analitice*, având structura: *1 variabilă de intrare / 1 variabilă de ieșire*.

Performanța modelului obținut este evaluată prin *eroarea medie* și permite determinarea unei comenzi de tip *proporțional*.

Control inteligent-bazat pe cazuri

Acest tip de control are la baza evoluția naturală a sistemului de prelucrare, monitorizarea comportării sistemului în timpul prelucrării, apoi prin compararea comportamentului curent cu comportări din evoluția anterioară a sistemului se realizează conducerea prelucrării. Dacă parametrii sistemului de prelucrare la momentul curent se regăsesc în baza de date, între stările relativ recente, atunci se poate aproxima comportarea sistemului ca fiind similară cu cea anterioară. Dacă starea curentă a sistemului nu se regăsește între stările anterioare, atunci se vor căuta similitudini între anumiți parametri, apoi prin intermediul tranzițiilor se va stabili marimile de compensat. Acest tip de conducere nu are nevoie de un model analitic, se bazează pe evoluția naturală a sistemului de prelucrare, este o conducere bazată pe cazuri și pe similitudini.

Controlul adaptiv-topologic se referă la folosirea unui model *analitic*, constituit pe baza *experiențelor numerice*. Modelul *neuronal* ia în considerare seturile de suprafețe care formează o structură topologică și, pe baza metodei "*back propagation*", le analizează ca un ansamblu de suprafețe. Aceste modele sunt influențate de aspectul *static mecanic* al manufacturării acestor ansambluri de suprafețe, fiind modelele *generale și perene*.

Variabilele *deterministe* sunt de tipul *n/n*, fiind determinate prin metoda "*back propagation*", iar modul de identificare a sistemului este de tip *off-line*.

Performanța modelului este evaluată prin *nivelul maxim al erorii*, permițând stabilirea *preventivă* a comenzii.

Controlul preventiv-inteligent

Controlul inteligent preventiv constă în monitorizarea sistemului de prelucrare, înregistrarea valorilor diferiților parametri în timpul prelucrării, precum și a valorilor finite obținute în urma prelucrării. Apoi, considerând succesiv mai multe modele analitice li se verifică performanța pe setul de valori de la prelucrările precedente, după care se adoptă pentru prelucrarea curentă modelul cel mai performant. De remarcat la acest tip de

conducere este faptul ca modelul este unul analitic care isi schimba forma functie de evolutia sistemului.

Controlul adaptiv-integrat permite identificarea simultană a piesei și a sistemului de măsurare, utilizând un model de tip *analitic general și temporar*, obținut pe baza *experiențelor numerice*. Identificarea este realizată *on-line*.

Pentru determinarea parametrilor modelului *polinomial* se utilizează *algoritmi genetici*.

Modelul este influențat de fenomenele *mecanice* apărute în procesul de identificare și are aspect *static*.

Variabilele sunt *deterministe*, de tip *n/n*.

Performanța modelării este evaluată prin *dinamica valorilor parametrilor modelului*, fiind astfel posibilă implementarea comenzii *preventive*.

Controlul inteligent-bazat pe vecinătăți se bazează pe un model *numeric, general și temporar*. Valorile parametrilor modelului *cazuistic* sunt determinate prin metoda "*K-nearest neighbor*", prin analizarea unei baze de date obținute prin *experiențe numerice*.

Identificarea, executată "*on-machine*" ține seama de fenomenele *thermo-mecanice*, acoperind aspectele *statice* ale identificării.

Variabilele, de tip *determinist*, sunt de forma *n variabile de intrare / n variabile de ieșire*.

Performanțele modelului sunt evaluate prin *nivelul maxim al erorii*, comanda implementată fiind de tip *preventiv*.

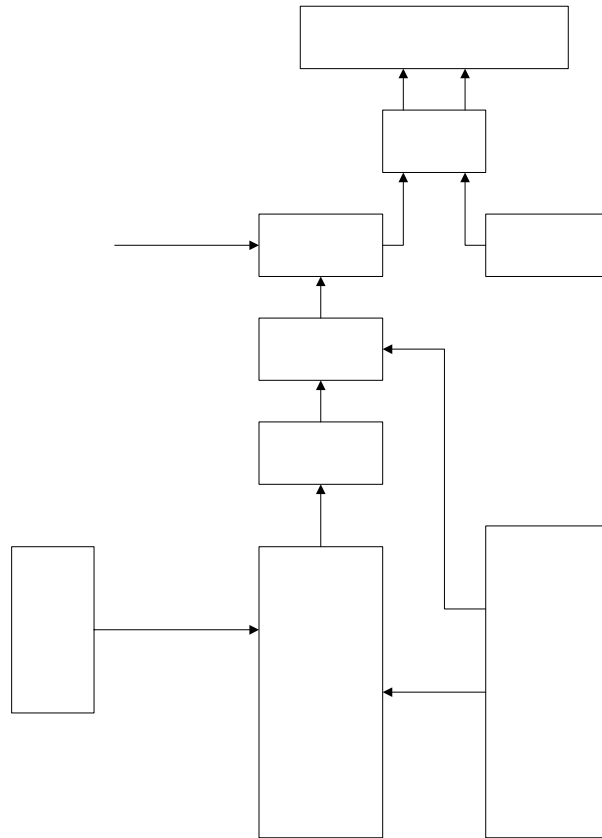


Fig. 6. Schema controlului inteligent-bazat pe vecinătăți

1. Identificarea on-line a geometriei sistemelor de manufacturare reconfigurabile

Pentru dezvoltarea unor noi tehnici de identificare a geometriei sistemelor de fabricație reconfigurabile se pornește de la stabilirea modelului matematic al elementului geometric și al erorilor acestuia. În continuare, acest model poate fi extins la ansambluri de elemente geometrice ce intră în componența RMS-urilor.

Au fost dezvoltate trei tehnici de identificare: identificarea bazată pe circulația parametrilor, identificarea genetică, identificarea prin regenerare virtuală.

2. Identificarea on-line a cinematicii sistemelor de manufacturare reconfigurabile

Pentru identificarea sistemelor de fabricație reconfigurabile, pe lângă identificarea geometrică este necesară și identificarea cinematică a acestora. Acest lucru presupune stabilirea unui model matematic al mișcărilor (traiectorii, viteze, accelerații), model care ulterior poate fi extins la ansambluri de mișcări.

Au fost elaborate două tehnici de identificare: identificarea armonică, identificarea neuronală.

3. Extinderea teoriei înfășurării suprafețelor. Generarea danturilor interioare cu freză-melc toroidală

Generarea danturilor prin frezare cu freze melc este un proces foarte productiv dar nu este utilizat la generarea danturilor interioare. A fost imaginată o nouă formă constructivă a unei freze melc toroidale, capabilă să prelucreze prin rulare danturi interioare. Profilul dinților acestei freze este evolventic și materializează profilul unei roți dințate virtual

Identificarea bazată pe circulația parametrilor

Tehnica de identificare bazată pe circulația parametrilor constă în căutarea exhaustivă a valorilor parametrilor modelului matematic într-un spațiu restrâns, în jurul unui set de valori cunoscut aprioric, valori care determină similitudinea optimă între modelul și elementul real.

Premisa de bază a acestei tehnici este *singularitatea extremelor* în spațiul de căutare. Putem afirma că această premisă este reală datorită spațiului restrâns în care se face căutarea, ceea ce face ca metoda să fie convergentă.

În aplicarea acestei tehnici se pornește de la faptul că la generarea unei suprafețe vor apare abateri atât ca poziție cât și ca formă față de suprafața teoretică. Aceste abateri sunt dificil de stabilit cu mijloace obișnuite.

La aplicarea acestei tehnici este necesară culegerea unui „nor de puncte” cu ajutorul sistemului de fabricație reconfigurabil, care va fi utilizat în acest caz ca mașină de măsurat, după care se caută poziția și forma suprafeței teoretice care va aproxima în mod optim suprafața reală [2], [4], [5].

Pentru exemplificarea tehnicii de identificare a fost simulată generarea unei suprafețe cilindrice, care prezintă abateri de poziție, dimensiuni și formă față de o suprafață cilindrică teoretică ce este cunoscută.

Scriind ecuația suprafeței cilindrice în sistemul de referință al mașinii de măsurat, se caută deplasările centrului cercului director, unghiurile de rotație în jurul axelor Ox, Oy și Oz, precum și abaterile de rază, cilindricitate și circularitate ale cercului director, pentru care norul de puncte este aproximat de suprafața cilindrică teoretică. Odată stabiliți acești parametri ai ecuației generale a cilindrului, se poate afirma că s-a realizat identificarea suprafeței ca poziție, formă și dimensiuni.

A fost elaborat programul de identificare, scris în limbajul PASCAL, și s-au făcut verificări pentru validarea rezultatelor, verificări ce au confirmat valabilitatea tehnicii de identificare bazată pe circulația parametrilor.

În tabelul 2 sunt prezentate coordonatele norului de puncte iar în figura 7 sunt reprezentate rezultatele obținute. Cilindrul real a fost obținut prin deplasarea cilindrului teoretic cu valorile $\Delta x=0.1$ mm; $\Delta y=-0.1$ mm și rotirea lui în jurul axelor Ox cu $f=0.1^\circ$ și Oy cu $p=-0.1^\circ$ și eroarea de rază $R=20.1$ mm.

Tabel 2.

x [mm]	y [mm]	z [mm]
20.199969	-0.100061	0.035081
14.310643	14.110600	1.299608
0.095637	19.995606	2.535073
-14.119370	14.106323	3.749989
-20.008696	-0.108665	4.964904
-14.123733	-14.323690	6.200369
0.086910	-20.213059	7.464896
14.297553	-14.328140	8.749973
20.182516	-0.117514	10.035051

```
xs = 1.0000000000E-01
ys = -1.0000000000E-01
zs = 0.0000000000E+00
f = 1.7453292520E-03
p = -1.7453292520E-03
k = 0.0000000000E+00
R = 2.0100000000E+01
minim = 9.0607094137E-10
```

Fig. 7. Parametrii modelului suprafeței cilindrice

Este vizibilă identitatea între rezultatele obținute și erorile induse inițial, ceea ce confirmă convergența și viabilitatea tehnicii utilizate.

Identificarea genetică

Pentru cazurile în care suprafețele analizate trebuie considerate în ansamblul lor, cum este cazul suprafețelor ce formează ajustaje, sau care trebuie să îndeplinească anumite condiții de formă și poziție pentru a se putea realiza asamblarea, nu este suficientă identificarea separată a formei și poziției fiecărei suprafețe, ci este nevoie ca acestea să fie privite ca un set de suprafețe [1], [3].

Tehnica de identificare genetică, dezvoltată în cadrul acestei cercetări, permite analizarea unui model complex, format din seturi de suprafețe care, pe lângă condițiile de formă și dimensiuni, trebuie să respecte și restricții referitoare la pozițiile relative ale suprafețelor respective. În acest caz funcția obiectiv este dată de ansamblul ecuațiilor suprafețelor și a ecuațiilor care modelează relațiile reciproce dintre acestea.

A fost analizat cazul unui triedru, ale cărui plane nu sunt reciproc perpendiculare. Acest triedru poate fi privit ca fiind format din planurile unui sistem de referință, obținut cu o anumită eroare la prelucrare. Au fost generate seturi de puncte în fiecare plan, inducându-se prin simulare abateri de la perpendicularitatea reciprocă a planurilor.

Norul de puncte obținut a fost identificat utilizând tehnica algoritmilor genetici, în mediul de calcul MATLAB, fiind imaginat și aplicat un model de calcul pentru determinarea parametrilor ecuațiilor ce descriu aceste planuri, ca fețe ale unui triedru ortogonal.

Ca funcție obiectiv a fost utilizată valoarea sumei pătratului distanțelor punctelor față de planurile sistemului de referință. Prin algoritmul genetic utilizat s-a urmărit minimizarea funcției obiectiv, rezultând valorile parametrilor modelului matematic ce realizează aproximarea optimă a suprafețelor reale.

În figura 8 este prezentată caseta de dialog obținută prin rularea programului de identificare. Este evidențiată valoarea funcției obiectiv (0.079936), valoare care ne îndreptățește să afirmăm ca identificarea este suficient de exactă.

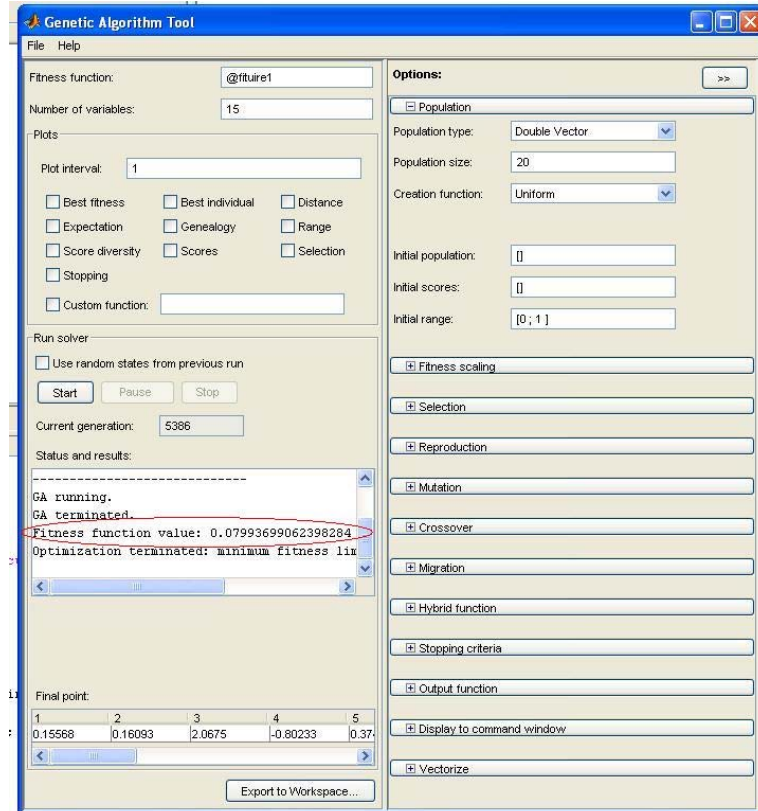


Fig. 8. Rezultatul algoritmului de identificare

Identificarea prin regenerare virtuală

Tehnica de identificare prin regenerare virtuală se bazează pe caracteristica noilor sisteme de fabricație reconfigurabile de a fi utilizate atât ca sisteme de fabricație, cât și ca sisteme de măsurare [4], [5], [6].

Utilizarea acestei tehnici presupune ca, după realizarea piesei, aceasta să fie explorată cu un palpator, pe aceeași mașină pe care a fost prelucrată, explorare în urma căreia se obțin informații referitoare la suprafața prelucrată. De exemplu, în cazul unei suprafețe cilindrice realizate prin strunjire, se pot obține informații despre forma generatoarei, poziția axei, poziția unei alte axe față de care axa suprafeței de revoluție trebuie să îndeplinească anumite condiții etc. Această explorare a piesei am denumit-o *regenerare virtuală*.

Operația de regenerare permite închiderea ciclului, caracteristic RMS-urilor, prelucrare—monitorizare—identificare—corecție.

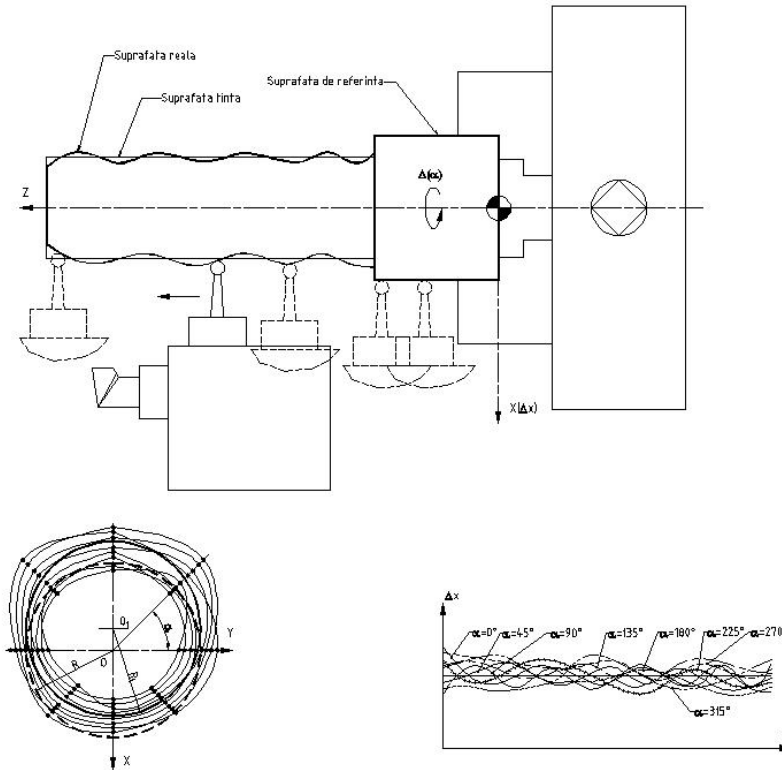


Fig. 9. Identificare prin regenerare virtuală

Identificarea armonică

Această tehnică pornește de la premisa că deplasarea săniilor mașinilor-unelte are loc cu anumite erori, ce pot fi determinate. Deși mișcarea motorului de deplasare al săniei este uniformă, datorită erorilor din lanțul cinematic de deplasare, sania se va mișca neuniform, rezultând erori de poziționare.

După determinarea erorilor în diferite puncte, acestea pot fi modelate prin dezvoltare în serii Fourier [7], fiind astfel posibilă calcularea mărimii erorii în orice punct al deplasării. Mai mult, având în vedere că în timpul funcționării mașinii acesta este supusă unui gradient termic, ce va determina evoluția în timp a erorilor de poziție, a fost imaginată o metodă de modelare a coeficienților seriei Fourier (pe care am denumit-o modelare de ordinul doi). Astfel este posibilă modelarea erorilor cu un număr mai redus de coeficienți.

Pentru verificare, a fost simulată determinarea erorii în 101 de puncte în lungul cursei uneia dintre săniile mașinii-unelte. Pentru aproximarea în serii Fourier este nevoie de calculul a 102 coeficienți. Prin modelarea de ordinul doi această aproximare poate fi realizată cu numai 9 coeficienți în cazul unei variații liniare a erorii și respectiv cu 25 coeficienți în cazul în care eroarea are și o componentă sinusoidală.

În figura 10 este prezentat modelul erorii liniare (y), al erorii approximate prin modelare armonică în serie Fourier utilizând 9 coeficienți (f_2) și al erorii approximate prin modelare armonică de ordinul doi utilizând 9 coeficienți (f_m).

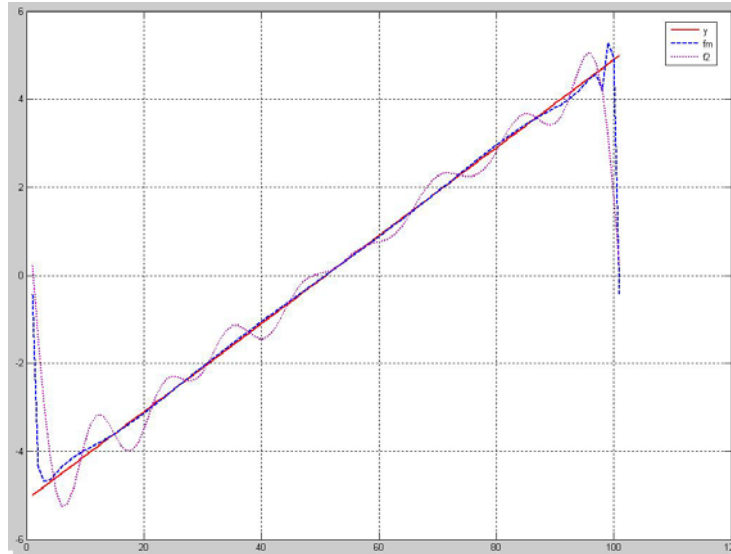


Fig. 10. Modelul erorii liniare (y), al erorii aproximata prin modelare armonică în serie Fourier (f_2) și al erorii aproximata prin modelare armonică de ordinul doi (f_m)

În figura 11 este prezentat modelul erorii cu componentă liniară și sinusoidală (y), al erorii aproximata prin modelare armonică în serie Fourier utilizând 9 coeficienți (f_1) și al erorii aproximata prin modelare armonică de ordinul doi utilizând 9 coeficienți (f_m).

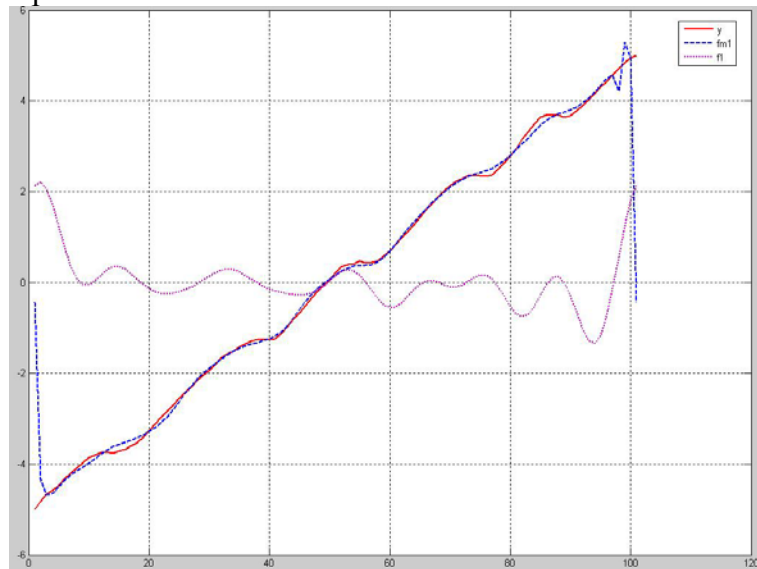


Fig. 11. Modelul erorii cu componentă liniară și sinusoidală (y), al erorii aproximata prin modelare armonică în serie Fourier (f_1) și al erorii aproximata prin modelare armonică de ordinul doi (f_m)

Este evident faptul că modelul obținut prin modelare armonică de ordinul doi este mult mai exact decât cel obținut prin modelare Fourier cu un număr redus de coeficienți.

Identificarea neuronală

Tehnica de identificare neuronală presupune utilizarea rețelelor neuronale, antrenate pentru a găsi relațiile care apar între valorile erorilor obținute în diferite puncte [8], [10], [11].

Datorită faptului că măsurarea erorilor în zona de prelucrare este dificilă, presupunând oprirea procesului de prelucrare, schimbarea sculei cu palpatorul și explorarea suprafeței prelucrate, a apărut ideea că este convenabil să facem identificarea sistemului prin măsurare doar la începutul procesului, măsurând erorile apărute, atât în zona de prelucrare, cât în într-o serie de puncte „martor” situate în afara zonei de prelucrare.

După această etapă de identificare inițială, este antrenată o rețea neuronală pentru a descoperi relațiile ce se pot stabili între valorile erorilor în punctele din zona de prelucrare și valorile erorilor în punctele martor.

În continuare, pe parcursul prelucrării este suficient să determinăm erorile din punctele martor pentru a putea estima ce erori vor apare la prelucrare și a lua măsuri pentru compensarea acestora.

Aproximarea profilului cuțitului-roată utilizat la generarea suprafețelor poliforme interioare

Pornind de la principiile profilării sculelor de tip roată pentru mortezarea unor profiluri transversale ale butucilor cu forme hexagonale sau pătrate, se propune o metodologie de aproximare a profilurilor generatoare ale sculelor, cu profiluri poliforme.

Avantajul metodei constă în faptul că aceste profiluri poliforme se bucură de proprietatea că au o tehnologie de realizare mai simplă, fără a necesita o mașină cu comandă numerică.

Validarea experimentală a tehnicilor de modelare, identificare și simulare a dinamicii

În scopul validării experimentale a tehnicilor de modelare, identificare și simulare a dinamicii au fost realizate experimente fizice în condiții de laborator, care au constat în prelucrarea a 8 loturi de piese, în condițiile monitorizării procesului de prelucrare și simulării procesului de compensare a erorilor. Pentru completarea bazei de date experimentale au fost folosiți următorii indicatori ai procesului:

- forța de așchiere, măsurată prin tensometrie electrică rezistivă, citirea valorilor fiind realizată cu ajutorul echipamentului SPIDER, care permite o frecvență de citire de 9600 citiri/sec.;

- puterea absorbită de motorul electric de acționare, folosind un wattmetru digital cu înregistrare;

- temperatura medie în zona de așchiere, evaluată prin tensiunea termoelectromotoare a termocuplului natural format de sculă și piesă și citită cu ajutorul echipamentului SPIDER cu frecvența de citire de 9600 citiri/sec.;

- dimensiunea semifabricatului, măsurată cu precizie de 0.01 mm;

- vibrația sistemului tehnologic în diferite puncte ale acestuia, măsurată cu ajutorul unor accelerometre;

- eroarea diametrală a suprafeței, măsurată într-un număr de puncte echidistante.

Procesarea datelor s-a realizat prin următoarele tehnici:

- modelare analitică a dependenței dintre eroarea de prelucrare și ceilalți parametri monitorizați, folosind 8 tipuri de modele, de tip explicit sau recursiv;

- modelarea prin cunoștințe, folosind raționamentul bazat pe cazuri [17];

- modelare fuzzy, folosind „K-nearest neighbor algorithm” [14], [16];

- modelare folosind modele tip ARMA [15];
- modelare analitică optimală.

Pentru validarea tehnicilor de modelare, identificare și simulare s-a procedat astfel:

Înainte de prelucrarea fiecărui exemplar din lot, sistemul tehnologic a fost identificat, folosind datele acumulate în baza de date până în acel moment și tehnicile de procesare de mai sus. În modelul obținut în urma identificării s-au introdus mărimile de intrare corespunzătoare exemplarului curent ce urmează a fi prelucrat, determinându-se o valoare prognozată a erorii. În acest fel a fost obținut un număr mare de valori prognozate, corespunzătoare fiecărei tehnici de procesare și, mai mult, fiecărui set de parametri caracteristici ai tehnicii de procesare. Comparând eroarea prognozată cu cea măsurată prin experimentul fizic s-a determinat valoarea erorii reziduale care ar fi apărut dacă respectiva tehnică ar fi fost aplicată. Șirul valorilor erorii reziduale, corespunzătoare fiecărui lot de piese a fost apoi procesat statistic în scopul de a se evalua performanța obținută în procesul de conducere dimensională. Analiza unui număr mare de date experimentale a scos în evidență următoarele concluzii:

- dintre modelele analitice, cea mai bună comportare au avut-o modelele cele mai simple, ceea ce arată faptul că relația cauză-efect în procesul studiat este puternic afectată de factori perturbatori aleatorii;

- performanța reidentificării on-line a sistemului se maximizează atunci când sunt evitate datele foarte recente sau foarte vechi. În concret, s-a constatat că cele mai bune rezultate se obțin atunci când reidentificarea are la bază ultimele 2-7 evenimente. Acest lucru arată că sistemul are într-adevăr o evoluție semnificativă a comportării unui lot de piese;

- performanța obținută în cursul experimentelor fizice a fost următoarea: media erorii a fost redusă de cel puțin 5 ori și de cel mult 120 de ori, iar abaterea medie pătratică a fost redusă doar ocazional cu până la 30%, existând și situații în care aceasta a crescut în urma aplicării sistemului de conducere adaptiv/inteligentă. Aceasta arată încă o dată faptul că procesul suferă perturbații aleatorii semnificative, care prin tehnicile de mai sus nu pot fi surprinse. Rezultă că diminuarea dispersiei erorilor trebuie realizată pe alte căi;

- unele dintre modelele de formă recursivă, ce au fost testate, au prezentat evoluții haotice, ceea ce a condus la descalificarea lor întrucât fizic nu există nici o explicație pentru un astfel de comportament;

- cum era de așteptat, modelarea folosind raționamente bazate pe cazuri a demonstrat o robustețe foarte bună, dar s-a dovedit a fi inadecvată atunci când între semifabricatele din care este prelucrat lotul de piese există diferențe importante. Comportare bună ar putea să aibă astfel de modele atunci când este cazul unor procese de finisare cu un domeniu restrâns de variație a parametrilor;

- o comportare similară au avut-o și modelele fuzzy care folosesc „K-nearest neighbor algorithm”. Creșterea parametrului K de la 1 la 5 nu a îmbunătățit performanța obținută;

- modelele tip ARMA s-au dovedit a fi complet inadecvate, mai ales când numărul termenilor folosiți crește. Cel mai bun comportament a apărut atunci când modelul degenerază și se restrânge la utilizarea drept prognoză a erorii piesei curente eroarea piesei precedente. Această situație este cea întâlnită în cea mai performantă conducere dimensională manuală. Rezultă că există un potențial important de îmbunătățire a

performanței dacă procesul este condus după modele ce iau în calcul mai multe experiențe anterioare;

- modelare analitică optimală a constat în aceea că, înaintea prelucrării piesei curente, sistemul a fost modelat folosind un număr mare de forme ale modelului. Apoi, folosind modelele obținute, a fost simulată conducerea dimensională în cazul exemplarelor anterior prelucrate. Rezultatele simulării au fost folosite pentru determinarea celui mai performant dintre modele, care a fost apoi utilizat pentru prognoza erorii piesei curente. Deși teoretic era de așteptat ca o asemenea optimizare a identificării sistemului să aducă un plus de performanță în conducerea dimensională, totuși rezultatele au fost mult sub așteptări. Explicația ce poate fi dată în acest caz este aceea că, nu numai comportarea la un moment dat a sistemului este afectată de perturbații aleatorii, dar și evoluția acestei comportări este, într-o bună măsură, aleatorie. De aceea, încă o dată este subliniată ideea că, reducerea dispersiei constatată pe termene scurte sau lungi trebuie obținută pe alte căi, între care cea mai probabilă este reducerea frecărilor la joncțiunea dintre elementele îmbinărilor mobile, pe de o parte, și pe de altă parte, creșterea rigidității de contact a îmbinărilor fixe (eventual prin prestrângere adecvată).

Rezultate obtinute

Lucrări științifice elaborate

1. Cuzmin C., Teodor V., Oancea N., Marinescu V., Epureanu A., *Dimensional dynamics identification of reconfigurable machine tools*. Proceedings of WSEAS European Computing Conference, Athens, GREECE, September 25-27, 2007 (indexata ISI)

Abstract: The paper presents a new method for online identification of the dimensional dynamics to be used for the dimensional control of reconfigurable machining systems. The dimensional control is designed as adaptive and predictive.

The dimensional control of the reconfigurable machining system is a key action in order to achieve the quality desired for the finite product. As a diminishing deviation presents the disadvantage that reducing deviations are accompanied by high costs, the deviation compensation implies a better control of the process.

The deviation compensation emerged during the working process requires knowledge of a model which describes the dimensional dynamics of the machine tool, which is the relation between the dimensional changing of the processed part and the parameters of the process. On the other hand the behavior of the machining system evolution changes significantly in time even during the processing of a small number of parts processed. This is the reason that dimensional dynamics must reveal the changing in time of the relation between dimensional variation of the parts and the process parameters.

Key-Words: - reconfigurable machine tools, online identification, dimensional dynamics, dimensional control

2. Epureanu A., Teodor V., ***On-Line Geometrical Identification of Reconfigurable Machine Tool using Virtual Machining***, Publicată în revista Enformatika, vol. 15, SPANIA, 2006, ISBN 975-00803-4-3 (indexata ISI)

Abstract: One of the main research directions in CAD/CAM machining area is the reducing of machining time. The feedrate scheduling is one of the advanced techniques that allows keeping constant the uncut chip area and as sequel to keep constant the main cutting force.

They are two main ways for feedrate optimization. The first consists in the cutting force monitoring, which presumes to use complex equipment for the force measurement and after this, to set the feedrate regarding the cutting force variation. The second way is to optimize the feedrate by keeping constant the material removal rate regarding the cutting conditions. In this paper there is proposed a new approach using an extended database that replaces the system model.

The feedrate scheduling is determined based on the identification of the reconfigurable machine tool, and the feed value determination regarding the uncut chip section area, the contact length between tool and blank and also regarding the geometrical roughness. The first stage consists in the blank and tool monitoring for the determination of actual profiles. The next stage is the determination of programmed tool path that allows obtaining the piece target profile. The graphic representation environment models the tool and blank regions and, after this, the tool model is positioned regarding the blank model according to the programmed tool path. For each of these positions the geometrical roughness value, the uncut chip area and the contact length between tool and blank are calculated. Each of these parameters are compared with the admissible values and according to the result the feed value is established. We can consider that this approach has the following advantages: in case of complex cutting processes the prediction of cutting force is possible; there is considered the real cutting profile which has deviations from the theoretical profile; the blank-tool contact length limitation is possible; it is possible to correct the programmed tool path so that the target profile can be obtained.

Applying this method, there are obtained data sets which allow the feedrate scheduling so that the uncut chip area is constant and, as a result, the cutting force is constant, which allows to use more efficiently the machine tool and to obtain the reduction of machining time.

Keywords: —reconfigurable machine tool, system identification, uncut chip area, cutting conditions scheduling.

3. Epureanu A., Teodor V., Oancea N., Banu M., Marinescu V., ***Method for On-Line Identification of Reconfigurable Machine-Tool Geometry Based on a Topological Neural Approach***, Journal of Manufacturing Science and Engineering (trimisă spre publicare) (indexata ISI)

Abstract: Este cunoscut faptul că mașinile-unelte cu comandă numerică pot fi utilizate ca mașini de măsurat în coordonate, dacă se înlocuiește scula cu un dispozitiv de palpare adecvat.

La prelucrarea pieselor prin așchiere apar erori datorate atât procesului de

așchiere cât și cinematicii mașinii-unelte pe care se face prelucrarea. Astfel se pot defini două tipuri de suprafețe: suprafața efectiv generată și o suprafață de referință, în raport cu care se face prinderea semifabricatului pe mașina de prelucrat.

În plus, în cazul real al prelucrării pieselor, între diversele suprafețe care compun aceste piese se precizează restricții specifice în ceea ce privește forma, dimensiunile sau poziția lor relativă.

Ne interesează identificarea suprafețelor reale generate, atât prin determinarea dimensiunilor și formelor acestora, cât și prin poziția în raport cu suprafața lor de referință.

În această lucrare este propusă o metodă constând în identificarea ambelor suprafețe, cea generată și cea de referință, în raport cu sistemul de referință propriu al mașinii-unelte și apoi transformarea coordonatelor din sistemului de referință global, al mașinii, în coordonate din sistemul de referință propriu al piesei. În acest mod se obține modelul matematic al suprafeței reale în raport cu suprafața de referință.

Identificarea suprafeței generate se face prin introducerea, în programul mașinii cu comandă numerică, a unei secvențe de măsurare, în cadrul căreia se realizează explorarea suprafeței prelucrate după o traiectorie stabilită. Această explorare se efectuează cu ajutorul unui dispozitiv de măsurare fixat pe mașina-unelte cu comandă numerică

4. Epureanu, Al., Teodor, V., Dima, M., Oancea, N., *A Reconfigured Rack-Tool for Generation of Gears*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare; (indexata ISI)

Abstract: We consider that a responsive cost-effective manner to market dynamic changes can be obtained through the development of reconfigurable manufacturing systems (RMS) that quickly and effectively react to the demands of the competitive market due to the following set of characteristics: modularity, convertibility, integrability, scalability, diagnosability and customization.

The characteristic set which makes a RMS different is identified in a particular manner in every reconfigurable machine tool (RMT) belonging to the system structure. The typical structure of reconfigurable machine tool includes the following basic components: the assembly of the modules that ensures the needed active and passive degrees of freedom, work piece, tooling and fixturing. The set of these six main characteristics specific to the RMS is presented in a particular form at RMT level and at each of its basic components.

In this paper we present a rack-gear cutter that satisfies the reconfiguration requirements and a virtual manufacturing based technique for its improved reconfiguration.

It is accepted that the value of the main cutting force depends on the cutting area thickness (the geometrical area of the chip detached by the active cutting edges assembly of this kind of tools at one pass). In this paper it is proposed a model of the cutting schema made through Visual Basic Applications programming environment, for the creation of new constructive forms of the cutting tools that lead to an undeformed chip cross section adjustable to the machined wheel teeth number, in order to reduce the teething cutting force.

It is proposed a criterion for the undeformed chip cross section characterization, which allows the comparison of chip area value variation at modeling of the cylindrical

wheel generation. Based on the synthesis of the new calculations of the undeformed chip cross section and considering the teething process and the teeth number of the generated wheel, are presented constructive solutions for reconfigurable rack tools.

Keywords: Virtual Manufacturing, Reconfigurable tool, Rack-cutter

5. Teodor V., Epureanu A., Cuzmin C., ***Method for Identification of Geometric Feature Family Based on Genetic Algorithm and Neural Approach*** Proceedings of WSEAS EUROPEAN COMPUTING CONFERENCE, Athens, Greece, September 25-27, 2007 (indexata **ISI**)

Abstract: In the mechanical systems the dimensional, shape and position deviations of the components surfaces represent very important attributes in quality assessment. This is why the technical specifications include a large number of requirements regarding these attributes.

In present the verification of these requirements is based on measuring the coordinates of points belongs to the component surface. After the points coordinates are obtained the numerical model of surface is fitted.

Finally the numerical models are used to evaluate the actual dimensions of feature, to compare these dimensions with the model dimensions and to check the tolerances. Due of this cause emerges some uncertainty regarding the dimensions like distance between two planes which are not actual parallel.

This is why is needed the grouping in families of the component surfaces, the obtaining of points cloud coordinates for each surface and the family coherent model instead of individual modeling for each surface.

On the other hand, the quality junction between two assemblies components is given by the compatibility degree between surfaces belong to one piece and the conjugated surfaces belong to the other piece which form the junction.

In this paper are proposed two methods for geometric feature family identification (using genetic algorithm and using neural networks) for better evaluation of surfaces deviations.

Keywords: - genetic algorithm, neural network, surface identification

6. Dima, M., Oancea, N., Teodor, V., ***Cutting Scheme Modeling at Generation by Rack-gear Tool. Algorithms***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh.Asachi", Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p.85-90,2006, ISSN 1582-6392

Abstract : Based on the surfaces enwrapping theorems and on the teething kinematics, is showed a general methodology for cutting scheme modeling.

The methodology is based on the in-plane CAD modeling. The precision of the cutting scheme modeling is very good, allowing the elaboration of some cutting schemes which assure a desired law for the value of the modeled chip area. The methodology is applicable at teething of the involute teeth of cylindrical teething wheels and at the

generation of the non-involute profiles with large applicability in machining industry (sprocket, ratchet wheel, splines).

Key words: cutting scheme modeling, rack-gear tool

7. Dima, M., Teodor, V., Oancea, N., ***Cutting Scheme-Reconfiguration Criteria of the Rack-Gear Tool Reconfigurability. Solutions for Rack Gear Tool***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii deMasini, p. 97-104, ISSN 1582-6392

Abstract: Was elaborated specifically algorithms for cutting scheme modeling at the involute teethnig generation by rack-gear tool [8] and was determined dependencies between the simultaneous detached chip area value by tool's teeth, the teeth number of the teethed wheel to be generated and the reconfigurable tool's configuration.

In this paper, is showed, based on the cutting scheme modeling, tool's reconfigurability criteria, as goals at generation of teethed wheel with various involute teeth number.

Key words: cutting scheme, reconfiguration criteria, rack-gear tool

8. Marinescu V., Constantin I. C., Epureanu A., Teodor V., ***Graphical Programming of Programmable Logic Controllers. Case Study for a Punching Machine***, Publicată în revista Enformatika, vol. 15, ISBN 975-00803-4-3, ISSN 1305-5313, pag. 273-277, (indexata ISI)

Abstract: The Programmable Logic Controller (PLC) plays a vital role in automation and process control. Grafcet is used for representing the control logic, and traditional programming languages are used for describing the pure algorithms. Grafcet is used for dividing the process to be automated in elementary sequences that can be easily implemented. Each sequence represent a step that has associated actions programmed using textual or graphical languages after case. The programming task is simplified by using a set of subroutines that are used in several steps.

The paper presents an example of implementation for a punching machine for sheets and plates. The use the graphical languages the programming of a complex sequential process is a necessary solution. The state of Grafcet can be used for debugging and malfunction determination. The use of the method combined with a set of knowledge acquisition for process application reduces the downtime of the machine and improve the productivity.

Keywords: Grafcet, Petrinet, PLC, punching.

9. Oancea, N., Mihăluță, M., Teodor, V., ***Approximation of the Gear Cutter Profile Used in the Generation of Interior Polyform Surfaces***, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 40-44; (indexata BDI)

Abstract: They are known the profiling principles for gear cutter for the mortising of hub crossing profiles with hexagonal or square section. In this paper is proposed a new approximation methodology for polyformes gear cutter profiles which have a machining technology more simple, without need a numerical controlled machine.

Keywords: *polyform surfaces, gear cutter, profile approximation.*

10. Cuzmin C., Frumusanu G., Marin F.B., Paunoiu V., Cuzmin G., Epureanu A., ***Adaptive Dimensional Control System for Reconfigurable Machine-Tools.***, Vol. 1, Universitatea Tehnică a Moldovei, ISBN 978-9975-45-035-1, TCMR International Conference, Chisinau, 2007

Abstract: The paper is presenting a method for online identification of the dimensional dynamics to be used for dimensional control of reconfigurable machining systems. The dimensional control is a key action in order to achieve quality desired for finite product. As diminishing deviation is accompanied with high costs: deviation compensation seem to be a better control of the process.

11. Constantin I., Marinescu V., Epureanu A., Cuzmin C., Marin F. B., ***A modular manufacturing control system***, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 301-306

Abstract: This paper proposes a modular manufacturing system structure. The key concept is to modularize the machines, the auxiliary equipment and finally the plant. In architecture, each module had a set of configuration parameters used by the main module of each sub-structure. The multi processor structure allows the production facility to adapt itself to the production task.

12. Marin F. B., Constantin I. C., Marinescu V., Cuzmin C., Epureanu A., ***Development of reconfigurable software module for CNC machine tools***, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 265-269

Abstract: After reconfiguration process the new hardware architecture implies also software architecture changing. Reconfigurable machine tools performance is determined most by ramp-up-time. O important part of this is the time needed for software reconfiguration. This paper presents a reconfigurable interpreter, developed as new software approach, which provide a fast software reconfiguration to be operated by the user of the machine. The interpreter design methodology and corresponding software presented in the paper was developed at the "Dunarea de Jos" University – Galati. Results achieved confirmed the efficiency of this approach.

Keywords: reconfigurable machine tools, open-architecture, interpreter, condition instructions set

13. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian CUZMIN, ***The monitoring of a lathe using an artificial neural network- 5th part (recordings spectral analysis, use of ANN on monitoring of the tool wear***, SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May

Abstract: The study of machine-tool dynamic is realized here as “monitoring”, meaning checking and improving the functioning of the machine. The state of processing is followed by certain sensors whose signs are processed inside the computer and then it takes the decision of monitoring, meaning the identification of a class from the set of classes (process conditions). In this part of the paper there are presented recordings spectral analysis and use of ANN on monitoring of the tool wear.

Keywords: monitoring, lathe, spectral analysis, ANN

14. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian CUZMIN, ***The monitoring of a lathe using an artificial network – 6th part (statistics, monitoring, fuzzy C-means methos)***, SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May

Abstract: The study of machine-tool dynamic is realized here as “monitoring”, meaning checking and improving the functioning of the machine. The state of processing is followed by certain sensors whose signs are processed inside the computer and then it takes the decision of monitoring, meaning the identification of a class from the set of classes (process conditions). In this part of the paper there are presented statistics, monitoring and fuzzy c-means method.

Keywords: monitoring, lathe, ANN

15. Cuzmin, C., Cuzmin, G., Epureanu, Al., ***Internal Gear Cutting Generation with Toroidal Hob***, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare; (indexata ISI)

Abstract: Hobbing is a productive procedure for external gear processing, but is not commonly used with internal gears, this is mainly because there is no hob able of internal gear cutting by generation. The paper advances a construction principle of the toroidal hob intended for internal gear cutting by generation (not by copying), similarly with the external gears. The profile of toroidal hob teeth is an involute and materializes the profile of a virtual spur gear. The paper presents the construction of a relieving machine intended for the preparation of the toroidal hob. This achieves the profiling of the toroidal hob teeth by means of an imaginary reference rack, which flank are processed by means of an abrasive tool. Thus a hob is obtained which, by repeated sharpenings, don't alters its profile so as to materialize, without approximations, the flanks of an external virtual gear. In order to validate the construction principle of the toriodal hob and the generating principle of the hob using the relieving machine (also presented in the paper) virtual machining is resorted to. The profile of the internal gear, virtually machined in compliance with the principles advanced in the paper, is compared with its theoretical

profile. The differences between the two profiles were small and well within the calculation range implying that the generation principles are correct.

Keywords: Hob; Internal gear; Virtual machining

16. Epureanu, A., Teodor V., Cuzmin, C., ***Identificarea suprafețelor utilizând metoda “soluției de start”***, În: Număr tematic special al publicației Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, pag. 77, (indexata **BDI**);

Abstract: În aplicarea metodei „soluției de start” se pornește de la faptul că la generarea unei suprafețe vor apare abateri atât ca poziție cât și ca formă față de suprafața teoretică. Aceste abateri sunt dificil de stabilit cu mijloace obișnuite. În lucrare se propune căutarea exhaustivă a valorilor parametrilor modelului matematic într-un spațiu restrâns, în jurul unui set de valori cunoscut aprioric (soluția de start), valori care determină similitudinea optimă între model și elementul real.

Premisa de bază a acestei tehnici este *singularitatea extremelor* în spațiul de căutare. Putem afirma că această premisă este reală datorită spațiului restrâns în care se face căutarea, ceea ce face ca metoda să fie convergentă.

La aplicarea acestei metode este necesară culegerea unui „nor de puncte” cu ajutorul sistemului de fabricație reconfigurabil, care va fi utilizat în acest caz ca mașină de măsurat, după care se caută poziția și forma suprafeței teoretice care va aproxima în mod optim suprafața reală.

Pentru exemplificarea tehnicii de identificare, în prezenta lucrare, a fost simulată generarea unei suprafețe cilindrice, care prezintă abateri de poziție, dimensiuni și formă față de o suprafață cilindrică teoretică ce este cunoscută. Este evidențiată identitatea între rezultatele obținute și erorile induse inițial, ceea ce confirmă convergența și viabilitatea tehnicii utilizate.

Keywords: identificarea suprafețelor, soluția de start, căutare exhaustivă.

17. Epureanu, A., Teodor V., Cuzmin, C., ***Identificarea seturilor de suprafețe utilizând algoritmi genetici***, În: Număr tematic special al publicației Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, pag. 83, (indexata **BDI**);

Abstract: Dacă suprafețele ce urmează a fi identificate trebuie considerate în ansamblul lor, cum este cazul suprafețelor ce formează ajustaje, sau care trebuie să îndeplinească anumite condiții de formă și poziție pentru a se putea realiza asamblarea, așa cum se întâmplă în mod normal în procesele de manufacturare, nu este suficientă identificarea separată a formei și poziției fiecărei suprafețe, ci este nevoie ca acestea să fie privite ca un set de suprafețe.

Tehnica de identificare genetică, prezentată în această lucrare, permite analiza unui model complex, format din seturi de suprafețe care trebuie să respecte restricții referitoare la pozițiile relative ale suprafețelor respective. În acest caz funcția obiectiv este dată de ansamblul ecuațiilor suprafețelor și a ecuațiilor care modelează relațiile

reciproce dintre acestea.

Pentru identificarea suprafețelor a fost utilizată tehnica algoritmilor genetici, în mediul de calcul MATLAB, fiind imaginat și aplicat un model de calcul pentru determinarea parametrilor ecuațiilor ce descriu suprafețele de identificat. A fost analizat cazul unui triedru, ale cărui plane nu sunt reciproc perpendiculare.

Ca funcție obiectiv a fost utilizată valoarea sumei pătratului distanțelor punctelor față de planurile sistemului de referință. Prin algoritmul genetic utilizat s-a urmărit minimizarea funcției obiectiv, rezultând valorile parametrilor modelului matematic ce realizează aproximarea optimă a suprafețelor reale.

Sunt evidențiate rezultatele exacte obținute prin această metodă.

Keywords: identificarea suprafețelor, algoritmi genetici, seturi de suprafețe.

18. Epureanu, A., Teodor V., Cuzmin, C., **Identificarea armonică a geometriei unei mașini-unelte**, În: Număr tematic special al publicației Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, pag. 89, (indexata **BDI**);

Abstract: Se cunoaște faptul că deplasarea săniilor mașinilor-unelte are loc cu anumite erori, ce pot fi determinate. Deși mișcarea motorului de deplasare al săniei este uniformă, datorită erorilor din lanțul cinematic de deplasare, sania se va mișca neuniform, rezultând erori de poziționare.

Metoda de identificare armonică prezentată în această lucrare pornește de la determinarea erorilor de poziționare în diferite puncte ale traiectoriei săniilor, după care are lor modelarea erorilor prin dezvoltare în serii Fourier, fiind astfel posibilă calcularea mărimii erorii în orice punct al deplasării.

Mai mult, având în vedere că în timpul funcționării mașinii acesta este supusă unui gradient termic, ce va determina evoluția în timp a erorilor de poziție, a fost imaginată o metodă de modelare a coeficienților seriei Fourier (pe care am denumit-o modelare de ordinul doi). Astfel este posibilă modelarea erorilor cu un număr mai redus de coeficienți.

În lucrare este pus în evidență faptul că modelul obținut prin modelare armonică de ordinul doi este mult mai exact decât cel obținut prin modelare Fourier cu un număr redus de coeficienți.

Keywords: identificare armonică, modelarea erorii, modelare de ordinul doi.

Elaborare monografii

1. Epureanu A., Marinescu V., Oancea N., Banu M., Teodor V., Cuzmin C., Marin F.B., Constantin I., **Reconfigurable machining systems control**, Denbridge Press publishing house, SUA,(210 pagini), 2007, in curs de publicare.

Cuprins:

Cap1 Reconfigurable machining systems. Definitions. Structure. Core characteristics.

Cap2. Part surfaces generation

Cap.3 Modeling and identification of reconfigurable machining systems

- Cap 4 Control of surface roughness and physical properties
- Cap 5. Dimensional control
- Cap.6 Stability control
- Cap.7 Costs control
- Cap.8 Reconfigurable machining systems programming
- Cap.9 Optimal control algorithms
- Cap.10 Adaptive-intelligent control algorithm

Resume:

Responsiveness to dynamic market changes in cost-effective manner is becoming a key success factor for any manufacturing systems in today's global economy. Reconfigurable manufacturing systems (RMS) have been introduced to react quickly and effectively to such competitive market demands through modular and scalable design of manufacturing systems on the system level as well as the machine components' level.

One of the grand challenges identified in the Visionary Manufacturing Challenges for 2020 Report (VMC 2020) is to "reconfigure manufacturing enterprises rapidly in response to changing needs and opportunities". Reconfigurable manufacturing systems are a new class of manufacturing systems aiming at combining the high throughput of dedicated manufacturing lines with the flexibility of flexible manufacturing systems. An RMS can simultaneously manufacture a large variety of product types in unpredictable quantities while maintaining mass production efficiency.

Reconfigurable manufacturing systems aim at:
reducing lead time for launching new systems and reconfiguring existing systems rapid modification and quick integration of new technologies and/or new functions into existing systems basic process modules (hardware and software) that would be rearranged quickly and reliable.

Open architecture control (reconfigurable software) and modular machines (reconfigurable hardware) are key enabling technologies for RMS.

For manufacturing system to be readily reconfigurable, the systems must possess certain key characteristics including: 1) modularity of component design; 2) convertibility to allow quick changeover between modules; 3) integrability into existing systems; 4) diagnosability to identify quickly the sources of quality and reliability problems; 5) customization to match designed system capability and flexibility to application and 6) scalability to incrementally change capacity rapidly and economically. The need and rationale for RMS are arises from unpredictable market changes that are occurring with increased pace during the recent years. This changes include:

- increasing frequency introduction of new products;
- changes in parts for existing products;
- large fluctuations in product demand and mix;
- changes in government regulations (safety and environment) and changes in process technology.

Reconfigurable machining systems are radically new, self-adaptive machine structures with online self-optimisation based on mechatronic concepts. The knowledge-based intelligent modules can feature multi-layer control, sensing and

actuator structures with a high level of redundancy which guarantees a high level of reliability and allows optimal performance of a production system under different conditions.

In the book are presented tools and methods for an adaptive, mechatronic manufacturing system and components modelling, control, set-up and use, and applications of their usage in machines and production systems.

The book is expected to be useful for component manufacturers and OEMs (Original Equipment Manufacturers) for ensuring market take-up of the new technologies as well as experts from industry and academia interested on the book theme.

The book impact could be:

- i) developing of the new generation of machine tools helping instrument manufacturers and machine builders to stay ahead of the competition through;
- ii) reduction of time needed for reconfiguration and maintenance;
- iii) yielding a significant increase in productivity for small batch production and
- iv) a better process control allowing a considerable reduction in resources consumption (both energy and raw materials).

New generation of products helping European instrument manufacturers and machine builders to stay ahead of the competition. Reduction of time needed for reconfiguration and maintenance, yielding a significant increase in productivity for small batch production. Better process control allowing a considerable reduction in resources consumption (both energy and raw materials).

Brevetarea rezultatelor stiintifice

1. Epureanu A., Marinescu V., Ghita E., Oancea N., Teodor V., Banu M., ***Robot reconfigurabil de masurare*** - Dosar Nr. A 00627/06.09.2007
2. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Eugen G., Oancea N., ***Dispozitiv pentru realizarea arborilor poliformi cu aplicatie la masinile reconfigurabile***- Dosar Nr. A 00575/13.08.2007
3. Dima M., Epureanu A., Teodor V., Oancea N., ***Cutit roata pentru danturare***- Dosar Nr. A 00982/2006
4. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Oancea N., ***Cutit-pieptene pentru danturare***- Dosar Nr. A 00706/2.11.2006
5. Cuzmin C., Epureanu A., Banu M., Teodor V., Marinescu V., Marin F. B., ***Metoda si echipament de conducere dimensionala bazata pe monitorizarea campului termomecanic*** - Dosar Nr. A 00255/12.04.2007
6. Cuzmin C., Epureanu A., Cuzmin G., Banu M., Marinescu V., Oancea N., ***Freza-melc modul toroidala pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare si exterioare cu dinti drepti si inclinati*** - Dosar Nr. A 00254/12.04.2007
7. Cuzmin C., Epureanu A., Oancea N., Marinescu V., Banu M., ***Strung universal reconfigurabil*** - Dosar Nr. A 00577/13.08.2007
8. Epureanu A., Teodor V., Cuzmin C., ***Metodă și echipament pentru controlul adaptiv-armonic al sistemelor de fabricație reconfigurabile*** – în curs de brevetare
9. Epureanu A., Teodor V., Cuzmin C., ***Metodă și echipament pentru controlul adaptiv-topologic al sistemelor de fabricație reconfigurabile*** – în curs de brevetare

10. Epureanu A., Cuzmin C., Teodor V., **Metodă și echipament pentru controlul adaptiv-integrat al sistemelor de fabricație reconfigurabile** – în curs de brevetare
11. Epureanu A., Teodor V., Cuzmin C., **Metodă și echipament pentru controlul inteligent-bazat pe vecinătăți al sistemelor de fabricație reconfigurabile** – în curs de brevetare

Teze de doctorat

1. Mircea Dima, *Contributii la modelarea schemelor de aschiere la generarea suprafetelor asociate unor axoide in rulare cu aplicatii la sistemele reconfigurabile*, Teza de doctorat, finalizata.
2. Ana Maria Alamano, *Cercetari privind controlul adaptiv optimal al procesului de aschiere cu aplicatii la sistemele reconfigurabile de prelucrare*, Teza de doctorat, finalizata.
3. Marin Florin Bogdan, *Modelarea holonica a cinematicii sistemelor de prelucrare reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare
4. Valeriu Petrus, *Cercetari privind conducerea dimensionala a sistemelor tehnologice reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de finalizare.
5. Ionut Constantin, *Sistem adaptiv de conducere dimensionala cu aplicatii la masinile unelte reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare.

Realizare prototipuri

1. *Sistem adaptiv inteligent de control dimensional*, implementat la un strung frontal, cu urmatoarele caracteristici:
 - modelare, identificare si simulare on-line a dinamicii procesului de prelucrare;
 - identificarea on-line a cinematicii.

Propuneri de proiecte transmise la programe internationale

1. Proiectul european REHOLM, call identifier:FP7-NMP-2007-SMALL-1, intitulat *Development of robotic-smart machines for batch industrial production in open-ended and rapid changing real-market environments, with application in design of the next generation of machining systems*, Proposal No: CP-FP 213288-1, elaborat de Universitatea “Dunarea de Jos” Galati
2. Proiectul european INTELIDEF, call identifier:FP7-NMP-2007-SMALL-1, intitulat *Developing a new generation of metal forming systems characterized by intelligent control based on the online capturing of knowledge and its use in decision-making*, Proposal No: CP-FP 214578-1, elaborat de Universitatea “Dunarea de Jos” Galati si Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu.

Parteneriate nou create

1. Acord de parteneriat stabilit intre RIKEN Research Institute Tokio, Japonia, reprezentat de Dr. Akitake Makinouchi, Program Director, VCAD System Research Program, si Universitatea "Dunarea de Jos" din Galati, reprezentata de Prof. Dr. Ing. Nicoale Oancea, Directorul Centrului de Cercetari IT-CM, la data de 24 Mai 2007. Corespunzator acordului de parteneriat prima actiune va consta in desfasurarea unui doctorat in cotutela condus de Prof. Dr. Ing. Alexandru Epureanu si Prof. Dr. Akitake Makinouchi, doctorand cu frecventa Susac C. Florin, tema "Modelarea si conducerea sistemelor de turnare reconfigurabile", perioada de doctorat 2007-2010.

Agreement for International Joint Graduate School Program
between
RIKEN and UNIVERSITY OF GALATI "DUNAREA DE JOS"

RIKEN and UNIVERSITY OF GALATI "DUNAREA DE JOS" (hereinafter referred to as "UGAL"), being convinced that education and research collaboration between RIKEN and UGAL (hereinafter referred to as the "Parties") would both enrich the UGAL graduate course and effectively promote RIKEN research activities, hereby make the following Agreement (hereinafter referred to as the "Agreement").

Article 1: International Joint Graduate School Program

The Parties shall establish an International Joint Graduate School Program (hereinafter referred to as the "Program") to identify and foster talented young scientists capable of contributing to future research collaboration not only between RIKEN and UGAL, but also between Japan and Romania in the field of science and technology, as well as contributing to the advancement of science for the international society at large.

Article 2: Appointment of Visiting Professor/Associate Visiting Professor

2.1 UGAL, upon written recommendation of a candidate by RIKEN, shall appoint a RIKEN scientist as a UGAL Visiting Professor. If necessary, UGAL can appoint a RIKEN scientist as an Associate Visiting Professor.

2.2 The term of Visiting Professor and Associate Visiting Professor shall be for one year and renewable for the duration of the Agreement, unless either Party wishes to terminate the appointment earlier by written notice.

2.3 The Visiting Professor and Associate Visiting Professor may stay at UGAL relating to the Program during this Agreement.

2.4 The Visiting Professor and Associate Visiting Professor shall be subject to all UGAL Rules and Regulations for the duration of their stay at UGAL.

2.5 UGAL may invite the Visiting Professor or Associate Visiting Professor for a series of lectures or seminars to graduate students at UGAL during his/her visit to UGAL.

2.6 The Visiting Professor or Associate Visiting Professor shall be appointed as joint supervisor for the Program Student to the Ph.D program.

2.7 The application and selection procedure for the Ph.D program at UGAL shall be applicable in the selection of the Program Student. The Visiting Professor or Associate Visiting Professor shall participate in the selection process.

Article 3: Designated Academic Staff

3.1 UGAL shall appoint an academic staff of UGAL as a co-supervisor(s) (hereinafter referred to as the "Designated Academic Staff") to supervise the graduate student in his/her doctoral course who participates in this Program (hereinafter referred to as the "Program Student").

Each Party shall sign two copies of this Agreement, one of which shall be kept by RIKEN and the other one by UGAL.

For UGAL:



Viorel Minzu

Viorel Minzu

Date: 28.05.2007

For RIKEN:

Ryoji Noyori

Prof. Ryoji Noyori
President

Date: May 17, 2007

WITNESSED BY:

Nicoale Oancea

Prof. Dr. Eng. Nicoale Oancea
Director of the Research Center

Date: May 24, 2007

Akitake Makinouchi

Dr. Akitake Makinouchi
Program Director,
VCAD System Research Program

Date: May 21, 2007

Alexandru Epureanu

Prof. Dr. Eng. Alexandru Epureanu
Scientific Coordinator of
Manufacturing Science and
Engineering Research Center

Engineering Research Center

Realizare de produse software

Au fost concepute noi metode de identificare, pentru care s-a realizat un pachet de programe pentru identificarea geometrică și cinematică

Identificare geometrică:

Programe pascal

PLAN.PAS – determinarea coeficienților ecuației unui plan determinat prin 3 puncte;
COEF.PAS – determinarea coeficienților ecuației care fituiește un nor de puncte dintr-un plan;
EC-PL.PAS – determinarea ecuației unui nor de puncte aflate într-un plan;
FIT-2PL.PAS – fituirea a două plane;
FIT-TRI.PAS – fituirea unui triedru;
IDENTIF.PAS – identificarea ecuației unui cilindru pe baza punctelor de pe el;
ID_ELIPS.PAS – determinarea necilindricității unui nor de puncte;
ID_CON.PAS – determinarea conicității unui nor de puncte;

Programe MatLab

FITUIRE.M – fituirea unui triedru prin algoritmi genetici;
SUP_CONJ.M – identificarea suprafețelor prin rețele neuronale;
SUP_CONJ_C.M – identificarea corecțiilor prin rețele neuronale;

Identificare cinematică:

Programe MatLab

CREMALIERA.M – profilarea sculei cremalieră reconfigurabile;
FITUIRE-PL1.M – fituirea unui plan prin algoritmi genetici;
FOURIER.M – determinarea coeficienților seriei Fourier care aproximează un șir de date experimentale;
PLAN_NEURO.M – identificarea unui plan utilizând rețele neuronale;
GENERARE_CILINDRU.M – identificarea unui cilindru utilizând rețele neuronale;
GENERARE_PLAN.M - identificarea unui plan utilizând rețele neuronale;
GENERARE_GENERAL.M - identificarea unui ansamblu de suprafețe (cilindru+plan) utilizând rețele neuronale;

Programe Lisp

CREMALIERA.LSP – determinarea avansului variabil astfel încât să se asigure o anumită valoare a secțiunii așchii nedetașate.

Programe noi de formare continua

1. Curs postuniversitar de perfectionare intitulat "**Sisteme de prelucrare reconfigurabile- concepte de proiectare**", Centrul de Formare Continua si Transfer Tehnologic (CFCTT) al Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati.

Numarul total de ore: 56.

Structura cursului

Modulul 1: Sisteme tehnologice reconfigurabile

Modulul 2: Conceperea arhitecturii hardware si software a sistemelor reconfigurabile de fabricatie

Modulul 3: Conducerea sistemelor tehnologice reconfigurabile.

2. Curs postuniversitar de perfectionare intitulat **Utilizarea calculatorului in conducerea sistemelor tehnologice, cu aplicatii la sistemele reconfigurabile**, desfasurat la MITAL STEEL Galati, 56 ore, 16 credite, 34 cursanti, perioada 3.09-20.11.2007.

Dezvoltarea unor programe si cursuri noi de nivel universitar sau postuniversitar

1. Masterat francofon, in domeniul sistemelor eficiente de prelucrare a materialelor cu specializarea **Inginierie tehnologice asistee par ordinateur**, 1.5 ani, in colaborare cu Universitatea Paris 13.
2. Curs universitar, **Sisteme flexibile de fabricatie**, anul III, Roboti Industriali.
3. Curs universitar, **Modelarea sistemelor mecatronice**, anul III , Mecatronica.
4. Curs de master, **Optimizare cu algoritmi genetici**, anul II, Modelare numerica a sistemelor mecanice si tehnologice

Consultanta si asistenta tehnica

Intreprinderile care au beneficiat de consultanta:

1. S.C. CELPI S.A. Bucuresti,
2. S.C. Electromontaj Bucuresti,
3. S.C. EDIL-MECANICA S.A., Filipestii de Padure,
4. World Machinery Works S.A. Bacau.

Tehnologii noi realizate si implementate in industrie

1. **Tehnologie bazata pe ICT de conducere dimensionala**, implementata la masinile FICEP-20.36-NT, FICEP-16.34-NT, FICEP-803-PN, VERNET-PG-116 S de la S.C. CELPI S.A. Bucuresti.
2. **Tehnologie de conducere dimensionala adaptiva**, implementata la masinile FICEP-14.15 DCA (2 buc.), FICEP LPA 15, la S.C. EDIL-MECANICA S.A. de la Filipestii de Padure.
3. **Tehnologie de conducere dimensionala predictiva**, in curs de implementare, la masinile FICEP 14.15 DCA (2 buc.), FICEP 20.36 NT, VERNET-PG-137 S de la Electromontaj Bucuresti.

Efecte multiplicatoare

1. Căpățină, N., Mihăluță, M., Teodor, V., *The Profiling of the Abrasive Tools for the Continuous Sharpening of Hobbing Cutters with Shifted Teeth*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 102-104;
2. Căpățină, N., Mihăluță, M., Teodor, V., *Module Worm Cutter with Active Surfaces Generated by Continuous Sharpening*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2007, în curs de publicare;

6. Concluzii

Tehnicile de identificare imaginate și prezentate permit realizarea modelului matematic al sistemelor de fabricație reconfigurabile astfel încât erorile suprafeței reale obținute să fie reduse fără a crește excesiv costul sistemului.

Daca sistemul de manufacturare este reconfigurabil, atunci câmpul erorilor suprafeței virtuale *se modifica în urma reconfigurării*. Prin aplicarea tehnicilor de identificare on-line apare posibilitatea de a determina modelul câmpului erorilor și, astfel, de a acționa pentru reducerea acestor erori.

Tehnicile de identificare geometrică și cinematică a sistemului permit modelarea evoluției sistemului în timp, permițând astfel analiza predictivă a erorilor și stabilirea măsurilor necesare pentru minimizarea acestor erori.

În prezent, pentru diminuarea abaterilor dimensionale (*efectul*), se procedează la reducerea intensității procesului de manufacturare și la reducerea erorilor componentelor sistemului (*cauza*), ceea ce afectează dramatic economicitatea procesului. Prin aplicarea identificării on-line sistemului de manufacturare este posibilă păstrarea la nivel înalt a intensității procesului și compensarea erorilor. În acest fel eroarea este evitată, nu diminuată

Cercetările întreprinse în cadrul acestui proiect au permis evidențierea următoarelor aspecte:

a) Câmpurile de natura termo-mecanică ce se instalează în sistemele de manufacturare au unele particularități (cum ar fi *coerența*), care generează proprietăți specifice și tehnici de manipulare, de asemenea specifice. Acest lucru face posibilă utilizarea tehnicilor de identificare bazate pe coerența dinamicii.

c) Pentru procesarea semnalelor obținute de la senzori, în vederea folosirii acestora pentru identificarea sistemului de manufacturare, pot fost aplicate *tehnici specifice inteligenței artificiale* (rețele neuronale, algoritmi genetici).

d) Măsurarea, în afara sistemului de manufacturare, a obiectului prelucrat este un simplu act de constatare privind respectivul obiect; pentru controlul dimensional al acestuia este în plus necesară o intervenție, în scopul modificării respectivei stări, prin reluarea procesului de generare a obiectului, ceea ce determină timp și costuri suplimentare importante. Prin utilizarea tehnicilor de identificare on-line este posibilă creșterea preciziei de prelucrare de până la 5 ori, fără mărirea semnificativă a timpului și costurilor de prelucrare.

e) Cu excepția tehnicii bazate pe modele ARMA, celelalte tehnici pot fi considerate ca satisfăcătoare în caz general, fiecare tehnică demonstrând performanță în anumite cazuri concrete. De aceea este utilă folosirea tuturor tehnicilor dezvoltate în această lucrare, dar este necesară găsirea domeniului de performanță pentru fiecare în parte;

f) În cazul mașinilor-unelte reconfigurabile, aplicarea acestor tehnici conduce la o reducere deosebit de importantă a valorii medii a erorii;

g) Cum mașinile reconfigurabile sunt modulare, trebuie ca în conceperea modulelor ce le compun să se ia în considerare necesitatea unei rigidități înalte a joncțiunilor dintre module;

h) Pentru aplicarea tehnicilor dezvoltate în cadrul lucrării este necesar ca, prin reducerea frecării în toate îmbinările mobile, să se reducă până la nivelul unui singur increment cantitatea de mișcare ce poate fi furnizată cu certitudine fiecărui organ mobil. Nu este exclusă nici utilizarea unor sisteme piezoelectrice în compensarea erorilor prognozate, mai ales atunci când acestea au valori foarte mici;

i) Rezultatele obținute în modelarea, identificarea și simularea dinamicii trebuie integrate cu cele care vor fi obținute în perioada următoare în ceea ce privește validarea experimentală a tehnicii de identificare on-line a geometriei și cinematicii, întrucât erorile care afectează suprafețele prelucrate sunt consecința acțiunii simultane a unui număr relativ mare de factori, atât dinamici cât și cinematici sau de natură geometrică.

7. Bibliografie

[1] Damodarasamy, S., Anand, A., *Evaluation of minimum zone for flatness by normal plane method and simplex search*, IIE Transactions, 1999, pag. 617-626;

[2] Segonds, S., Landon, Y., Mousseigne, M., Lagarrigue, P., *The characterisation of the dimensional change of the Z-axis in NC turning*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2004, 23, pag. 800-805;

[3] Tucker, T., Kurfess, T., *Newton methods for parametric surface registration. Part I. Theory*, 2002, Elsevier Science, Computer-Aided Design, 35, pag. 107-114;

[4] Yadong, L., Peihua, G., *Free-form surface inspection techniques state of the art review*, 2004, Elsevier Science, Computer-Aided Design, 36, pag. 1395-1417;

- [5] Zhu, L.M., Xiong, Z.H., Ding, H., Xiong, Y.L., *A Distance Function Based Approach for Localization and Profile Error Evaluation of Complex Surface*, 2004, Journal of Manufacturing Science and Engineering, vol. 126, pag. 542-554;
- [6] Zhu, L.M., Ding, H., *Application of kinematic geometry to computational metrology: distance function based hierarchical algorithms for cylindricity evaluation*, 2002, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 43, pag. 203-215.
- [7] Capello, E., Semeraro, Q., *Harmonic Fitting Approach for Plane Geometry Measurements*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2000, 16, pag. 250-258;
- [8] Peng, Y., *Intelligent condition monitoring using fuzzy inductive learning*, Journal of Intelligent Manufacturing, 2004, 15, pag. 373-380;
- [9] Khoo, L. P., Tor, S. B., Zhai, L. Y., *A Rough-Set-Based Approach for Classification and Rule Induction*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1999, 15, pag. 438-444;
- [10] Kusiak, A., *A Data Mining Approach for Generation of Control Signatures*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2002, vol. 124, pag. 923-926;
- [11] Tseng, T. L., Kwon, Y., Ertekin, Y. M., *Feature-based rule induction in machining operation using rough set theory for quality assurance*, Elsevier Science, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2005, 21, pag. 559-567;
- [12] Sadoyan, H., Zakarian, A., Mohanty, P., *Data mining algorithm for manufacturing process control*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, DOI 10.1007/s00170-004-2367-1;
- [13] Zhong, N., Dong, J., *Using Rough Sets with Heuristics for Feature Selection*, Journal of Intelligent Information Systems, 2001, 16, pag. 199-214;
- [14] Hou, T. H., Huang, C. C., *Application of fuzzy logic and variable precision rough set approach in a remote monitoring manufacturing process for diagnosis rule induction*, Journal of Intelligent Manufacturing, 2004, 15, pag. 395-408;
- [15] Papadimitriou, S., Brockwell, A., Faloutsos, C., *Adaptive, unsupervised stream mining*, 2004, The VLDB Journal, 13, pag. 222-239;
- [16] Sebzalli, Y. M., Wang, X. Z., *Knowledge discovery from process operational data using PCA and fuzzy clustering*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2001, 14, pag. 607-616;
- [17] Ullah, A. M. S., Harib, K. H., *Manufacturing process performance prediction by integrating crisp and granular information*, Journal of Intelligent Manufacturing, 2005, 16, pag. 317-330;
- [18] Le Letty, R., Sosnicki, O., Barillot, F., Claeysse, F., *Actuators in Adaptronics: Piezoelectric Actuators*, II ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials, 2005, Portugal;
- [19] Khoo, L.P., Chen, C.H., *Integration of Response Surface Methodology with Genetic Algorithms*, International Journal of Advanced Technology, 2001, 18, pag. 483-489;
- [20] Li, X., Venuvinod, P.K., Djorjevich, A., Liu, Z., *Predicting Machining Errors in Turning Using Hybrid Learning*, International Journal of Advanced Technology, 2001, 18, pag. 863-872;
- [21] van Luttervelt, C.A., Peng, J., *Symbiosis of Modelling and Sensing to Improve the Accuracy of Workpieces in Small Machining Operations*, International Journal of

- Advanced Technology, 1999, 15, pag. 699-710;
- [22] Wu, Q., Bell, D., McGinnity, M., *Multiknowledge for Decision making*, Knowledge and Information Systems, 2005, 7, pag. 246-266;
- [23] Fung, E.H.K., Yang, S.M., *A New Method for Roundness Control in Taper Turning Using FCC Techniques*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2001, vol. 123, pag. 567-575;
- [24] Barcenas, C.C., Griffin, P.M., *Geometric tolerance verification using superquadrics*, IIE Transactions, 2001, 33, pag. 1109-1120;
- [25] Erkorkmaz, K., Altintas, Y., *Quintic Spline Interpolation with Minimal Feed Fluctuation*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2005, vol. 127, pag. 339-349;
- [26] Esat, I.I., Bahai, I.I., *Surface alignment based on the moment of inertia and improved least-squares method*, Proceedings of Institute of Mechanical Engineers, 2000, vol. 214, Part B;
- [27] Romano, D., Vicario, G., *Inspecting geometric tolerances: uncertainty analysis in position tolerances control on Coordinate Measuring Machines*, Statistical Methods & Applications, 2002, 11, pag. 83-94;
- [28] Ko, T.J., Park, J.W., Kim, H.S., Kim, S.H., *On-machine measurement using a noncontact sensor based on a CAD model*, International Journal of Advanced Technology, 2006, DOI 10.1007/s00170-005-0383-4;
- [29] Zhu, X., Ding, H., Wang, M., *Form Error Evaluation: An Iterative Reweighted Least Squares Algorithm*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2004, vol. 126, pag. 535-541;
- [30] Lu, C.G., Morton, D., Wu, M.H., Myler, P., *Genetic Algorithm Modelling and Solution of Inspection Path Planning on a Coordinate Measuring Machine (CMM)*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1999, 15, mpag. 409-416;
- [31] Jiang, B.C., Chiu, S.D., *Form tolerance-based measurement points determination with CMM*, Journal of Intelligent Manufacturing, 2002, 13, pag. 101-108;
- [32] Gass, S.I., *Fitting Circles and Spheres to Coordinate Measuring Machine Data*, The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 1998, 10, pag. 5-25;
- [33] Warnecke, G., Kluge, R., *Control of tolerances in turning by predictive control with neural networks*, Journal of Intelligent Manufacturing, 1998, 9, pag. 281-287;
- [34] Zhou, Y., Han, A., Yan, S., Chen, X., *A fast method for online closed-loop system identification*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, DOI 10.1007/s00170-005-0168-9;
- [35] Pfeifer, T., Benz, M., Engelmann, B., Hafner, P., *High precision ultrasonic on-machine measurement*, Elsevier, Measurement, 2006, 39, pag. 407-414;
- [36] Pahk, H.J., Lee, S.W., *Thermal Error Measurement and Real Time Compensation System for the CNC Machine Tools Incorporating the Spindle Thermal Error and the Feed Axis Thermal Error*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2002, 20, pag. 487-497;
- [37] El Ouafi, A., Guillot, M., Bedrouni, A., *Accuracy enhancement of multi-axis CNC machines through on-line neurocompensation*, Journal of Intelligent Manufacturing, 2000, 11, pag. 535-545;
- [38] Hekman, K.A., Liang, S.Y., *Compliance Feedback Control for Part*

Parallelism in Grinding, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1999, 15, pag. 64-69;

[39] Wang, Z., Gao, Y., Qin, P., *Detection of Gross Measurement Errors Using the Grey System Method*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2002, 19, pag. 801-804;

[40] Dong, C., Zhang, C., Wang, B., Zhang, G., *Prediction and Compensation of Dynamic Errors for Coordinate Measuring Machines*, Journal of Manufacturing and Engineering, 2002, vol. 124, 509-514;

[41] Ramesh, R., Mannan, M.A., Poo, A.N., *Support Vector Machines Model for Classification of Thermal Error in Machine Tools*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2002, 20, pag. 114-120;

[42] Tseng, P.C., Ho, J.L., *A Study of High-Precision CNC Lathe Thermal Errors and Compensation*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2002, 19, pag. 850-858;

[43] Choudhury, S.K., Jain, V.K., Krishna, S.R., *On-Line Monitoring of Tool Wear and Control of Dimensional Inaccuracy in turning*, Transactions of ASME, 2001, vol 123, pag. 10-12;

[44] Li, X., *Real-Time Prediction of Workpiece Errors for a CNC Turning Centre, Part 4. Cutting-Force-Induced Errors*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2001, 17, pag. 665-669;

[45] Hsu, K.S., Her, M.G., Cheng, M.Y., *Analysis and experiments of iterative learning-control system with uncertain dynamics*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, 25, pag. 1119-1129;

[46] Tarng, Y.S., Chuang, H.Y., Hsu, W.T., *An Optimisation Approach to the Contour Error Control of CNC Machine Tools Using Genetic Algorithms*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1997, 13, pag. 359-366;

[47] Niu, X., Zhu, L., Ding, H., *New statistical moments for the detection of the defects in rolling element bearings*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, 26, pag. 1268-1274;

[48] Kusiak, A., *Rough Set Theory: A Data Mining Tool for Semiconductor Manufacturing*, IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing, 2001, vol. 24, pag. 44-50;

[49] Tarng, Y.S., Kao, J.Y., Lin, Y.S., *Identification of and Compensation for Backlash on the Contouring Accuracy of CNC Machining Centres*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1997, 13, pag. 77-85;

[50] Yin, J., Li, D., Peng, Y., *Knowledge acquisition from metal forming simulation*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, DOI 10.1007/s00170-005-2521-4;

[51] Liu, H.S., Tarng, Y.S., *Monitoring of the Electrical Discharge Machining Process by Abductive Networks*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1997, 13, pag. 264-270;

[52] Gosavi, A., Phatakwal, S., *A Finite-Differences Derivative-Descent Approach for Estimating Form Error in Precision-Manufactured Parts*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2006, vol. 128, pag. 355-359;

[53] Liu, Z.Q., *Methodology of Parametric Programming for Error Compensation on CNC Centres*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2001,

17, pag. 570-574;

[54] 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, 2005, DOI 10.1007/s00170-004-2389-8;

[55] Ahn, K.G., Cho, D.W., *In-Process Modelling and Estimation of Thermally Induced Errors of a Machine Tool During Cutting*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1999, 15, pag. 299-304;

[56] Huang, M.C., Tai, C.C., *The Pre-Processing of Data Points for Curve Fitting in Reverse Engineering*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2000, 16, pag. 635-642;

[57] Tseng, H.Y., *A genetic algorithm for assessing flatness in automated manufacturing systems*, Journal of Intelligent Manufacturing, 2006, 17, pag. 301-306;

[58] Lin, Y., Shen, Y., *Modelling of Five-Axis Machine Tool Metrology Models Using the Matrix Summation Approach*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2003, 21, pag. 243-248;

[59] Liang, S.Y., Hecker, R.L., Landers, R.G., *Machining Process Monitoring and Control: The State-of-the-Art*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2004, vol. 126, pag. 297-310;

[60] Baek, J.G., Kim, C.O., Kim, S.S., *Online learning of the cause-and-effect knowledge of a manufacturing process*, Int. J. Prod. Res., 2002, vol. 40, no. 14, pag. 3275-3290;

[61] Yang, H., Ni, J., *Dynamic Modeling for Machine Tool Thermal Error Compensation*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2003, vol. 125, pag. 245-254;

[62] Ku, L.L., Huang, T.C., *Sequential monitoring of manufacturing processes: an application of grey forecasting models*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 27, pag. 543-546;

[63] Katz, R., Yook, J., Koren, Y., *Control of a Non-Orthogonal Reconfigurable Machine Tool*, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 2004, vol. 126, pag. 397-405;

[64] *Method and apparatus for preparation of spherical hob for generation of gear*, United States Patent no. 4,309,926;

[65] *Spherical hob for generating gears*, United States Patent no. 4,174,914;

[66] *Position control method and apparatus for a closed loop type numerically controlled machine*, United States Patent no. 5,021,941;

[67] *Method and apparatus for adaptive control*, United States Patent no. 5,687,077;

[68] *Method and system for adaptive control of turning operations*, United States Patent no. 6,476,575;

[69] *System for correcting positional error in numerical control devices*, United States Patent no. 4,514,813;

8. Anexe – Lista rezultatelor obținute în urma acțiunilor desfășurate în proiect

8.1 Cercetări științifice întreprinse



On-Line Geometrical Identification of.pdf



On-line Geometrical identification of Reconfigurable Machine Tool.pdf



Method for on-line Identification of Machine Tool Geometry.pdf



IJAMT1382.pdf



Method for Identification of geometric Feature Family Based on Genetic Algorithm and Neural Approach.pdf

19. Dima, M., Oancea, N., Teodor, V., ***Cutting Scheme Modeling at Generation by Rack-gear Tool. Algorithms***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh.Asachi", Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p.85-90,2006, ISSN 1582-6392

20. Dima, M., Teodor, V., Oancea, N., ***Cutting Scheme-Reconfiguration Criteria of the Rack-Gear Tool Reconfigurability. Solutions for Rack Gear Tool***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii deMasini, p. 97-104, ISSN 1582-6392



Graphical Programming.pdf



L08 - Annale UDJG 2006 Fascicula V.pdf



D:\Virgil\Raport 2007'
23_2007\Lucrari rapo



G:\
Raport_CEEEX_2007\2



G:\
Raport_CEEEX_2007\2



D:\Virgil\Raport 2007'
23_2007\Lucrari rapo



D:\Virgil\Raport 2007'
23_2007\Lucrari rapo



D:\Virgil\Raport 2007'
23_2007\Lucrari rapo

21. Identificarea suprafețelor utilizând metoda „soluției de start”, În: Numar tematic special al publicatiei Analele Universitatii “Dunarea de Jos” din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**);
22. Identificarea seturilor de suprafețe utilizând algoritmi genetici, În: Numar tematic special al publicatiei Analele Universitatii “Dunarea de Jos” din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**);
23. Identificarea armonică a geometriei unei mașini-unelte, În: Numar tematic special al publicatiei Analele Universitatii “Dunarea de Jos” din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).

Robot de masurare reconfigurabil

Rezumat

Prezenta inventie se refera la un nou robot de masurare a dimensiunilor obiectelor. Se cunosc masinile de masurat in coordonate, fixe sau portabile, care presupun explorarea succesiva a suprafetei folosind un palpator cu cap sferic, si calculul, pe baza rezultatelor obtinute prin explorare, a deviatilor de forma, dimensiune si pozitie relativa ale suprafetei.

Actualele constructii de masini portabile de masurat au urmatoarele dezavantaje:

- in majoritatea aplicatiilor de masurare numarul de elemente ce compun structura respectivei masini de masurat este mult mai mare decat minimul necesar ; in consecinta, atat eroarea de masurare, cat si efortul de operare sunt mai mari;
- calibrarea este sofisticata, imprecisa si cere mult timp;
- eroare de masurare este de aproximativ de 10 ori mai mare decat eroarea de repetabilitate din cauza faptului ca modelul matematic al robotului nu exprima cu suficienta precizie comportarea acestuia in cursul functionarii.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui robot de masurare care sa asigure un proces de masurare mai precis, cu mai putin efort din partea operatorului si mai bine adecvat formei si dimensiunilor obiectului de masurat.

Prezenta inventie elimina dezavantajele de mai sus prin aceea ca: a) pentru a corela configuratia robotului de masurare, cu forma si dimensiunile obiectului masurat, acesta are o structura variabila care se obtine prin cuplarea dupa necesitati, a mai multor elemente de forme si dimensiuni adecvate, astfel incat sa se obtina un sistem articulata, avand doua sau mai multe extremitati, in fiecare articulatie aflandu-se un traductor care masoara unghiul de rotatie a respectivei articulatii si la fiecare extremitate aflandu-se un element adecvat pentru a asigura contactul cu obiectul sau cu suportul acestuia; b) in timpul explorarii suprafetei de masurat, se recunosc automat elementele geometrice masurate, care pot fi de tip punct, linie dreapta, cerc, plan, sfera, cilindru, con, se determina automat caracterul acestora de suprafata interioara sau exterioara, compensandu-se automat raza palpatorului folosit pentru explorarea suprafetei si c) pentru a reduce erorile de masurare, procesul de calibrare al robotului este integrat cu procesul de masurare, ceea ce permite ca, periodic, in cursul masurarii unei anumite suprafete ale piesei, sa se obtina, la comanda operatorului, atat modelul matematic al suprafetei explorate, cat si o forma actualizata a modelului matematic al robotului, forma care sa tina cont de evolutiile aparute in ceea ce priveste valorile parametrilor modelului matematic al robotului.

Robot de masurare reconfigurabil

Prezenta inventie se refera la o noua constructie de robot destinat masurarii dimensiunilor obiectelor.

Se cunosc masinile de masurat in coordonate, fixe sau portabile, care presupun explorarea succesiva a suprafetei de masurat, folosind un palpator cu cap sferic, si calculul, pe baza rezultatelor obtinute prin explorare, a deviatiilor de forma, dimensiune si pozitie relativa ale suprafetei. Atat masinile fixe cat si cele portabile sunt compuse dintr-un numar fix de elemente, cuplate prin intermediul unor elemente de conectare, care se pot roti sau transla unul fata de altul. In fiecare element de conectare exista un traductor, care masoara distanta sau unghiul dintre cele doua elemente conectate. La unul dintre capete se afla palpatorul, care exploreaza suprafata de masurat, iar celalalt capat este fixat pe acelasi suport ca si obiectul. Numarul de elemente de cuplare trebuie sa fie destul de mare, pentru ca palpatorul sa poata explora suprafetele de interes, ale acelui obiect aflat in campul de lucru al masinii care are cea mai complicata forma si cea mai mare dimensiune.

Prin intermediul calibrarii – proces care se desfasoara separat fata de procesul de masurare si care consta in explorarea unor obiecte de referinta – se estimeaza parametrii modelului matematic al masinii de masurat. Acest model permite calculul coordonatelor centrului sferic al palpatorului, functie de valorile distantelor si unghiurilor masurate de traductoare.

Pentru masurarea unei suprafete, operatorul trebuie mai intai sa stabileasca numarul de puncte care vor fi explorate pe respectiva suprafata si sa introduca in sistem, in mod explicit si independent, urmatoarele informatii: tipul suprafetei de masurat, (de exemplu cilindrica, plana, conica, etc.), caracterul acesteia (interioara sau exterioara) si caracteristicile geometrice ale palpatorului. Apoi, trebuie sa exploreze suprafata dupa un algoritm impus (de exemplu, in cazul unei suprafete cilindrice, primele trei puncte trebuie sa se afle pe un arc de cerc de cel putin 120 de grade, iar urmatoarele 3 puncte trebuie sa se afle pe un alt arc de cerc deasemenea de 120 de grade). Dupa ce operatorul a explorat numarul de puncte stabilit, trebuie sa dea comanda de evaluare a caracteristicilor geometrice ale suprafetei explorate (de exemplu diametrul suprafetei cilindrice sau deviatia acestuia in raport cu valoarea nominala).

Actualele constructii de masini portabile de masurat au urmatoarele dezavantaje:

- in majoritatea cazurilor de masurare, numarul de elemente ce compun structura respectivei masini de masurat este mult mai mare decat minimul necesar; in consecinta, eroarea de masurare este mai mare iar utilizarea de catre operator al masinii este mai dificila;
- calibrarea este sofisticata, imprecisa si cere mult timp;
- eroare de masurare este de aproximativ de 10 ori mai mare decat eroarea de repetabilitate, ceea ce inseamna ca nu se utilizeaza in intregime performantele de precizie ale traductoarelor din elementele de cuplare.

- pentru a pune in practica procedura de masurare a unei dimensiuni, operatorul trebuie sa intreprinda un numar mare de actiuni care face ca procesul de masurare sa fie complicat si sa necesite mult timp.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui robot de masurare, care, fiind mai bine adecvat formei si dimensiunilor obiectului de masurat. sa asigure un proces de masurare mai precis si cu mai putin efort din partea operatorului.

Prezenta inventie elimina dezavantajele de mai sus prin aceea ca: a) pentru a corela configuratia robotului de masurare, cu forma si dimensiunile obiectului masurat, acesta are o structura variabila, care se obtine prin cuplarea dupa necesitati a mai multor elemente, astfel incat sa se obtina un sistem articulată, avand doua sau mai multe extremitati, in fiecare articulatie aflandu-se un traductor, care masoara unghiul de rotatie al respectivei articulatii, si la fiecare extremitate aflandu-se un element adecvat, pentru a asigura contactul cu obiectul sau cu suportul acestuia; b) in timpul explorarii suprafetei de masurat, se recunosc automat elementele geometrice masurate, care pot fi de tip punct, linie dreapta, cerc, plan, sfera, cilindru, con, se determina automat caracterul acestora, de suprafata interioara sau exterioara, compensandu-se automat raza palpatorului folosit pentru explorarea suprafetei si c) pentru a reduce erorile de masurare, procesul de calibrare al robotului este integrat cu procesul de masurare, ceea ce permite ca, periodic, in cursul masurarii unei anumite suprafete a piesei, sa se obtina, la comanda operatorului, atat modelul matematic al suprafetei explorate, cat si o forma actualizata a modelului matematic al robotului, forma care sa tina cont de evolutiile aparute in ceea ce priveste valorile parametrilor modelului matematic al robotului.

In continuare se da un exemplu de aplicare a inventiei in legatura cu urmatoarele figuri:

figura 1 – tipuri de elemente utilizate pentru configurarea robotului de masurare;

figura 2- robot de masurare asamblat: 1 – elementul de palpare, 2- articulatie transversala, 3- articulatie axiala, 4- element intermediar, 5 - articulatie transversala, 6 - element de palpare ;

figura 3 - robotul de masurare reconfigurabil in actiune;

figura 4 - traiectoria palpatorului robotului in cursul unui ciclu de identificare automata a geometriei;

figura 5 - schema prototipului robotului de masurare reconfigurabil;

figura 6 - prototipul robotului de masurare reconfigurabil.

Robotul de masurare se configureaza prin cuplarea mecanica si electrica a unor elemente, selectate dintr-un grup de elemente existente, care contine 4 tipuri de elemente (figura 1): elemente de palpare, elemente intermediare de forme variate care sa permita adecvarea arhitecturii robotului la forma geometrica a piesei ori a subansamblului masurat, elemente de tip articulatie si elemente de fixare a robotului, la care se adauga o unitate centrala de procesare a datelor. Elementele de tip articulatie contin traductoare, care

masoara unghiul dintre cele doua parti ale articulatiei si transmit informatia la unitatea centrala de procesare a datelor. Utilizand un numar minim de elemente, adecvate ca forma, se poate configura un robot de masurare a carui structura sa permita explorarea suprafetelor obiectului ce trebuie masurat, precum si manevrarea usoara a acestuia. Pentru exemplificare in figura 2 se prezinta un robot, la configurarea caruia au fost folosite sase elemente (1,2,3..6) si care are trei grade de libertate (I,II,III).

La configurare, criteriile de selectie a elementelor sunt in esenta urmatoarele:

- dimensiunile, forma si dispunerea suprafetelor ce trebuie masurate, pentru ca, in functie de toate acestea, sunt selectate dimensiunile si forma elementelor intermediare;
- nivelul de accesibilitate necesar, care sta la baza deciziei privind numarul de articulatii;
- precizia de masurare, care sta la baza selectarii nivelului de precizie a articulatiilor;
- numarul total de elemente, care trebuie sa fie minimizat, pentru a reduce numarul surselor de eroare.

Calibrarea robotului de masurare reconfigurabil consta in determinarea parametrilor modelului matematic al acestuia. Datele de intrare in modelul matematic al robotului vor fi valorile unghiurilor masurate din articulatii, iar datele de iesire vor fi pozitia relativa a sistemelor de referinta S1 si S2, solidare cu palpatorul, respectiv elementul 6 din figura 2.

Parametrii modelului matematic al robotului sunt caracteristicile geometrice ale elementelor componente si pozitiile traductoarelor din articulatii (offset-urile).

Potrivit prezentei inventii, calibrarea poate fi:

- totala, daca se determina toti parametrii modelului matematic al sistemului, sau partiala, daca se determina numai o parte a parametrilor;
- globala, daca valorile determinate ale parametrilor modelului matematic al robotului se considera valide pentru tot spatiul de lucru al acestuia, sau locala, daca validitatea acestor valori se limiteaza la o anumita zona din acest spatiu;
- permanenta si automata sau ocazionala si neautomata, adica: a) permanenta si automata daca, utilizand elementele geometrice care sunt identificate in timpul masurarii obiectului, robotul selectioneaza automat, datele necesare pentru calibrare, le organizeaza in formatul necesar, le completeaza cu alte date necesare la intrarea in algoritmul de calibrare, si initiaza automat derularea acestui algoritm, urmata de actualizarea valorilor parametrilor modelului matematic al robotului sau b) ocazional si neautomat, daca completarea grupului de date necesare in algoritmul de calibrare se face explorand manual suprafetele piesei etalon folosita pentru calibrare.

Potrivit inventiei, identificarea geometriei piesei este automata, adica, pentru fiecare element geometric masurat, se recunoaste structura modelului matematic, caracterul interior sau exterior al suprafetei si se determina automat valorile parametrilor modelului acesteia, fara nici o comanda din

partea operatorului, si fara nici o restrictie privind succesiunea punctelor explorate.

Identificarea automata a geometriei piesei presupune parcurgerea a una sau mai multor secvente, fiecare secventa constand in urmatoarele actiuni:

- se atinge cu palpatorul robotului suprafata de masurat a obiectului (segmentul A1-A'-A);
- se comanda initierea ciclului de evaluare (punctul A1); cu datele corespunzatoare a acestei pozitii a palpatorului are loc prima rulare a ciclului de evaluare;
- se misca palpatorul pe suprafata obiectului (segmentul A-B al traiectoriei); in cursul miscarii, ciclul de evaluare se deruleaza de mai multe ori; nu exista nici o restrictie in ceea ce priveste forma traiectoriei palpatorului pe suprafata obiectului;
- se comanda momentul cand se intrerupe ciclul de evaluare (punctul B);
- se departeaza palpatorul de suprafata obiectului, segmentul (B-B'-B1) al traiectoriei palpatorului.

Ciclul de evaluare are urmatoarele etape:

- se asociaza punctul curent in care se afla palpatorul cu grupul de puncte anterior recoltate de pe suprafata de masurat si se determina tipul elementului geometric;
- se stabileste structura modelului matematic al elementului si se evalueaza parametrii acestuia;
- se evalueaza dimensiunile caracteristice ale elementului geometric modelat;
- se transmite operatorului urmatoarele informatii: tipul elementului geometric, caracterul elementului geometric, dimensiunile elementului geometric, deviatiile acestor dimensiuni in raport cu valorile nominale si gradul de incredere in informatiile obtinute pana in acel moment. Avand aceste informatii, operatorul decide daca va continua sau nu procesul de identificare.

Pentru a stabili structura modelului matematic al suprafetei si a evalua parametrii acestuia, se vor derula etapele urmatoare:

- se determina coeficientii ecuatiei unei suprafete generale de ordinul doi, pentru care suma patratelor valorilor functiei in punctele masurate ale elementului geometric de identificat este minima;
- se testeaza relatiile dintre coeficientii ecuatiei suprafetei generale, stabilindu-se tipul suprafetei particulare care va da si forma modelului matematic al elementului identificat;
- se stabilesc coeficientii ecuatiei suprafetei particulare (cilindru de exemplu) pentru care suma patratelor distantelor de la punctele aflate pe suprafata reala la suprafata descrisa de modelul matematic este minima;
- utilizand punctele care apartin traiectoriei de aterizare (A1-A'-A) si traiectoriei de decolare (B-B'-B1) a palpatorului, se stabileste caracterul elementului geometric (de exemplu, cilindru interior).

Robotul de masurare reconfigurabil, potrivit inventiei, are urmatoarele avantaje:

- precizia de masurare este mai inalta decat la constructiile existente, din cauza ca numarul de articulatii este minim iar calibrarea este mai frecventa, ceea ce face ca modelul matematic al robotului sa tina permanent seama de evolutia elementelor componente ale robotului (de exemplu dilatarea lor termica);
- robotul are o structura mai adecvata formei si dimensiunilor obiectului de masurat, ceea ce face ca masurarea sa fie mai usoara si mai sigura;
- robotul necesita un efort de operare mai redus, intrucat pentru a masura o suprafata i se cer operatorului mult mai putine informatii initiale.

Prototipul construit pentru a pune in practica prezenta inventie are 3 articulatii transversale si 3 articulatii axiale, precum si un numar mare de elemente de palpare, elemente intermediare si elemente de fixare. O schema de configurare a robotului este prezentata in figura 5 iar robotul astfel configurat este prezentat in figura 6. Testarea preciziei prototipului robotului la masurarea diametrelor unor suprafete cilindrice a evidentiat un nivel al erorii de masurare cuprins intre 0,01 si 0,05 mm.

Revendicari

1) Robot de masurare reconfigurabil, caracterizat prin aceea ca, pentru a corela configuratia robotului de masurare cu forma si dimensiunile obiectului masurat, robotul are o structura variabila, care consta in cuplarea dupa necesitati a mai multor elemente intermediare, adecvate ca forma si dimensiune, astfel incat sa se obtina un sistem articulata avand doua sau mai multe extremitati, in fiecare articulatie aflandu-se un traductor, care masoara unghiul de rotatie a respectivei articulatii si in fiecare extremitate aflandu-se un element adecvat, pentru a asigura contactul cu obiectul sau cu suportul obiectului.

2) Robot de masurare reconfigurabil, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca, in timpul explorarii suprafetei de masurat, se recunosc automat elementele geometrice de tip punct, linie dreapta, cerc, plan, sfera, cilindru si con.

3) Robot de masurare reconfigurabil, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca, simultan cu masurarea obiectului are loc si calibrarea robotului, prin identificarea simultana, atat a parametrilor modelului matematic al obiectului, cat si a parametrilor modelului matematic al robotului.

4) Robot de masurare reconfigurabil, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca, diametrul bilei palpatorului se compenseaza automat, prin analiza pozitiei in raport cu suprafata masurata a punctelor aflate pe segmentul de aterizare si pe segmentul de decolare a palpatorului, pe si de pe suprafata explorata de acesta.

Figuri

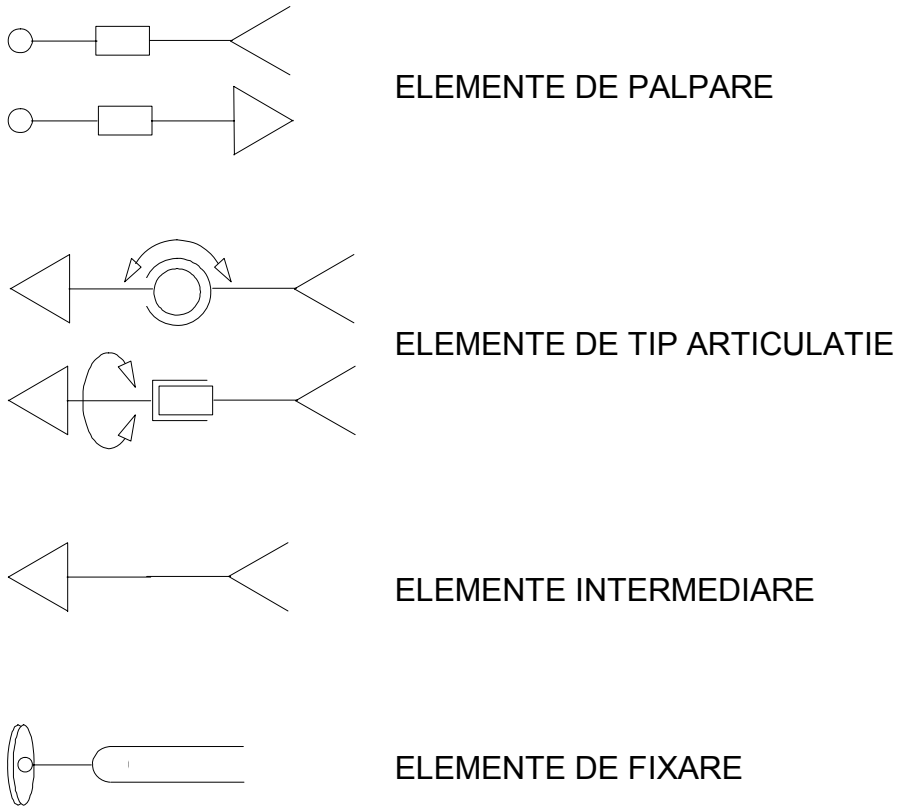


Fig. 1

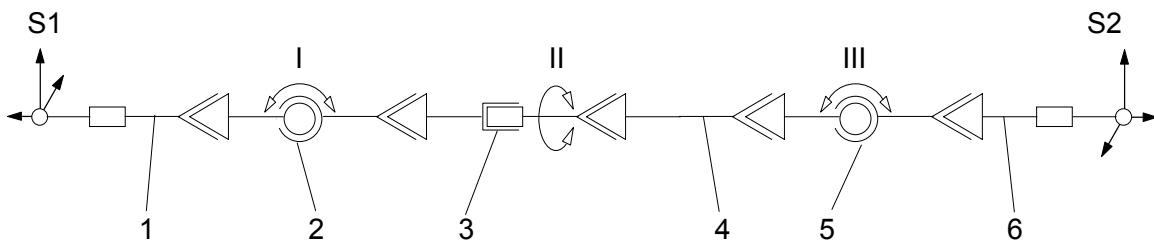


Fig. 2

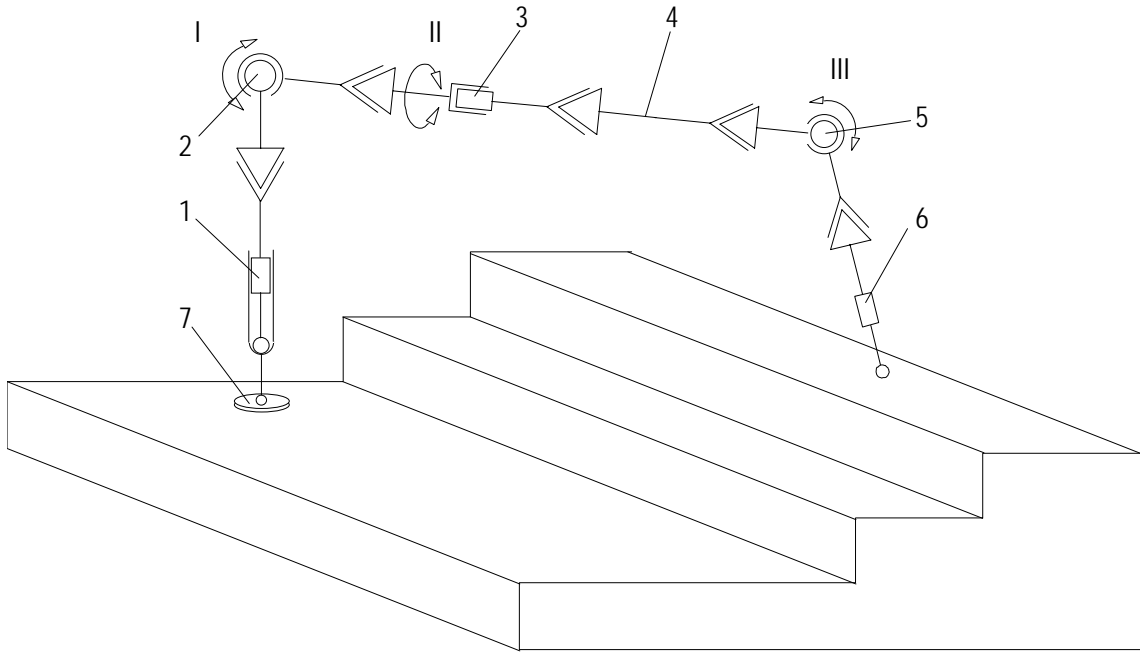


Fig. 3

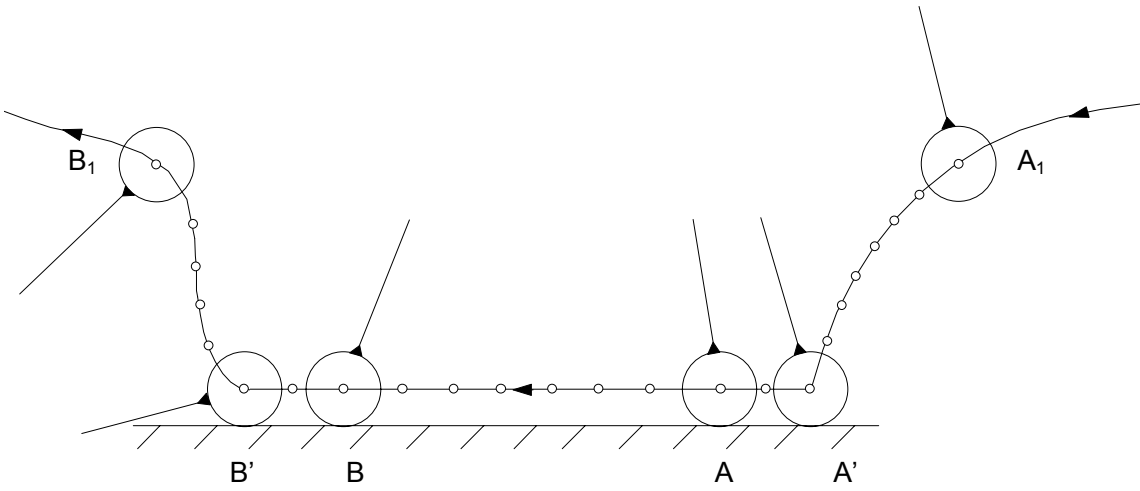


Fig. 4

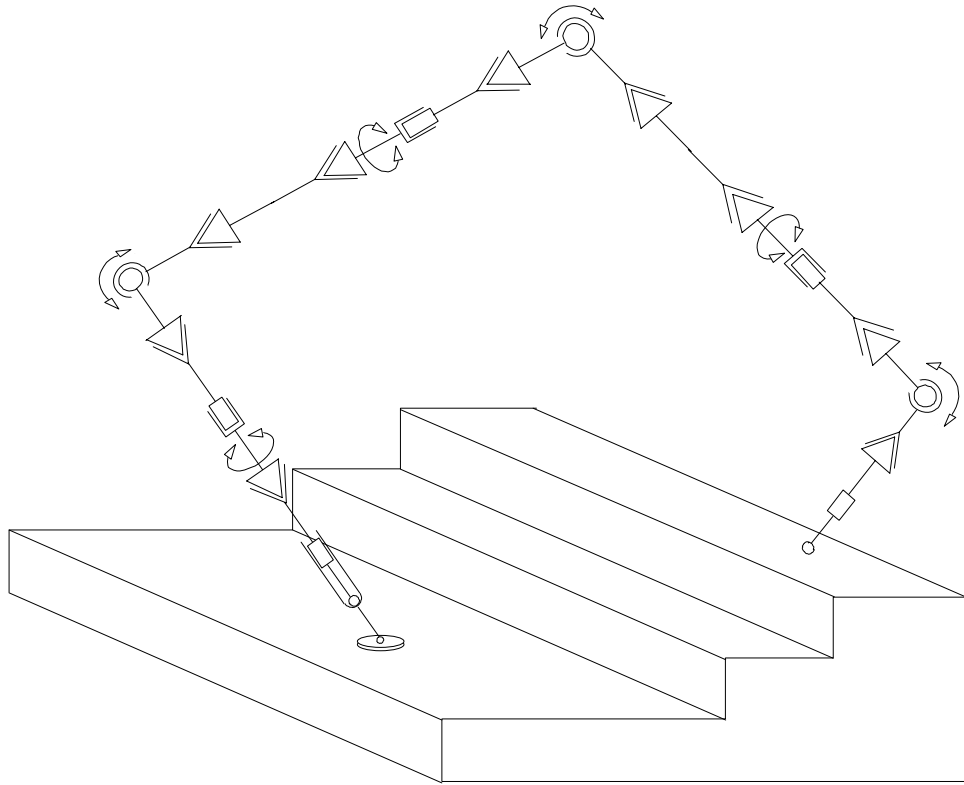
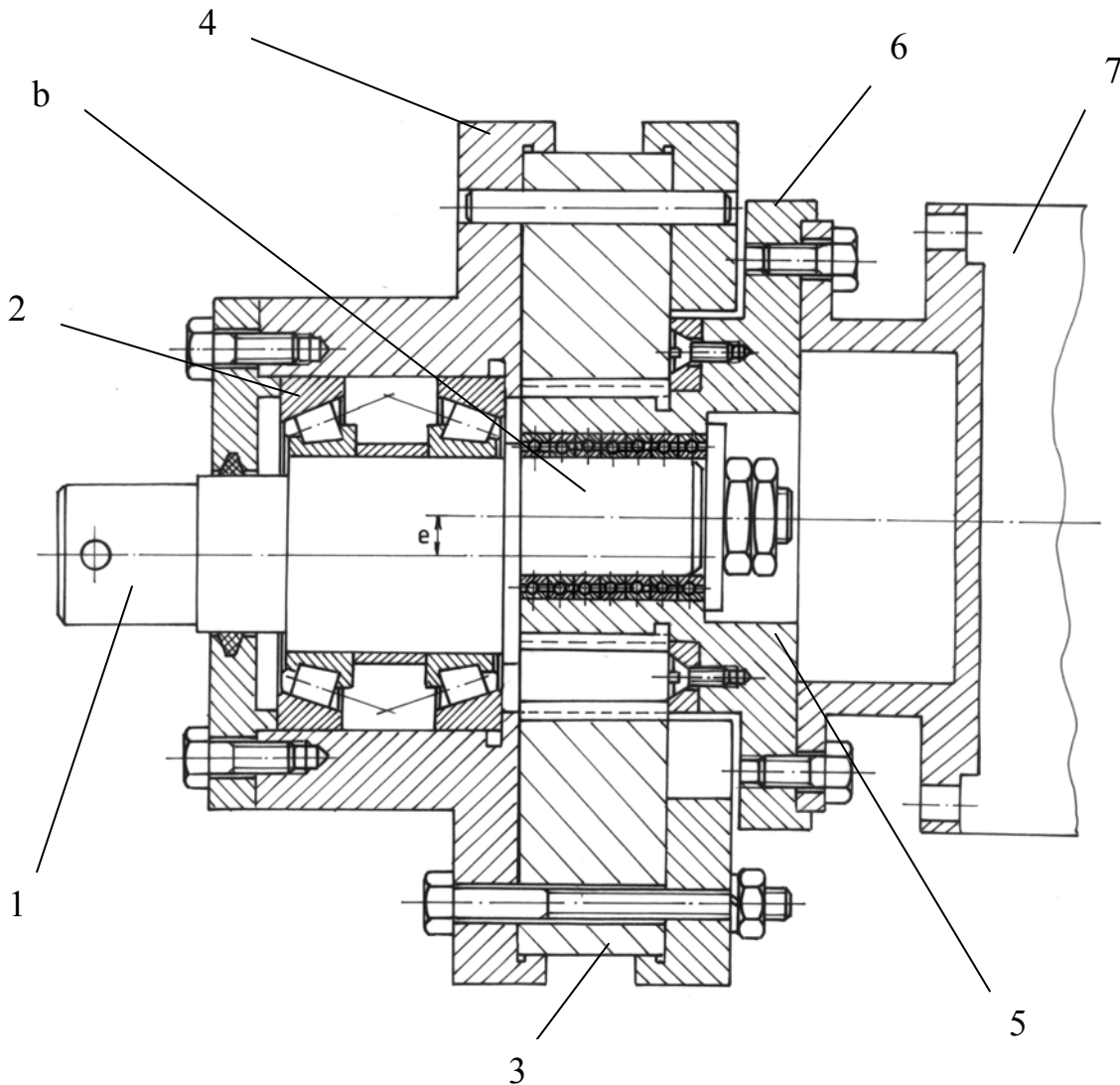


Fig. 5

Dispozitiv pentru rectificarea arborilor poliformi Rezumat

Dispozitivul, conform invenției, este format dintr-un corp asamblat 4 și un arbore de antrenare 1, montat pe un lagăr 2, și prevăzut cu o suprafață excentrică b , care antrenează în mișcare de rotație un pinion satelit 5, care angrenează cu dantura unei coroane 3, fixată în corpul 4, pinionul 5 fiind solidar cu o flanșă intermediară 6 pe care se montează o mandrină 7 care prinde și centrează un semifabricatul, întregul ansamblu fiind fixat pe ghidajele mesei mașinii de rectificat.



Dispozitiv pentru rectificarea arborilor poliformi

Invenția se referă la un dispozitiv pentru rectificarea pe mașini de rectificat rotund a arborilor poliformi.

Sunt cunoscute mașini – unelte de rectificat specializate pentru prelucrarea arborilor poliformi precum mașinile Krause și Polygon Fortuna care prezintă construcții complexe, cu viteze variabile de rotație a semifabricatelor. De asemenea, sunt cunoscute mașini – unelte de rectificat cu comandă numerică la care discurile abrazive profilate execută mișcări de generare controlate numeric, în raport cu semifabricatul.

Dezavantajele acestor construcții constau în aceea că mașinile – unelte specializate constituie construcții complicate, cu exploatare și întreținere costisitoare, în condițiile în care nu se poate asigura, totuși, un grad înalt de universalitate.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în diversificarea posibilităților tehnologice ale mașinilor – unelte de rectificat rotund prin crearea unui echipament ce permite prelucrarea suprafețelor poliforme exterioare pe astfel de mașini.

Dispozitivul, conform invenției, elimină dezavantajele, mai sus menționate, prin aceea că, în scopul simplificării constructiv funcționale a echipamentelor tehnologice pentru generarea suprafețelor poliforme și a lărgirii posibilităților tehnologice ale mașinilor de rectificat rotund, semifabricatul pe care se generează o suprafață poliformă, prins într-o mandrină autocentrantă este antrenat într-o mișcare planetară, printr-un lanț cinematic simplu, cu un raport de transmitere determinat de numărul de laturi ale suprafeței poliforme, în raport cu suprafața periferică a discului abraziv generator; întregul sistem este poziționat pe ghidajele mesei mașinii de rectificat rotund; corpul abraziv utilizat este corpul abraziv cilindric utilizat în mod curent pe mașinile de rectificat rotund.

Se prezintă, în continuare, un exemplu de aplicare a invenției, în legătură cu figurile 1 ... 3:

- figura 1, schema cinematică a echipamentului pentru rectificarea arborilor poliformi;

- figura 2, poziții relative ale suprafeței cilindrice a corpului abraziv față de semifabricat;

- figura 3, secțiune axială prin dispozitivul de antrenare a semifabricatului, în mișcarea planetară față de corpul abraziv al mașinii.

Dispozitivul, conform invenției, este format dintr-un corp asamblat 4 și un arbore de antrenare 1, montat pe un lagăr 2, și prevăzut cu o suprafață excentrică b, care antrenează în mișcare de rotație un pinion satelit 5, care angrenează cu dantura unei coroane 3, fixată în corpul 4, pinionul 5 fiind solidar cu o flanșă intermediară 6 pe care se montează o mandrină 7 care prinde și centrează un semifabricat 8, întregul ansamblu fiind fixat pe ghidajele mesei mașinii de rectificat. Corpul abraziv al mașinii de rectificat d, în mișcarea relativă a semifabricatului 8 față de acesta, generează suprafața poliformă a semifabricatului 8.

Dispozitivul, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- este o construcție simplă și robustă;
- utilizează pentru acționarea arborelui de antrenare a sistemului de acționare a semifabricatului existent în componența mașinilor de rectificat rotund;
- forma profilului generat nu este influențat de variații mici ale diametrului discului abraziv, rezultate ca urmare a reascuțirii acestuia.

Revendicare

Dispozitiv pentru rectificarea arborilor poliformi caracterizat prin aceea că, în scopul generării unor suprafețe poliforme pe mașini de rectificat rotund, este constituit dintr-un corp asamblat (4) în care este fixată o coroană cu dantură interioară (3) față de care se mișcă un pinion satelit (5), antrenat în mișcare de rotație de un arbore (1) prevăzut cu o suprafață excentrică (b), pinionul satelit fiind solidar cu o flanșă intermediară (6) pe care se montează o mandrină care fixează și centrează semifabricatul de prelucrat, în mișcarea planetară față de suprafața periferică cilindrică a corpului abraziv al mașinii de rectificat.

Referințe bibliografice

[1] Ghiță, E., *Teoria și tehnologia suprafețelor poliforme*, Editura Bren, București, 2000.

[2] Gödeckev, P., Meichel, O., *Apparatus for machining a polygon profile a workpiece*, Brevet USA, nr. 4358945, 3 sept. 1985.

[3] Musyl, R., *Die Polygon-Verbindungen und ihre Nebenberechnung*, Konstruktion im Maschinen-Apparate-und Gerätebau, heft 6, pag. 213-218, 1962.

[4] Szabó, O., *Finishing of polygon surface regarding profiling honing of bores*, VIII th International Conference on Tool, University of Miskolc, pag. 343-348, 1993.

[5] Kel Poly, catalog de firmă.

[6] Prospect Fortuna, catalog de firmă.

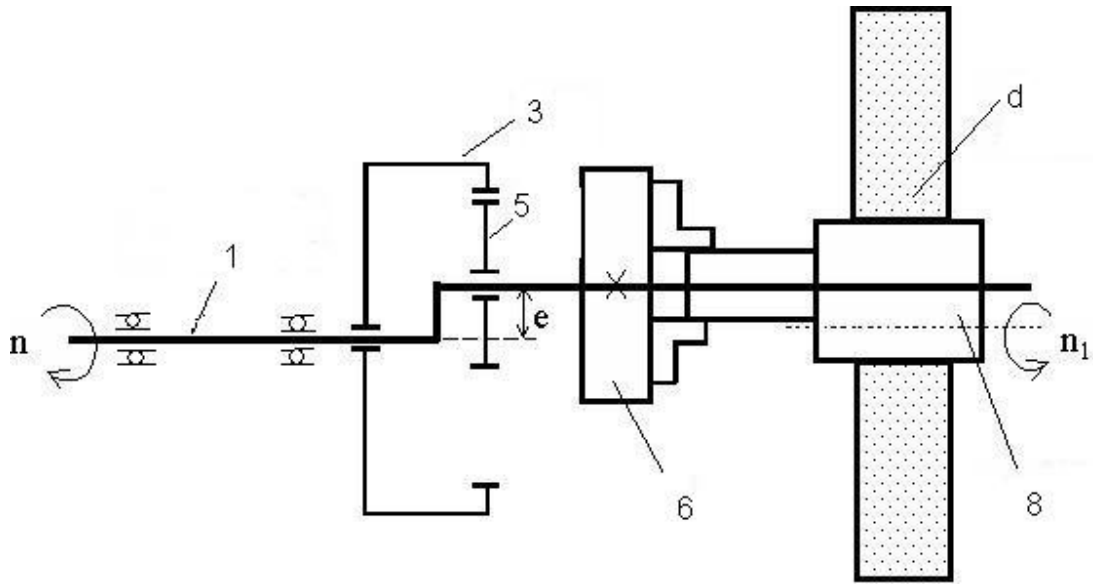


Fig. 1

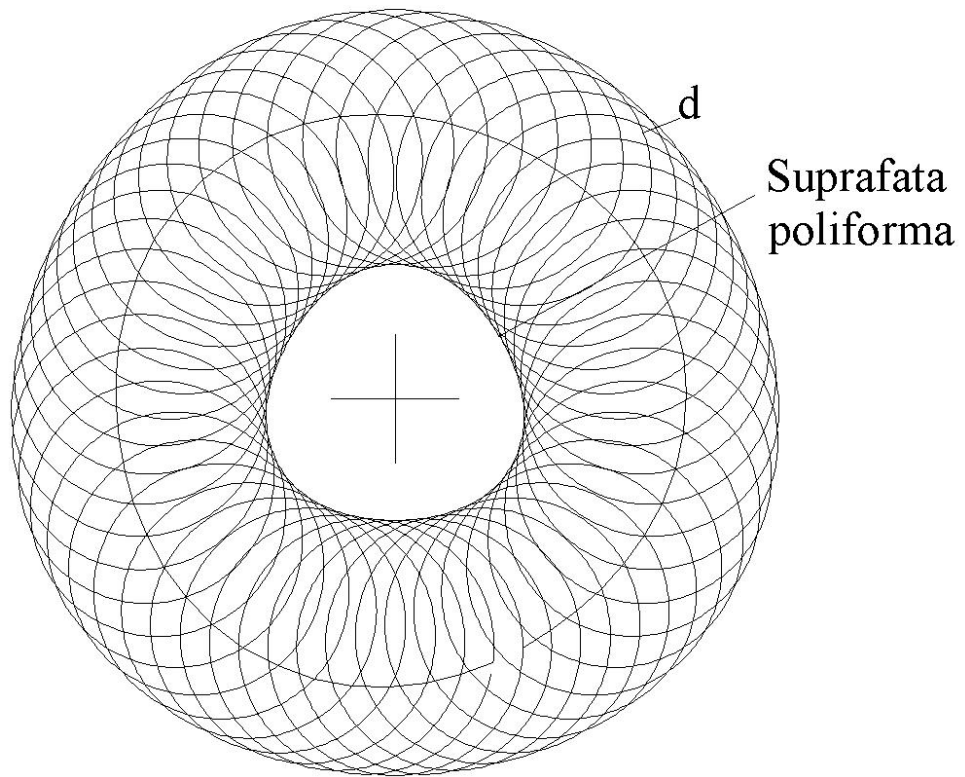


Fig. 2

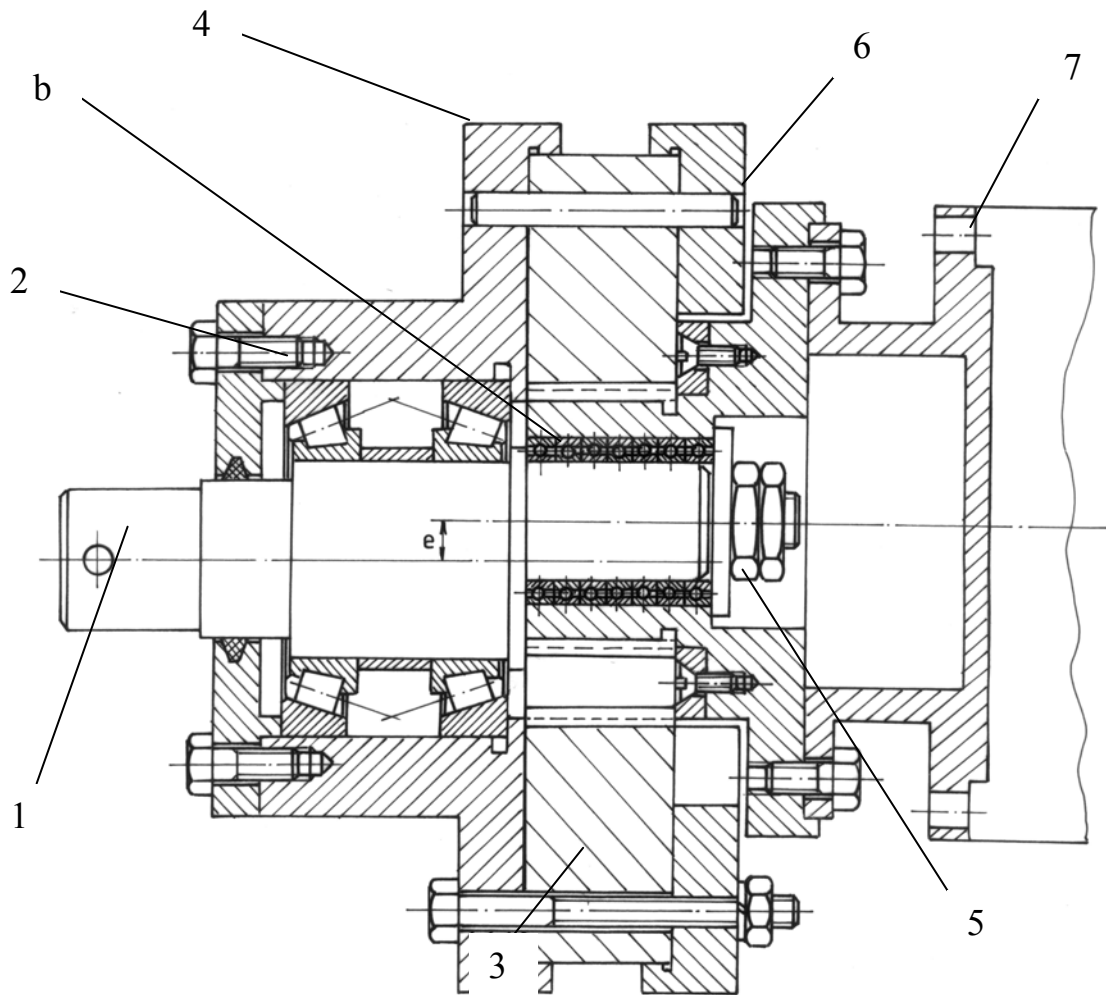


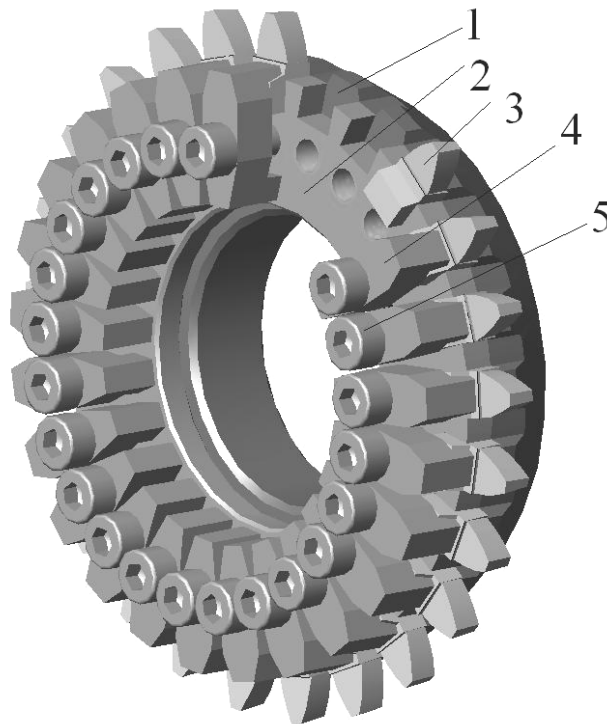
Fig. 3

Cuțit-roată pentru danturare

Rezumat

Invenția se referă la un cuțit-roată pentru danturarea roților dințate evolventice. Cuțitul-roată cu dinți amovibili, conform invenției, se compune dintr-un corp 1, pe care se montează un inel de ghidare 2, poziționat față de corp cu știfturi de centrare. În fiecare locaș, riguros prelucrat în inelul de ghidare, se montează câte un dinte așchietor 3 fixat pe corp de brida 4 strânsă cu șurubul 5. Suprafața înclinată a bridei asigură sprijinirea cuțitului pe suprafața locașului din inel și pe față frontală a corpului cuțitului-roată, realizând o prindere rigidă a dinților față de corp.

Cuțitul-roată, conform invenției, în scopul diminuării mărimii forței principale de așchiere la danturare și creșterii durabilității totale a sculei are dinți tăietori cu față frontală activă evolventică, scurtați radial după o lege prestabilită prin modelarea numerică a procesului de danturare.



Cuțit-roată pentru danturare

Prezenta invenție se referă la un cuțit-roată cu dinți drepți pentru danturarea roților dințate prin mortezare.

Sunt cunoscute cuțite-roată monobloc, cu dinți drepți și profil evolventic, la care dimensiunile dinților în secțiunea de referință sunt determinate de modulul roții de danturat.

Dezavantajele acestor cuțite-roată constau în aceea că sunt scule destinate unei familii de roți dințate de același modul, care lucrează după o schemă de așchiere neoptimizată, care conduce la o mare neuniformitate a mărimii forței principale de așchiere la danturare; de asemenea uzura sau distrugerea accidentală a unui dinte compromise utilizarea sculei, micșorând durabilitatea totală a cuțitului-roată. Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în diminuarea mărimii forței de așchiere la danturare prin realizarea unui cuțit-roată cu dinți amovibili și geometrie modificată.

Cuțitul-roată, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că, în scopul diminuării mărimii forței principale de așchiere la danturare și creșterii durabilității totale a sculei are dinți tăietori individuali și amovibili, cu față frontală activă evolventică, scurtați radial după o lege prestabilită prin modelarea numerică a procesului de danturare, și montați rigid pe un corp comun în poziții corespunzătoare pasului circular al danturii.

Cuțitul-roată conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- asigură o lege de variație a mărimii ariei așchierii detașate care permite o reducere a mărimii maxime a forței principale de așchiere;
- posibilitatea schimbării individuale a dinților uzați sau distruși accidental;
- construcția asigură o utilizare rațională a oțelurilor de scule, din care se realizează numai dinții amovibili ai sculei;
- pe același corp al sculei se pot monta seturi de dinți cu geometrie frontală diferită, realizându-se astfel un cuțit-roată cu geometrie reconfigurabilă;

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile de la 1 la 5, care prezintă:

Fig. 1-secțiune axială a ansamblului cuțitului roată;

Fig. 2-vedere 3D a elementelor componente ale cuțitului-roată;

Fig. 3-vedere 3D asamblată a elementelor cuțitului-roată;

Fig. 4-profilul frontal al dinților;

Fig. 5-legi de variație a mărimii ariei așchii detașate determinată prin modelarea numerică a procesului de danturare.

Cuțitul-roată, conform invenției, se compune dintr-un corp 1, pe care se montează un inel de ghidare 2, poziționat față de corp cu știfturi de centrare 6. În fiecare locaș *a* al inelului de ghidare se montează câte un dinte așchietor 3 fixat pe corp de brida 4 strânsă cu șurubul 5. Suprafața înclinată *b* a bridei asigură sprijinirea cuțitului pe suprafața *c* a locașului din inel și pe față frontală *d* a corpului cuțitului-roată, realizând o prindere rigidă a dinților față de corp. Acest ansamblu format din corp și dinți amovibili este supus operațiilor de prelucrare, în vederea profilării muchiilor generatoare *g* ale dinților, în mod identic cu un cuțit-roată monobloc.

Cuțitul-roată, în stare asamblată, se montează pe arborele port-sculă al mașinii de mortezat roți dințate, prin intermediul alezajului cilindric prevăzut în corpul 1, reglându-se distanța între axa arborelui port-sculă și axa roții dințate în funcție de tipul danturii (interioară sau exterioară) și de modificarea prestabilită prin modelare numerică a înălțimii dinților sculei, în funcție de modulul danturii roții prelucrate. Se reglează mișcarea de divizare (rotația piesei) și mișcarea de avans circular. Noua construcție permite dublarea valorii mișcării avansului circular (de la 0,4 mm/c.d la 0,8 mm/c.d. pentru o sculă cu 25 de dinți de modul 4 mm, care prelucrează o roată dințată cu 40 de dinți) rezultând o dublare a productivității operației de danturare.

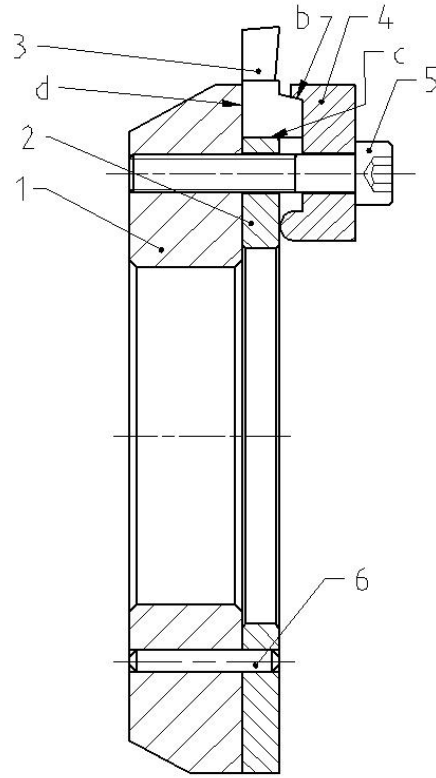


Fig. 1

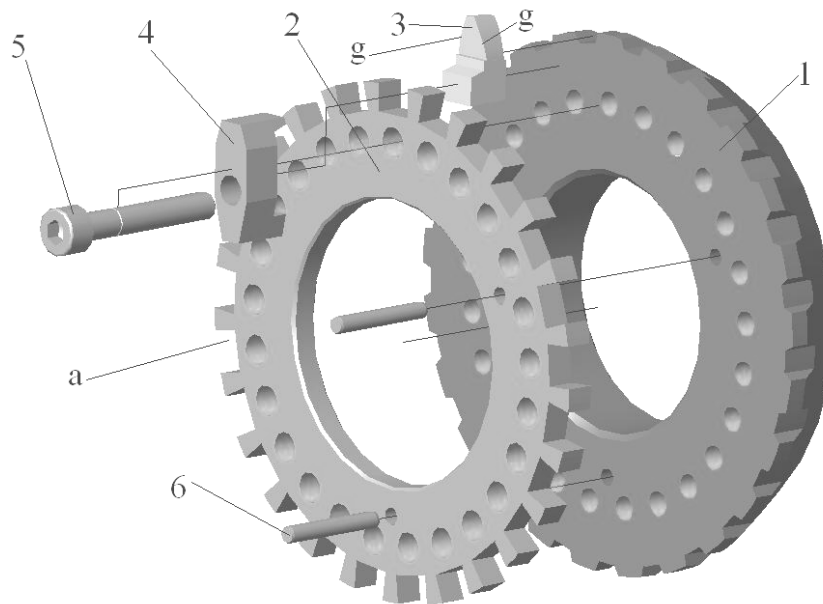


Fig. 2

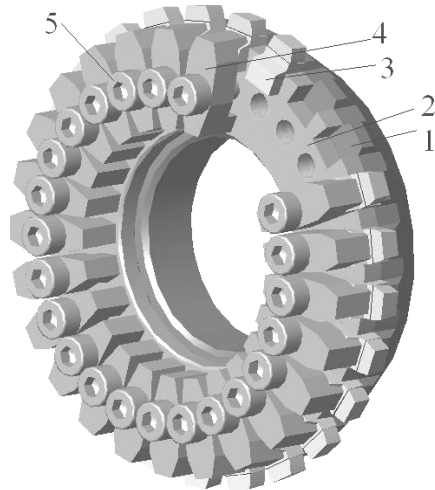


Fig. 3

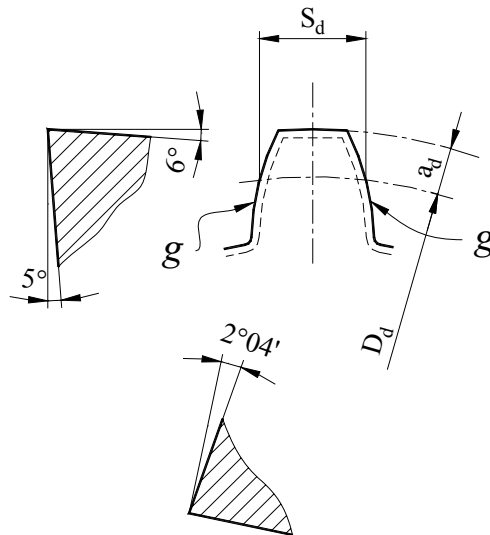


Fig. 4

Legenda

— Scula monobloc, nr. de dinti=39, inaltime dinte=2,25 m

— Scula conform inventiei, nr. de dinti=39, inaltime dinte=10,5 m

Piesa, nr. de dinti=100, modulul=4.

A - aria aschiei detasate [mm²]

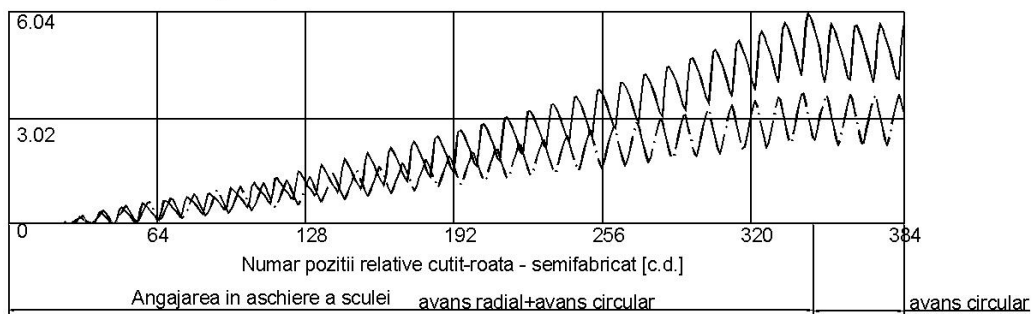


Fig. 5

Referințe bibliografice

1. Belous, V., Mihailide, M., Plahteanu, B., Croitoru, C., Severincu, M., Dumitraș, C., *Sistemul ROMASCON de scule așchietoare cu ascuțire continuă - detalonate după arc de cerc*, Editura PERFORMANTICA, 1999, ISBN 973-98997-7-3.
2. Minciu, C., *Proiectarea și tehnologia sculelor pentru danturare*, Editura Tehnică București, 1995.

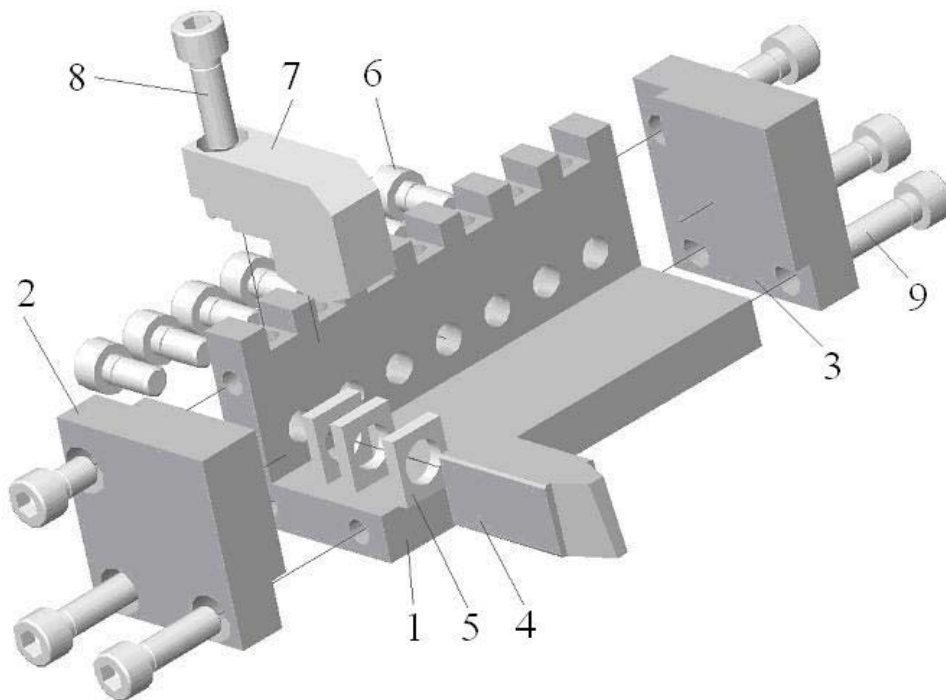
Revendicare

Cuțit-roată de danturat cu dinți amovibili, caracterizat prin aceea că, în scopul reducerii mărimii forței principale de așchiere la danturare și creșterii durabilității totale a sculei, are dinți tăietori individuali, cu față frontală activă evolventică, scurtați radial după o lege prestabilită prin modelarea numerică a procesului de danturare și montați rigid pe un corp (1), fiind poziționați în locașurile a ale unui inel de ghidare (2) care este centrat pe corp cu știfturile (6), și fixați de bridele (4) strânse cu șuruburile (5).

Cuțit-pieptene pentru danturare Rezumat

Invenția se referă la un cuțit-pieptene pentru danturarea roților dințate evolventice.

Cuțitul-pieptene, conform invenției, este format dintr-un ansamblu de cuțite profilate independente (4), montate într-un corp (1), prevăzut cu capace laterale (2 și 3). Cuțitele profilate sunt poziționate în raport cu peretele corpului prin adaosuri de reglare (5) și fixate cu șuruburile (6). Fiecare cuțit este fixat în raport cu suprafața frontală a corpului prin bridele (7) și șuruburile (8).



Cuțit-pieptene pentru danturare

Invenția se referă la un cuțit-pieptene, cu dinți repositionabili, pentru prelucrarea prin rulare a roților dințate cilindrice, cu dantură exterioară.

Sunt cunoscute cuțite-pieptene monobloc, cu unul sau mai mulți dinți, cu geometrie identică, ce materializează, în mișcarea de așchiere, cremaliera generatoare.

Mai sunt cunoscute cuțite-pieptene pentru danturare cu dinți având muchiile de așchiere armate cu carburi metalice, în scopul măririi durabilității sculei.

Dezavantajele acestor scule pieptene pentru danturare constau în aceea că sunt scule destinate prelucrării unei familii de roți dințate, de același modul, lucrând după o schemă de așchiere care nu poate fi modificată, conducând la o mare neuniformitate a mărimii ariei așchierii detașate, în cadrul unui ciclu de rulare cu repercusiuni directe asupra neuniformității forței principale de așchiere la mortezare.

Cuțitul-pieptene, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că în scopul îmbunătățirii uniformității mărimii forței de așchiere și creșterii durabilității sculei, dinții așchietori succesivi, realizați sub forma unor cuțite simple independente, sunt poziționați, în raport cu dreapta de divizare a cremalierii generatoare, permițând, astfel, modificarea schemei de așchiere, astfel că unii dinți realizează numai degroșarea golurilor succesive ale dinților roții prelucrate, uniformizând mărimea forței principale de așchiere, în cadrul unui ciclu de rulare. Cuțitul-pieptene, conform invenției, prezintă și alte avantaje precum:

- cuțitele individuale pot fi montate în oricare poziție pe corp, astfel cuțitele uzate, pot căpăta funcții de degroșare;
- uzura unui cuțit individual nu influențează precizia generării flancului evolventic;
- urmărindu-se o anumită reducere a mărimii forței de mortezare, poate fi stabilit numărul minim de cuțite individuale, în funcție de numărul de dinți ai roții prelucrate;

- construcția asigură o utilizare rațională a oțelului rapid din care se realizează numai partea activă a sculei.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1, 2, 3 și 4, care reprezintă:

- figura 1 — vedere 3D, explodată, a elementelor componente ale cuțitului-pieptene;

- figura 2 — vedere 3D, asamblată, a cuțitului-pieptene;

- figura 3 — schema de poziționare a dinților succesivi ai cuțitului-pieptene;

- figura 4 — legea de variație a mărimii forței principale de așchiere în cadrul unui ciclu de rulare.

Cuțitul-pieptene, conform invenției, se compune dintr-un corp (1), prevăzut cu doi pereți laterali, (2) și (3). Pe corpul (1) al cuțitului-pieptene, sunt așezate niște cuțite profilate independente (4) poziționate în raport cu peretele corpului prin adaosuri de reglare (5). Cuțitele (4) și adaosurile (5) sunt strânse prin intermediul șuruburilor (6) în raport cu suprafața corpului cuțitului-pieptene. Fiecare cuțit este fixat în raport cu suprafața frontală a corpului prin intermediul unei bride (7) și a unui șurub (8).

Numărul de cuțite (4) se stabilește în funcție de lungimea proiectată a cuțitului-pieptene în conformitate cu schema de poziționare a dinților succesivi, figura 3.

În figura 2, se prezintă cuțitul-pieptene asamblat, în care cuțitele (4) sunt strânse și poziționate lateral de pereții (2) și (3), în conformitate cu schema de poziționare a dinților, prezentată în figura 3.

În figura 4, este prezentată legea de variație a mărimii forței de mortezare, în cadrul unui ciclu de rulare, comparativ, pentru un cuțit-pieptene monobloc și cuțitul-pieptene conform invenției.

Revendicare

Cuțit-pieptene pentru danturare caracterizat prin aceea că, dinții așchietori succesivi, realizați sub forma unor cuțite profilate independente (4), montați într-un corp (1), sunt poziționați diferit, în raport cu dreapta de divizare a cremalierii generatoare, prin intermediul unor adaosuri de reglare (5), permițând modificarea schemei de așchiere, astfel că unii dinți, (c), (d), (e), (f), realizează numai degroșarea golurilor succesive ale dinților roții prelucrate, uniformizând mărimea forței principale de așchiere, în cadrul unui ciclu de rulare.

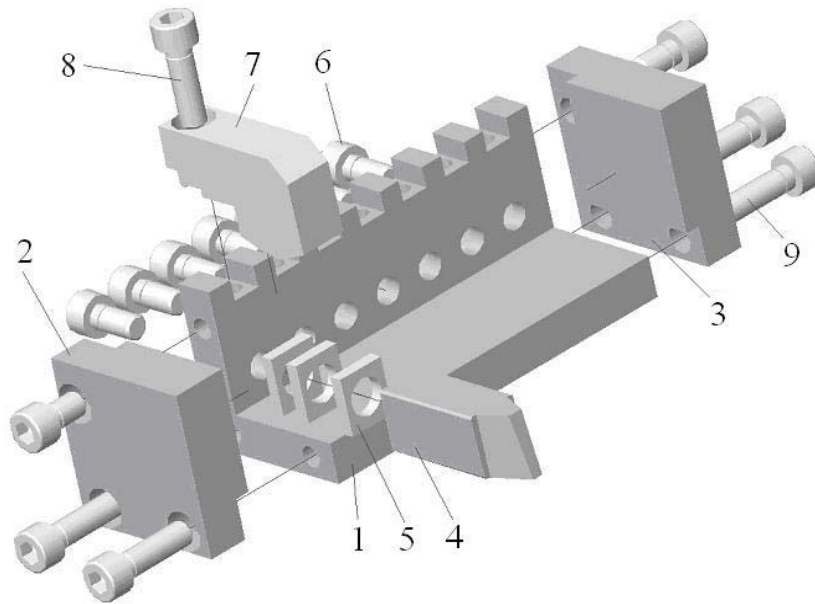


Fig. 1.

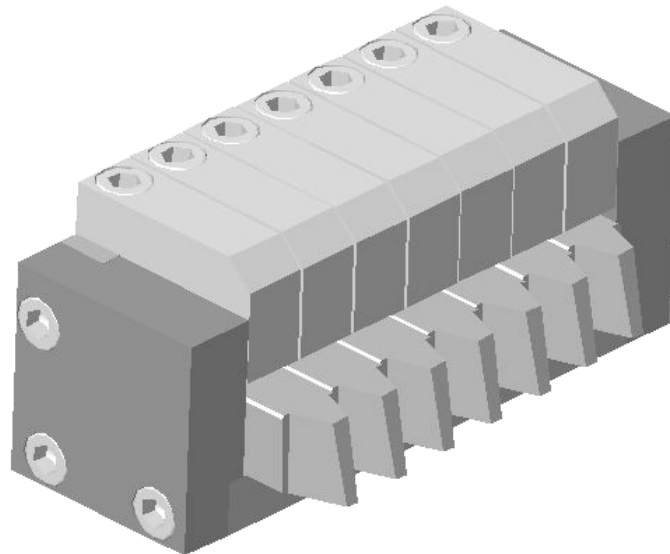


Fig. 2.

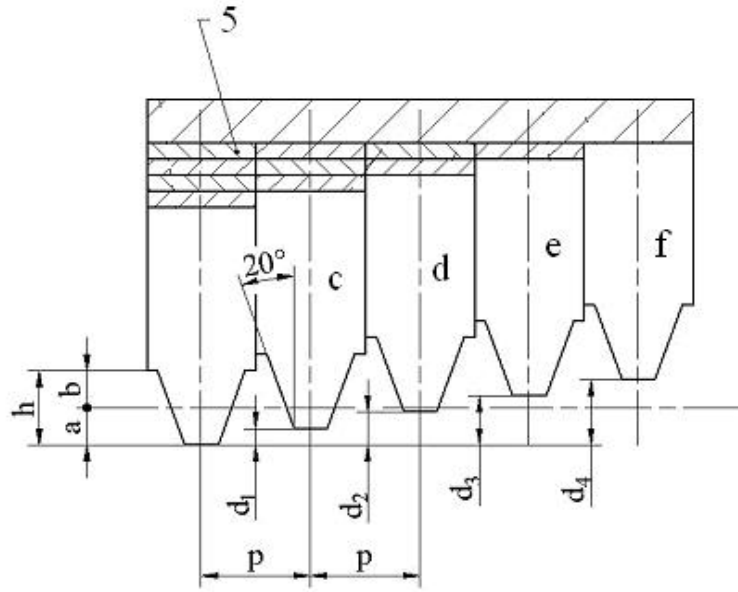
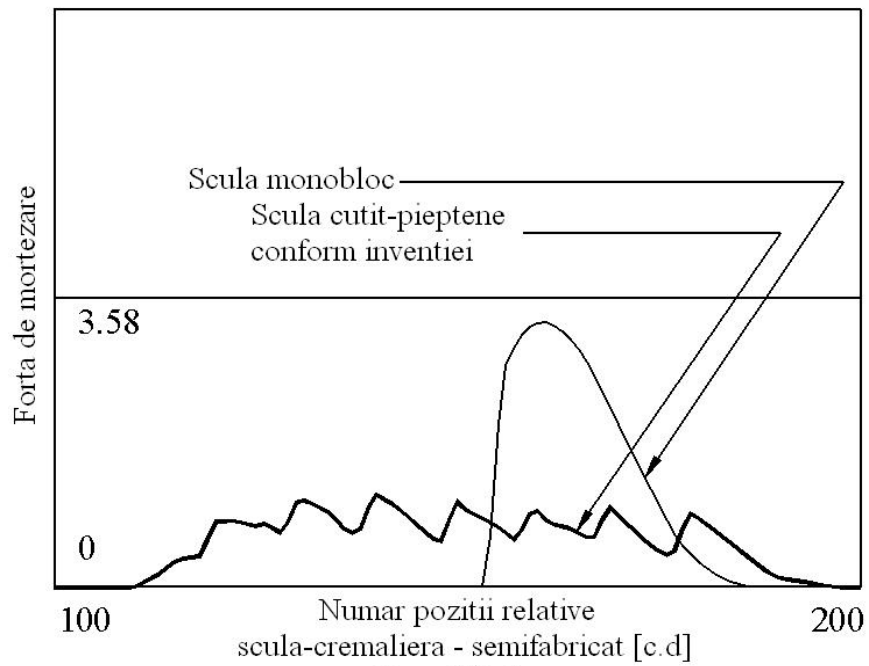


Fig. 3.

Scara Y 10:1



Scara X 1:1

Fig. 4.

METODĂ ȘI ECHIPAMENT DE CONDUCERE DIMENSIONALĂ BAZAT PE MONITORIZAREA CÂMPULUI TERMO-MECANIC

DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția se referă la o metodă și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare.

Dacă procesul de prelucrare este unul de așchiere, atunci eroarea are drept cauze principale următoarele fenomene:

- deformația elastică a mașinii-unelte sub acțiunea câmpului mecanic creat de forțele din proces (forțe de așchiere, de inerție, de fixare sau de gravitație);
- deformația termo-elastică a mașinii-unelte sub acțiunea câmpului termic ce apare în sistem în timpul prelucrării, ca urmare a acțiunii surselor termice;
- uzarea componentelor sistemului tehnologic de prelucrare (mai cu seamă uzarea sculei), care evoluează monoton în timp;
- copierea erorilor de formă și poziție a componentelor mașinii-unelte (cum ar fi nerectilitatea ghidajelor, poziționarea imperfectă, erorile buclilor de control al traiectoriei, etc.) care este strâns legată de poziția sculei în lungul traiectoriei acesteia;
- revenirea elastică a piesei prelucrate, ca urmare a faptului că a fost îndepărtat un strat de material prin așchiere (mai ales la piesele tip carcasă, bare plăci, discuri).

Relația dintre componentele erorii și cauzele care determină apariția acestora a fost modelată de mulți cercetători.

Se constată că în modelele prezentate în literatură, cauzele considerate au fost abaterile geometrice ale ghidajelor, lagărelor și ale altor elemente ale mașinii-unelte(3, 9, 2, 16), uzura sculei (1, 12), deformația termică a mașinii (5, 14) și deformația elastică provocată de acțiunea forței de așchiere (4, 6, 7, 10, 11).

Pentru descrierea relației dintre eroare și cauzele care o produc, s-au folosit în principal modele analitice (3, 5, 6, 9, 11, 13, 14), rețele neuronale (2, 4, 9, 12, 15), modele ARMA (3) și modele Grey (7, 8).

Dezavantajele sistemelor de reglare cunoscute se referă la faptul că celelalte cauze, cum ar fi de exemplu revenirea elastică a semifabricatului după îndepărtarea unui strat de material, deformația provocată de fixarea semifabricatului în cursul prelucrării, variația în timp a comportării mașină-unealtă-sculă-semifabricat, nu au fost considerate.

Pe de altă parte modelele prezentate, deși sunt complicate, au domeniul de valabilitate restrâns, astfel încât nu pot fi utilizate atunci când forma piesei prelucrate se schimbă, sau când comportarea dimensională a sistemului de prelucrare se modifică în timp și spațiu. În fine, construcția acestor modele presupune derularea unor programe experimentale pentru implementare.

Aspectele relevate mai sus impun ca:

- datele pe baza cărora se construiește modelul să fie obținute din monitorizarea sistemului de prelucrare real;

- modelul să fie permanent reconstruit, pentru a surprinde evoluția permanentă a sistemului de prelucrare;
- timpul necesar pentru reconstrucția modelului și aplicarea acestuia în vederea detremării valorii deviației să fie cât mai scurt.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în conducerea dimensională a procesului de prelucrare, prin calculul erorii prognozate ce ar putea să apară la prelucrarea unui exemplar și compensarea acesteia, înainte ca procesul de prelucrare să fi avut loc.

Metoda și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că, în scopul reducerii erorii totale de prelucrare, valoarea acesteia este prognozată, folosind un model al sistemului de prelucrare, modelul fiind obținut pe baza datelor rezultate din monitorizarea câmpului termo-mecanic și a erorii la exemplarele precedente, iar apoi valoarea prognozată este compensată, folosind echipamentul corespunzător invenției, astfel încât eroarea să fie evitată la prelucrarea exemplarului curent.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile de la 1 la 5, care reprezintă:

Figura 1 prezintă trei forme de reprezentare a stării staționare a sistemului de prelucrare corespunzătoare uneia dintre zonele traiectoriei sculei;

Figura 2 arată shema bloc a metodei de conducere dimensională bazată pe conducerea dimensională :

- (a) propus,
- (b) actual (cel folosit în prezent);

Figura 3 arată modul în care se completează baza de date în cazul strunjirii unui lot de piese;

Figura 4 prezintă algoritmul identificării

- (a) conținutul bazei de date
- (b) algoritmul de identificare

Figura 5 prezintă schema echipamentului de conducere dimensională bazat pe monitorizarea câmpului termo-mecanic

Câmpul termo-mecanic

Practica industrială arată că în timpul funcționării unui sistem de prelucrare prin așchiere viteza de variație a variabilelor de intrare este foarte diferită. Astfel, atât uzura, cât și erorile de formă și poziție ale componentelor, variază lent, încât se poate considera că, pe parcursul prelucrării unui exemplar sau chiar a mai multor exemplare, acestea rămân neschimbate. Deformația termo-elastică variază ceva mai rapid iar deformația elastică, datorată câmpului de forțe, variază și mai rapid, ca urmare a modificării, atât a forței de așchiere cât și a rigidității sistemului în lungul traiectoriei sculei.

Pentru evaluarea câmpului mecanic al forțelor din proces se vor folosi variabilele $F^{(1)}$, $F^{(2)}$, $F^{(3)}$, ... obținute prin procesarea semnalelor transmise de senzorii montați în diferite puncte ale sistemului.

Pentru evaluarea câmpului termic se vor folosi variabilele $T^{(1)}, T^{(2)}, T^{(3)}, \dots$, obținute prin procesarea semnalelor transmise de senzorii de temperatură plasați în diferite puncte ale sistemului.

Pentru fiecare variabilă de intrare există o fereastră restransă în care variabilele de ieșire pot fi considerate constante, și o alta extinsă, în care se poate considera că variabilele de ieșire depind liniar de respectiva variabilă de intrare.

Uzura componentelor sistemului de prelucrare are același efect ca și erorile de formă și poziție ale acestor componente. Erorile de formă și poziție se modifică rapid în spațiu (adică în lungul traiectoriei sculei) și lent în timp. Uzura variază lent și monoton în timp. De aceea, pentru evaluarea uzurii și a erorilor de formă și poziție, se va folosi spațiul și timpul drept variabile ale modelului.

Rezultă că modelul sistemului ar putea avea ca variabile de intrare: *i*) câmpul mecanic, *ii*) câmpul termic, *iii*) spațiul (poziția sculei în lungul traiectoriei) și *iv*) timpul, iar ca variabile de ieșire componentele deviației suprafeței reale în raport cu suprafața programată.

Starea sistemului, tranzițiile sistemului

Pentru caracterizarea stării staționare a sistemului de prelucrare, se vor utiliza următoarele variabile:

- variabile care descriu câmpul mecanic; acestea pot fi v alorile medii ale semnalelor transmise de senzorii de forță plasați în diferite puncte ale sistemului, $F^{(1)}, F^{(2)}, F^{(3)}, \dots$;
- variabile care descriu câmpul termic; acestea pot fi valorile medii $T^{(1)}, T^{(2)}, T^{(3)}, \dots$ ale temperaturii din diverse puncte ale sistemului de prelucrare;
- variabila i reprezintă numărul de ordine al zonei din traseul sculei;
- variabila k reprezintă numărul de ordine al grupului de piese prelucrate pentru care, atât uzura cât și erorile de formă și poziție pot fi considerate neschimbate.

Numerotarea grupului de piese prelucrate pentru care uzura este considerată neschimbată are ca origine piesa curentă, de exemplu dacă pe parcursul a două piese uzura poate fi considerată neschimbată, atunci piesele n și $n-1$ formează un asemenea grup care are numărul de ordine $k=1$, iar piesele $n-2$, $n-3$ un al doilea grup pentru care $k=2$ și așa mai departe. Această variabilă caracterizează uzura sculei și comportamentul sistemului de prelucrare corespunzătoare perioadei în care se prelucrează piesa curentă;

- deviația δ corespunzătoare zonei cu numărul de ordine i .

Valorile variabilelor F , T și δ vor fi scalate pe domeniul lor de variație, astfel încât toate variabilele să poată fi reprezentate prin numere întregi. De exemplu în fig.1 aceste variabile au fost scalate pe șase nivele.

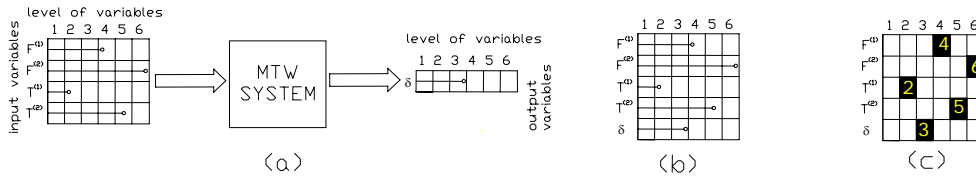
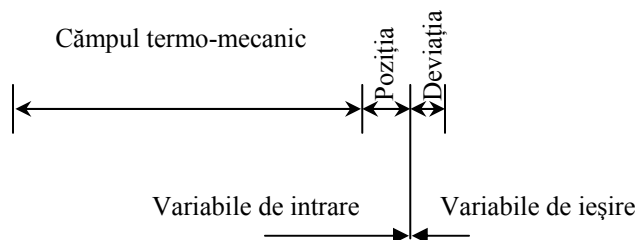


Fig. 1 Trei forme de reprezentare a stării staționare a sistemului de prelucrare corespunzătoare uneia dintre zonele traiectoriei sculei

Vom defini starea sistemului de prelucrare printr-un set de numere întregi ce reprezintă câmpurile termic și mecanic, poziția și deviația. Starea sistemului de prelucrare la un moment dat se va simboliza astfel:



$$S = \{F^{(1)} F^{(2)} F^{(3)} \dots T^{(1)} T^{(2)} T^{(3)} \dots i k \delta\},$$

unde $F^{(1)}, F^{(2)}, F^{(3)}, \dots$ reprezintă valorile obținute prin prelucrarea semnalelor transmise de senzorii de forță plasati în diferite puncte ale sistemului, $T^{(1)}, T^{(2)}, T^{(3)}$ reprezintă temperaturile măsurate în diverse puncte ale sistemului, i reprezintă numărul zonei din traiectoria sculei corespunzătoare prelucrării unui exemplar, iar k este numărul curent al grupului de piese prelucrate pentru care, atât uzura, cât și erorile de formă și poziție pot fi considerate neschimbate.

Pentru simplificare să considerăm câmpul mecanic, evaluat într-un singur punct al sistemului, și la fel câmpul termic, dat de temperatura dintr-un singur punct al mașinii. În acest caz patru stări ale mașinii pot fi notate astfel $S_1 = \{F_1 T_1 i_1 k_1 \delta_1\}$, $S_2 = \{F_2 T_2 i_2 k_2 \delta_2\}$, $S_3 = \{F_3 T_3 i_3 k_3 \delta_3\}$, $S_4 = \{F_4 T_4 i_4 k_4 \delta_4\}$.

În spațiul stărilor se definește următoarea metrică. Diferența dintre stările S_1 și S_2 este:

$$S_1 - S_2 = \{(F_1 - F_2)(T_1 - T_2)(i_1 - i_2)(k_1 - k_2)(\delta_1 - \delta_2)\}.$$

(1)

Distanța dintre stări este:

$$d(S_1, S_2) = |F_1 - F_2| + |T_1 - T_2| + |i_1 - i_2| + |k_1 - k_2|.$$

(2)

Mai multe stări se consideră aparținând aceleiași clase de echivalență dacă variabilele lor de intrare îndeplinesc o condiție dată. Pentru exemplificare să considerăm clasificarea stărilor funcție de distanța lor față de o stare dată. Stările care se afla la distanța a față de starea dată formează clasa de echivalență de ordinul a . În particular, dacă $a=0$, atunci stările sunt identice.

Tranziția se definește ca fiind o pereche de stări, din care una se consideră stare inițială iar a doua stare finală, și se simbolizează astfel:

$$\tau_{(1,2)} = \left\{ \begin{array}{ccccc} F_1 & T_1 & i_1 & k_1 & \delta_1 \\ \hline F_2 & T_2 & i_2 & k_2 & \delta_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \downarrow \text{Stare inițială} \\ \uparrow \text{Stare finală} \end{array}$$

(3)

Fie tranziția $\tau_{(3,4)} = \left\{ \begin{array}{ccccc} F_3 & T_3 & i_3 & k_3 & \delta_3 \\ F_4 & T_4 & i_4 & k_4 & \delta_4 \end{array} \right\}$.

Se definește diferența între cele două tranziții astfel:

$$\tau_{(1,2)} - \tau_{(3,4)} = \left\{ \begin{array}{ccccc} F_1 - F_3 & T_1 - T_3 & i_1 - i_3 & k_1 - k_3 & \delta_1 - \delta_3 \\ F_2 - F_4 & T_2 - T_4 & i_2 - i_4 & k_2 - k_4 & \delta_2 - \delta_4 \end{array} \right\}.$$

(4)

Vom considera că două tranziții sunt echivalente dacă diferența lor are forma următoare:

$$\tau_{(p,q)} - \tau_{(r,s)} = \left\{ \begin{array}{ccccc} 0 & 0 & a & b & \delta_p - \delta_r \\ 0 & 0 & a & b & \delta_q - \delta_s \end{array} \right\},$$

(5)

unde $a = i_p - i_r = i_q - i_s$
 $b = k_p - k_r = k_q - k_s$.

Două tranziții echivalente au aceeași variație a mărimilor de intrare (campul mecanic (F), campul termic (T) și poziția (i, k)), și de aceea vor avea aceeași variație a mărimilor de ieșire, adică $(\delta_p - \delta_r) = (\delta_q - \delta_s)$. (6)

Algoritmul identificării

Actualele metode de identificare constau în *i)* derularea unui program experimental extins care să acopere întregul spațiu al stărilor sistemului, *ii)* construcția modelului prin procesarea setului de date obținut în urma experimentării și *iii)* aplicarea modelului pentru a găsi valorile preconizate ale variabilelor de ieșire (Fig.2,b). Spre deosebire de metodele actuale, prezenta metodă presupune parcurgerea următorilor pași (Fig.2,a):

- pasul 1 – stabilirea variabilelor care să descrie câmpul termic și câmpul mecanic al sistemului, precum și a variabilei care să descrie deviația;
- pasul 2 – împărțirea traiectoriei sculei în zone și scalarea variabilelor de stare;
- pasul 3 – monitorizarea stării sistemului în cursul prelucrării piesei curente și completarea bazei de date;

- pasul 4 – obținerea valorilor preconizate ale variabilelor de ieșire, prin procesarea datelor recente a campului termo-mecanicpe baza unui nou algoritm de conducere dezvoltat în cadrul acestei lucrări.

Pentru a prezenta acest nou algoritm de conducere, să considerăm sistemul de prelucrare se află în momentul în care scula prelucrează zona i a piesei p . Starea curentă a sistemului este $S = \{F T i k \delta\}$, la care prin monitorizare s-au aflat doar valorile variabilelor de intrare F, T, i, k . Se cere ca, știind stările prin care RMT-ul a trecut în cursul prelucrării celorlalte $p-1$ piese (în total $N(p-1)$ stări precedente), să se determine valoarea de ieșire $\bar{\delta}$ corespunzătoare stării curente. Acest lucru se bazează pe: (a) echivalarea stărilor, sau (b) echivalarea tranzițiilor.

În cazul (a) cele $N(p-1)$ stări precedente sunt clasificate în clase de echivalență funcție de distanța lor față de starea curentă, calculată cu relația (2). Astfel, clasa de echivalență de ordinul 0 cuprinde stările pentru care distanța este nulă, clasa de echivalență de ordinul 1 cuprinde stările pentru care distanța este egală cu 1 și așa mai departe. Apoi se consideră clasa de echivalență de ordinul 0 și se echivalează starea curentă cu celelalte stări ale acestei clase. Valoarea variabilei de ieșire a stării curente se va determina ca medie a valorilor variabilelor de ieșire ale celorlalte stări. Procesarea datelor se poate relua considerând succesiv clasele de echivalență de ordinul 1, 2, 3, 4,

În cazul (b) se definește grupul tranzițiilor curente de ordinul 1, la care starea finală este starea curentă iar starea inițială este una dintre stările din clasa de echivalență de ordinul 1. Apoi, pentru fiecare tranziție curentă se caută, în baza de date, tranzițiile echivalente cu aceasta. Prin compararea tranziției curente cu tranzițiile echivalente găsite, se determină un număr de valori ale variabilei de ieșire a stării curente. Media acestora se consideră valoarea căutată.

Pentru exemplificare (Fig.3b) să considerăm stările $S_n = \{245321\delta_n\}$, $S_{n-2} = \{4625513\}$, $S_{n-10} = \{2453225\}$, $S_{n-12} = \{4625524\}$.

Între stările S_n și S_{n-10} apare tranziția

$$\tau_{(n-10,n)} = \left\{ \begin{array}{cccccc} 2 & 4 & 5 & 3 & 2 & 2 & 5 \\ 2 & 4 & 5 & 3 & 2 & 1 & \delta_n \end{array} \right\}, \text{ starea } S_{n-10} \text{ este una din stările}$$

ce compun clasa de echivalență 1 întrucât distanța între S_{n-10} și S_n este egală cu 1. Căutând în baza de date o tranziție echivalentă cu $\tau_{n-10,n}$, se găsește tranziția dintre stările S_{n-12} și S_{n-2} , respectiv

$$\tau_{(n-12,n-2)} = \left\{ \begin{array}{cccccc} 4 & 6 & 2 & 5 & 5 & 2 & 4 \\ 4 & 6 & 2 & 5 & 5 & 1 & 3 \end{array} \right\}.$$

Din relația (6) rezultă $\delta_{n-10} - \delta_n = \delta_{n-12} - \delta_{n-2}$, unde $\bar{\delta}_n, \bar{\delta}_{n-2}, \bar{\delta}_{n-10}, \bar{\delta}_{n-12}$ sunt deviațiile corespunzătoare celor 4 stări de mai sus. Înlocuind valorile lui $\bar{\delta}_n, \bar{\delta}_{n-2}, \bar{\delta}_{n-10}$ se obține $\bar{\delta}_n=4$.

Procesarea datelor se poate relua folosind pentru definirea tranzițiilor curente una dintre clasele de echivalență de ordinul 2, 3, și așa mai departe.

Echipamentul de conducere dimensională bazat pe monitorizarea câmpului termo-mecanic

Potrivit invenției, echipamentul de conducere dimensională bazat pe monitorizarea câmpului termo-mecanic are următoarele componente:

- platforma senzorială, compusă din senzorii ce măsoară forța F și temperatura T în diverse puncte ale sistemului tehnologic, precum și erorile δ ale piesei precedente în fiecare zonă din traseul sculei;
- bază de date în care sunt stocate rezultatele monitorizării procesului în conformitate cu metoda de conducere potrivit invenției;
- bază de cunoștințe în care sunt stocate modelele parametrice ale dependenței erorii de intensitatea câmpului termo-mecanic;
- un sistem incorporat de calcul care identifică sistemul tehnologic potrivit invenției și folosește modelul astfel obținut pentru a prognoza eroarea ce ar putea apărea la exemplarul următor.

La ieșirea din acest echipament de conducere dimensională se află valorile prognozate ale erorii δ pentru fiecare zonă din traseul sculei, corespunzătoare piesei curente. Aceste valori sunt transmise echipamentului de comandă numerică și interpretate ca și corecție de sculă.

Metoda și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare, conform invenției prezintă și alte avantaje precum:

- crește productivitatea procesului ca urmare a faptului că prelucrarea poate avea loc într-o singură trecere cu compensarea erorii, fără a fi necesară divizarea procesului în două etape - degroșare, finisare;
- folosind sisteme tehnologice ieftine, de precizie scăzută, pot fi obținute piese cu precizie ridicată, întrucât eroarea piesei depinde doar de precizia cu care a fost calculată valoarea prognozată și nu de eroarea sistemului tehnologic;
- precizia pieselor prelucrate este ridicată și se menține la același nivel pe tot parcursul prelucrării lotului de piese, chiar dacă sistemul tehnologic evoluează semnificativ în această perioadă de timp;
- nu mai este necesară verificarea încadrării în limitele toleranței dimensionale a pieselor prelucrate.

Revendicări

Metoda și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, caracterizate prin aceea că, în scopul reducerii erorii totale de prelucrare, valoarea acesteia este prognozată, folosind un model al sistemului de prelucrare, modelul fiind obținut pe baza datelor rezultate din monitorizarea câmpului termo-mecanic și a erorii la exemplarele precedente, iar apoi valoarea prognozată este compensată, folosind

echipamentul corespunzător, astfel încât să nu mai apară la prelucrarea exemplarului curent.

Bibliografie

1. Choudhury S. K., V. K. Jain, S. Rama Krishna, On-Line Monitoring of Tool Wear and Control of Dimensional Inaccuracy in Turning, *Journal of Manufacturing Science and Engineering* -- February 2001 -- Volume 123, Issue 1, pp. 10-12
2. Dong, C., Zhang, C., Wang, B., Zhang, G., Prediction and Compensation of Dynamic Errors for Coordinate Measuring Machines, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, August 2002, Volume 124, Issue 3, pp. 509-514.
3. Eric H. K. Fung and S. M. Yang, A New Method for Roundness Control in Taper Turning Using FCC Techniques, *J. Manuf. Sci. Eng.* 123, 567 (2001)
4. Fan, C., Collins, E.G., Liu, C., Wang, B., Radial Error Feedback Control for Bar Turning in CNC Turning Centers, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, February 2003, Volume 125, Issue 1, pp. 77-84.
5. Hong Yang, Jun Ni, Dynamic Modeling for Machine Tool Thermal Error Compensation, *Journal of Manufacturing Science and Engineering* -- May 2003 -- Volume 125, Issue 2, pp. 245-254
6. Kim, S., Landers, R.G., Ulsoy, A., Robust Machining Force Control With Process Compensation, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, August 2003, Volume 125, Issue 3, pp. 423-430.
7. Lian, R.J., Lin, B.F., Huang, J.H., A grey prediction fuzzy controller for constant cutting force in turning, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Volume 45, Issue 9, July 2005, pp.1047-1056.
8. Li-Lin Ku, Tung-Chen Huang, Sequential monitoring of manufacturing processes: an application of grey forecasting models, *Int J Adv Manuf Technol* (2006) 27: 543–546
9. Pahk H. J., S. W. Lee, Thermal Error Measurement and Real Time Compensation System for the CNC Machine Tools Incorporating the Spindle Thermal Error and the Feed Axis Thermal Error, *Int J Adv Manuf Technol* (2002) 20:487–494
10. Park, S., Altintas, Y., Dynamic Compensation of Spindle Integrated Force Sensors With Kalman Filter, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, September 2004, Volume 126, Issue 3, pp. 443-452.
11. Robert G. Landers, A. Galip Ulsoy, Model-Based Machining Force Control, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control* -- September 2000 -- Volume 122, Issue 3, pp. 521-527
12. Satish T. S. Bukkapatnam, Soundar R. T. Kumara, and Akhlesh Lakhtakia, Fractal Estimation of Flank Wear in Turning, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control* -- March 2000 -- Volume 122, Issue 1, pp. 89-94

13. Shih-Ming Wang, Han-Jen Yu, Hung-Wei Liao, A new high-efficiency error compensation system for CNC multi-axis machine tools, *Int J Adv Manuf Technol* (2006) 28: 518–526
14. Steven Y. Liang, Rogelio L. Hecker, Robert G. Landers, Machining Process Monitoring and Control: The State-of-the-Art, *Journal of Manufacturing Science and Engineering* -- May 2004 -- Volume 126, Issue 2, pp. 297-310
15. Tseng, P.C., Ho, J.L., A Study of High-Precision CNC Lathe Thermal Errors and Compensation, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Springer London, June 2002, Volume 19, Number 11, pp. 850 – 858.
16. X. Li, Real-Time Prediction of Workpiece Errors for a CNC Turning Centre, Part 4. Cutting-Force-Induced Errors, *Int J Adv Manuf Technol* (2001) 17:665–669

Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare. Modificările câmpului termo-mecanic în timpul prelucrării sunt corelate cu erorile de prelucrare apărute în lungul traiectoriei sculei. Această corelație este identificată pe baza datelor obținute din monitorizarea sistemului tehnologic în cursul prelucrării pieselor anterioare. Modelul obținut este folosit pentru prognoza erorii la piesa curentă. Eroarea prognozată este compensată folosind sistemul de conducere numerică. În acest fel eroarea de prelucrare depinde doar de precizia cu care s-a realizat prognoza.

Invenția se aplică la prelucrarea mecanică a unui lot de piese prin așchiere pe sisteme de prelucrare cu comanda numerică.

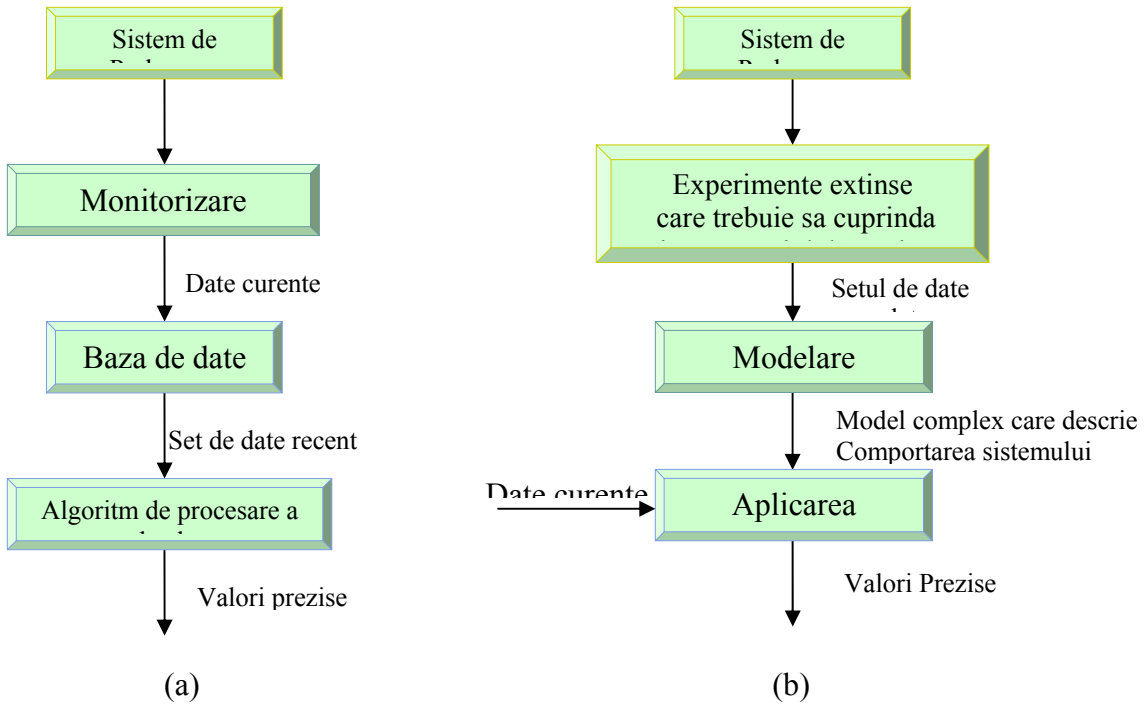
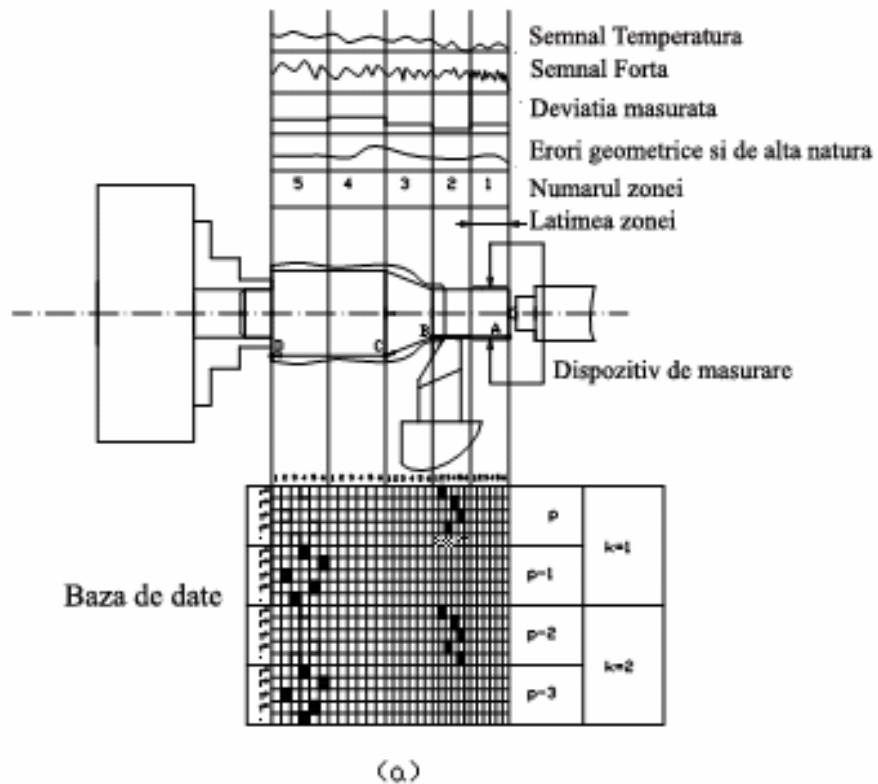


fig. 2 Shema bloc a algoritmului de identificare : (a) propus, (b) actual (cel folosit acum)



ă

Fig.3 Completarea bazei de date in cazul strunjirii unui lot de piese

Tabel 1

Starea nr.	Piesa nr.	F ⁽¹⁾	F ⁽²⁾	T ⁽¹⁾	T ⁽²⁾	i	k	δ
N	p	2	4	5	3	2	1	δ_n
n-1	p	3	6	4	3	1	1	2
n-2	p-1	4	6	2	5	5	1	3
n-3	p-1	2	3	3	4	4	1	5
n-4	p-1	4	4	6	3	3	1	6
n-5	p-1	3	4	5	4	2	1	4
n-6	p-1	5	2	3	5	1	1	2
n-7	p-2	1	5	4	6	5	2	2
n-8	p-2	6	3	2	4	4	2	6
n-9	p-2	2	5	1	5	3	2	4
n-10	p-2	2	4	5	3	2	2	5
n-11	p-2	4	3	4	4	1	2	3
n-12	p-3	4	6	2	5	5	2	4
n-13	p-3	6	2	3	4	4	2	3
n-14	p-3	5	3	4	6	3	2	2
...
1	1	4	5	3	6	1	K	3

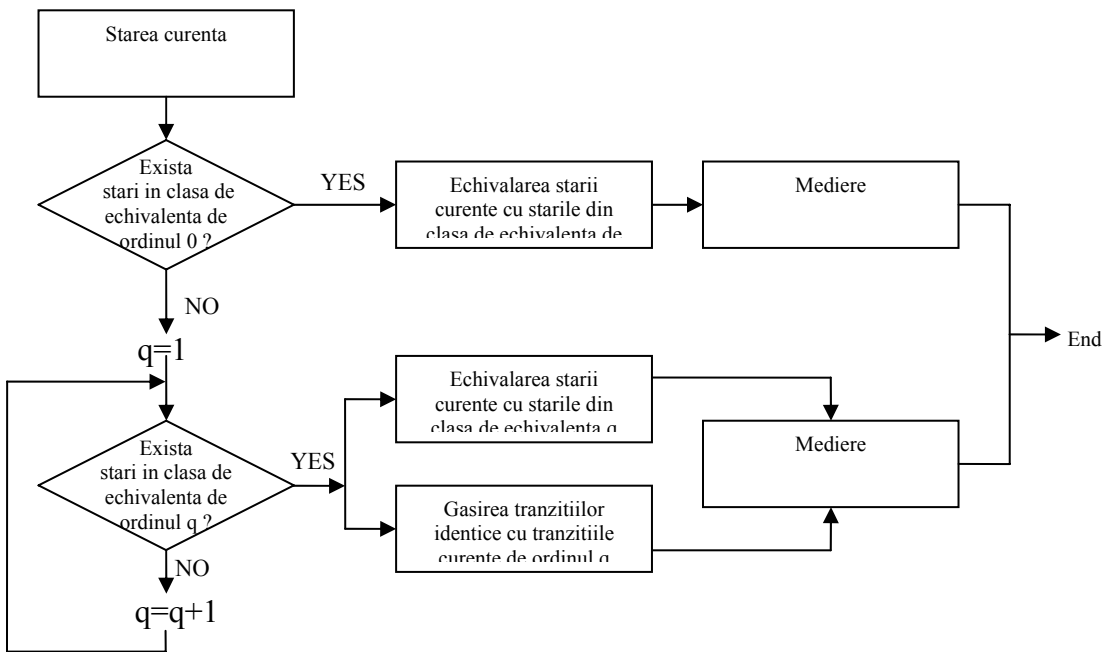
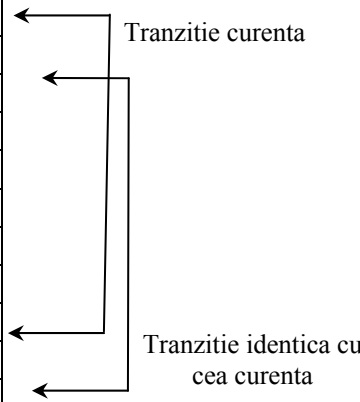


Fig.4 Schema procesarii datelor

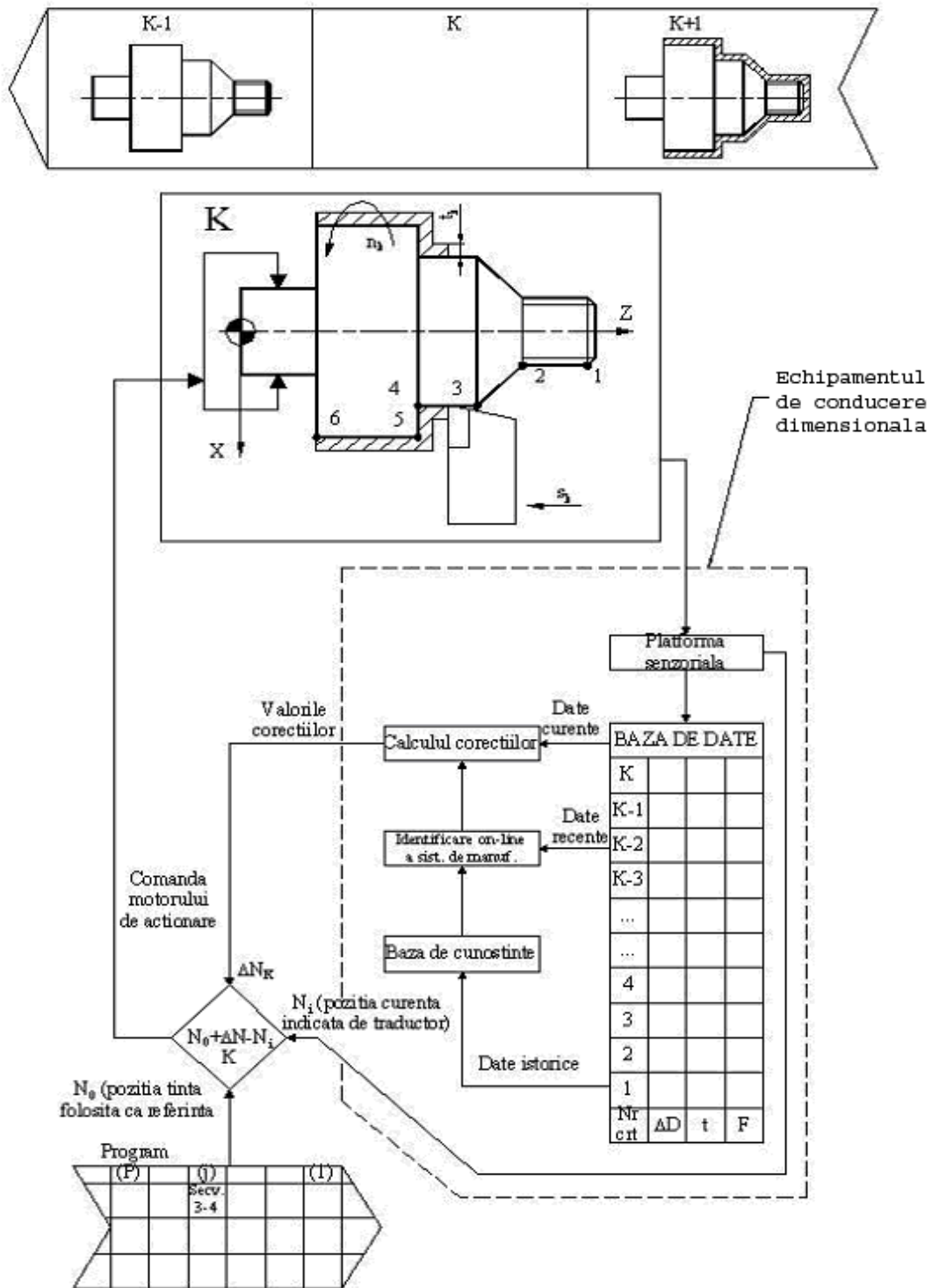


Fig.4 Schema echipamentului de conducere dimensională bazat pe monitorizarea câmpului termo-mecanic

FREZĂ-MELC MODUL TOROIDALĂ PENTRU PRELUCRAREA DANTURILOR CILINDRICE INTERIOARE ȘI EXTERIOARE CU DINȚI DREPTI SAU ÎNCLINAȚI

DESCRIEREA INVENTIEI

Invenția se referă la problema identificării geometriei procesului de generare a roților cilindrice cu profil evolventă, dințate interior sau exterior, cu dinți drepti sau înclinați cu diferite mărimi ale deplasării de profil. Rezultatul identificării este un model cinematic al procesului de generare prin frezare cu freza-melc și o construcție de freză-melc toroidală care, împreună cu o mașină de frezat danturi cilindrice prin rulare, permite materializarea modelului cinematic. Construcția frezei melc satisface dezideratul de a fi convertibilă și deci utilizabilă în cazul unor mașini unelte reconfigurabile.

Freza-melc modul toroidală pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare și exterioare este formată dintr-un corp pe care dinții sunt dispuși pe o elice toroidală cu pas unghiular constant și a cărei directoare este un arc de cerc, în planul de degajare profilul dinților este evolventă și este generat prin rulare cu o cremalieră generatoare, unghiul de așezare principal se obține prin detalonare radială în raport cu centrul directoarei care este în arc de cerc, unghiul de așezare lateral în lungul dintelui se obține prin variația grosimii dintelui datorită modificării continue a mărimii deplasării de profil în procesul de detalonare.

Este cunoscută freza-melc la care profilul unui dinte central copiază profilul golului dintelui roții cilindrice dințate interior, ceilalți dinți au o formă aproximativă și au rol de degroșare. Mai este cunoscută freza-melc pentru danturat roți cilindrice dințate interior la care profilul evolventă al dinților este pe fața elicoidală de degajare și care este normală pe elicea de dispunere a dinților.

Dezavantajele acestor freze-melc cunoscute constau în aceea că:

- prelucrează prin copiere numai dantura pentru care a fost proiectată;
- generarea greoaie a profilului evolventă al dinților frezei-melc pe suprafața de degajare elicoidală;
- precizie redusă a profilului generat.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în construcția unei freze-melc care să genereze prin rulare roți cilindrice dințate interior sau exterior cu profil evolventă, având număr diferit de dinți, diferite mărimi ale deplasării de profil, cu dinți drepti sau înclinați.

Freza-melc toroidală înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că dinții cu profilul evolventă sunt dispuși pe o elice toroidală a cărei directoare într-un plan înclinat în raport cu axa frezei-melc este arcul cercului de divizare al unei roti generatoare imaginare, profilul evolventă al dinților este în planul directoarei, unghiul de așezare lateral în lungul dintelui se obține prin variația grosimii dintelui în lungul său, datorită variației continue a mărimii deplasării de profil și rezultă în procesul de generare cu profilul cremalierei generatoare.

Se dă în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1; 2; 3; 4,5 și 6 care reprezintă:

- Fig.1 – Vedere generală a frezei-melc toroidală;

- Fig.2 – Vedere laterală a frezei-melc toroidală;
- Fig.3 – Vedere în planul de rulare;
- Fig.4 – Secțiune în lungul dintelui;
- Fig.5 – Sisteme de axe;
- Fig.6 - Modelul cinematic al procesului de danturare.

Freza-melc toroidală, conform invenției, este formată dintr-un corp **1**, pe care sunt realizați dinții frezei-melc dispuși pe o elice toroidală **2** și au fața plană de degajare **b**, care materializează planul de generare **PG** înclinat față de axa frezei-melc cu unghiul **m**, în care profilul evolventă al dinților este realizat prin rularea cremalierii generatoare **CG** pe cercul de divizare al unei roți generatoare imaginare cu centrul în **O₀** și de rază **r₀**, corespunzător modulului și al numărului de dinți ai roții generatoare imaginare, în planul de generare **PG**, pe direcția axei **OY**, centrul **O₀** este deplasat față de axa frezei-melc cu distanța **A₀**. În lungul dintelui rularea cremalierii generatoare se face cu variația continuă a deplasării de profil **X**, și se realizează în procesul de detalonare radială în raport cu centrul **O₀**, materializarea profilului cremalierii generatoare **CG** se face cu o sculă profilată **SP**, elicea toroidală rezultă prin corelarea mișcării de rotație **B** a frezei-melc **1** cu rotirea **B₀** în planul de generare **PG** a sculei profilate **SP**, profilul evolventă al dinților **E** rezultă prin rularea sculei profilate **SP** pe cercul de divizare al roții generatoare imaginare de rază **r₀**. Prin rotirea sculei profilate **SP** în jurul centrului **O₀** și deplasarea tangențială **T₀**, unghiul de așezare principal **a** se realizează prin detalonare radială **D** în raport cu centrul **O₀**. În lungul dintelui unghiul de așezare lateral **a_l** rezultă din variația grosimii dintelui generat prin rularea cremalierii generatoare **CG** pe cercul de divizare al roții generatoare de rază **r₀**, având variație continuă a deplasării de profil și se realizează în procesul de detalonare radială. **OXYZ** este sistemul de axe al corpului frezei-melc, sistemul de axe al planului de generare **PG** este **O₀X₀Y₀** rotit după axa **OY** cu unghiul **m** astfel încât să fie normal pe elicea toroidală corespunzătoare cercului de divizare de rază **r₀** în planul de simetrie al corpului frezei-melc.

Modelul cinematic materializat cu ajutorul frezei-melc toroidale (Figura 6) constă în:

- rotația frezei melc (2) în jurul axei proprii ceea ce determină rotația roții generatoare imaginare (3) ;
- rotația semifabricatului (1) în jurul axei proprii, astfel încât să angreneze cu roata generatoare imaginare (3);
- avansul frezei melc în lungul axei semifabricatului, pentru generarea danturii pe toată lățimea acesteia;
- Rotația suplimentară a semifabricatului în cazul danturilor înclinate.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- mărește precizia profilului dinților frezei-melc evolventă generat **E** în planul de generare **PG** materializat prin planul feței de degajare **b**;

- menține precizia de generare a roților dințate interior sau exterior și după reascuțirea frezei-melc datorită profilului generat în lungul dintelui prin rularea cremalierii generatoare **CG** cu deplasarea continuă a profilului;
- diametrul frezei-melc toroidale este independent de numărul de dinți ai roții generatoare imaginare;
- posibilitatea generării prin rulare a roților cilindrice dințate interior sau exterior cu număr diferit de dinți, diferite deplasări de profil, cu dinți drepți sau înclinați;

BIBLIOGRAFIE

Brevet U.R.S.S. nr.1046045

Brevet RO 94439

Brevet USA 4309926

REVENDICĂRI

Freza-melc modul toroidală destinată generării prin rulare a roților cilindrice dințate interior sau exterior cu profil evolventă, cu dinți drepți sau înclinați, având diferite valori ale mărimii deplasărilor de profil, este formată dintr-un corp pe care sunt dispuși dinții după o elice toroidală și al căror profil evolventă în planul de generare este realizat prin rularea unei cremalierii generatoare **CG** materializate prin scula profilată **SP** pe cercul de divizare al unei roții generatoare imaginare de rază r_0 ;

- planul de generare este înclinat față de axa frezei-melc cu unghiul m și este materializat de fața plană de degajare a dinților;
 - directoarea elicei de dispunere a dinților este un arc de cerc;
 - cremaliera generatoare este materializată de scula profilată **SP**;
 - diametrul frezei-melc nu depinde de numărul de dinți ai roții generatoare;
 - posibilitate generării prin rulare cu aceeași freză-melc a roților cilindrice dințate interior și exterior cu profil evolventă cu diferite deplasări de profil cu dinți drepți sau înclinați.
- ascuțirea se face pe suprafața de degajare plană și înclinată față de axa frezei-melc

REZUMAT

Freza-melc modul toroidală destinată generării prin rulare a roților cilindrice dințate exterior sau interior cu profil evolventă, în planul feței de degajare al dinților profilul este evolventă generat prin rulare cu cremalieră generatoare, în lungul dinților rularea se face cu deplasare continuă de profil.

FIGURI EXPLICATIVE

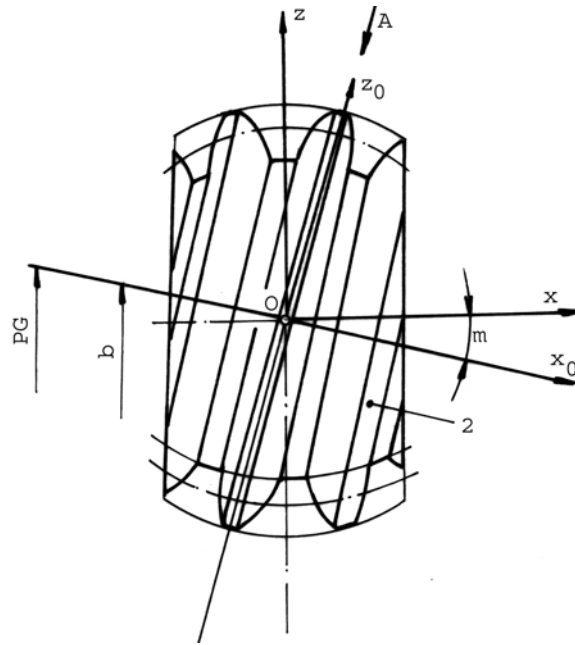


Figura1

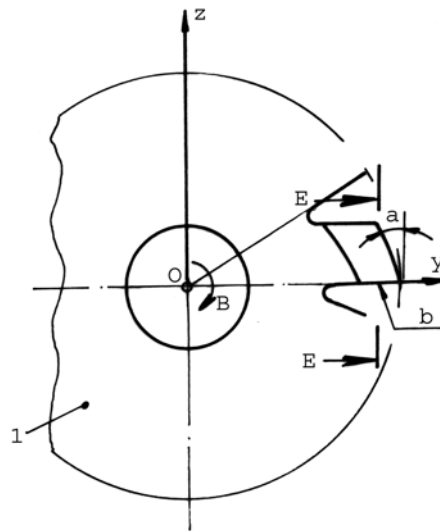


Figura 2

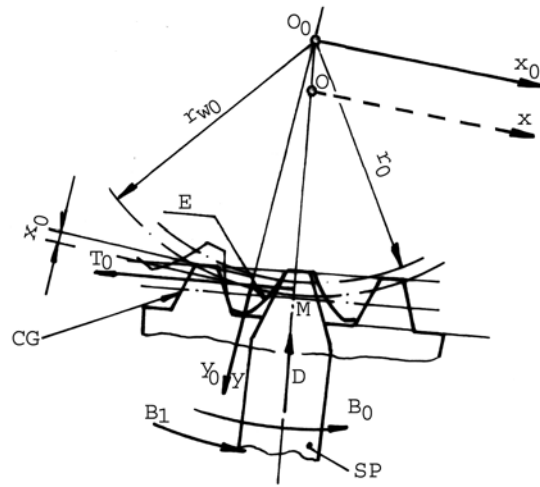


Figura 3



Figura 4

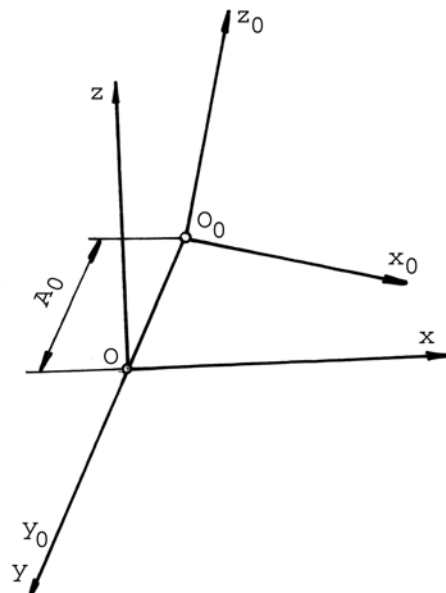


Figura 5

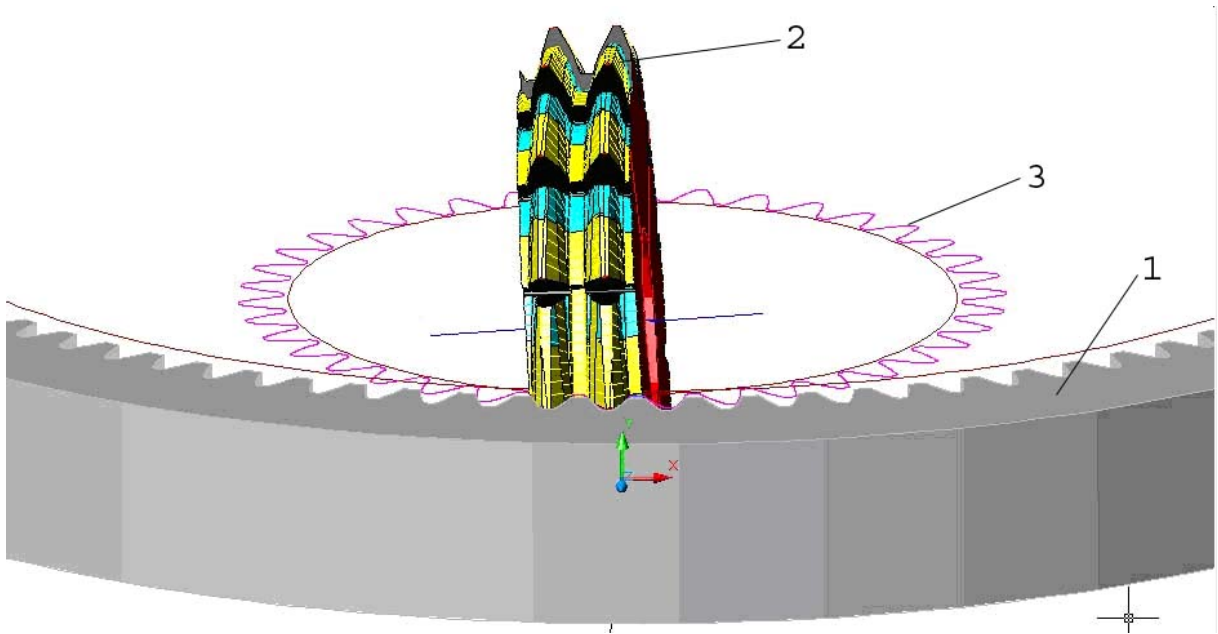


Figura 6 Modelul cinematic al procesului de danturare

STRUNG UNIVERSAL RECONFIGURABIL REZUMAT

Invenția se referă la construcția și cinematica unu nou tip de strung universal reconfigurabil ce rezolvă problemele legate de strunjirea atât a suprafețelor profilate longitudinal, cât și a suprafețelor profilate transversal. În plus, strungul propus este capabil să realizeze detalonarea unor freze-melc profilate longitudinal (de exemplu detalonarea unei freze-melc globoidale).

Strungul universal reconfigurabil are un grad ridicat de universalitate, care permite ca, folosind o unică mașină, să poată fi prelucrate toate tipurile de suprafețe cilindrice, conice sau elicoidale.

La prelucrarea suprafețelor profilate longitudinal, inclusiv arbori în trepte, sania portcuțit poate orienta scula în raport cu suprafața prelucrată astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor κ și κ_1 să poată fi controlate după necesitate (de exemplu sa fie menținute constante).

La prelucrarea suprafețelor prelucrate transversal, sania portcuțit orienta scula în raport cu suprafața prelucrată, astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor α și γ să poată fi controlate după necesitate.

La prelucrarea suprafețelor de așezare ale sculelor detalonate, cele patru mișcări oferite de modulele care compun strungul pot fi corelate folosind un interpolator reconfigurabil, astfel încât să se controleze direcția de detalonare (axial, radial, altă direcție), legea de detalonare (arhimedică, logaritmică, altă lege), profilul suprafeței pe care este dispusă elicea dinților sculei (de exemplu circular pentru o freză melc globoidală), profilul transversal al dinților sculei (de exemplu profilul evolventic al unei freze-melc globoidale), precum și înclinația canalelor dinților sculei (eventual forma elicoidală a acestora).

Din cauză că poziția sculei în raport cu normala la profilul piesei în punctul curent poate fi menținută mereu aceeași, punctul generator al profilului nu se schimbă în timpul generării și de aceea nu se impune ca, la reascuțirea cuțitului, profilul muchiei tăietoare al sculei să nu se modifice, evitându-se astfel apariția unor erori de generare cauzate de imperfecțiunea profilului rezultat după reascuțire.

STRUNG UNIVERSAL RECONFIGURABIL

Prezenta invenție se referă la construcția și cinematica unui strung universal reconfigurabil care prin reconfigurare permite strunjirea suprafețelor profilate longitudinal interior sau exterior, profilate transversal interior sau exterior, a filetelor dispuse pe suprafețe profilate longitudinal, precum și detalonarea sculelor cum ar fi frezele cilindrice, frezele-melc cilindrice, frezele-melc globoidale, etc..

În literatura de specialitate și în practica industrială sunt cunoscute strungurile universale cu comandă numerică, strungurile cu comandă numerică pentru prelucrat suprafețe profilate transversal, strungurile de detalonat cu comandă numerică și strungurile revolver cu comandă numerică.

Aceste tipuri de strunguri au următoarele dezavantaje:

- nici unul nu poate realiza prelucrarea tuturor tipurilor de suprafețe, ci doar o anumită categorie de suprafețe, ceea ce implica un nivel ridicat al capitalului investit ;
- la strunjirea profilată longitudinal unghiurile κ și κ_1 se modifică dealungul profilului, ceea ce impune restricții în ceea ce privește forma profilelor ce pot fi strunjite în cursul unei faze de prelucrare date;
- la prelucrarea suprafețelor profilate transversal are loc o variație importantă a unghiurilor α și γ ale muchiei tăietoare, care limitează domeniul suprafețelor ce pot fi obținute;
- strungurile de detalonat nu permit realizarea unor suprafețe elicoidale dispuse pe suprafețe de revoluție profilate longitudinal și nici detalonarea dinților frezelor-melc ale căror muchii sunt dispuse pe astfel de suprafețe elicoidale. Spre exemplu nu se poate prelucra pe nici unul din strungurile cunoscute o freză melc globoidală;
- la strunjirea suprafețelor profilate longitudinal punctul generator al muchiei tăietoare se modifică funcție de panta profilului; de aceea se impune ca, la reascuțirea cuțitului, profilul muchiei tăietoare al sculei să nu se modifice, întrucât în caz contrar apar erori de generare.

Strungul universal reconfigurabil, *potrivit invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că*, în scopul de a putea strunji suprafețe profilate longitudinal sau profilate transversal, precum și suprafețele elicoidale dispuse pe acestea, și de a putea controla poziția muchiei tăietoare în raport cu suprafața prelucrată, se compune din patru module independente, controlate numeric, doua de rotație și doua de translație, care pot fi configurate, astfel încât să formeze un cadru la capetele căruia sunt piesa, respectiv scula. Corelarea pozițiilor celor patru module în cursul generării suprafeței, astfel încât parametrii geometrici ai acesteia și parametrii regimului de lucru să aibă valorile programate, este realizată de un interpolator, care este autoconfigurabil ca lege de interpolare și ca sistem de referință. Informația conținută în programul piesă este procesată de un interpretor, care este autoconfigurabil în funcție de poziția relativă a modulelor strungului, și care, în plus, semnalează coliziunile ce ar putea apărea în cursul executării programului piesă.

Strungul universal reconfigurabil are următoarele *avantaje*:

- are un grad ridicat de universalitate, care permite ca, folosind o unică mașină, să poată fi prelucrate toate tipurile de suprafețe de revoluție;
- la prelucrarea suprafețelor profilate longitudinal, inclusiv arbori în trepte, sania portcuțit poate orienta scula în raport cu suprafața prelucrată, astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor κ și κ_1 să poată fi controlate după necesitate (de exemplu sa fie menținute constante);
- la prelucrarea suprafețelor prelucrate transversal, sania portcuțit poate orienta scula în raport cu suprafața prelucrată, astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor α și γ să poată fi controlate după necesitate;
- la prelucrarea suprafețelor de așezare ale sculelor detalonate, cele patru mișcări oferite de modulele care compun strungul pot fi corelate folosind un interpolator reconfigurabil, astfel încât să se controleze direcția de detalonare (axial, radial sau altă direcție), legea de detalonare (arhimedică, logaritmică sau

altă lege), profilul suprafeței pe care este dispusă elicea dinților sculei (de exemplu circular, pentru o freză melc globoidală), profilul transversal al dinților sculei (de exemplu profilul evolventic al unei freze-melc globoidale), precum și înclinația canalelor dinților sculei (eventual forma elicoidală a acestora);

- din cauză că poziția sculei în raport cu normala la profilul piesei în punctul curent poate fi menținută mereu aceeași, punctul generator al profilului nu se schimbă în timpul generării și de aceea nu se impune ca, la reascuțirea cuțitului, profilul muchiei tăietoare al sculei să nu se modifice, evitându-se astfel apariția unor erori de generare cauzate de imperfecțiunea profilului rezultat după reascuțire;

- la citirea programului piesă, interpretorul verifică, atât semantica și sintaxa, cât și posibilitatea de apariție a unei coliziuni în timpul executării programului piesă.

În cele ce urmează se va face o descriere detaliată a obiectului invenției în legătură cu figurile 1, 2, și 3 care reprezintă:

figura 1 Strungul potrivit invenției, configurat pentru strunjirea, filetarea și detalonarea profilelor longitudinale;

figura 2 Strungul potrivit invenției, configurat pentru strunjirea profilelor transversale;

figura 3 Poziționarea sculei cu vârful în centrul de rotație al ansamblului rotativ portcuțit.

Strungul universal reconfigurabil este compus din patru module independente, controlate numeric, având fiecare senzori de poziție și motoare de acționare independente. Aceste module sunt: universalul, sania longitudinală, sania transversală, masa rotativă.

Operațiile ce pot fi executate cu ajutorul acestui nou tip de strung sunt:

- strunjirea suprafețelor profilate longitudinal, sau frontal, exterioare sau interioare;
- filetarea suprafețelor profilate longitudinal sau frontal, exterioare sau interioare;
- detalonarea dinților dispuși pe suprafețe profilate longitudinal sau frontal.
- strunjirea suprafețelor prelucrate transversal, exterioare sau interioare;
- filetarea suprafețelor prelucrate transversal, exterioare sau interioare.

Strungul universal reconfigurabil, configurat pentru strunjirea și detalonarea profilelor longitudinale, figura 1, *conform invenției* este alcătuit din partea fixa a strungului 1, universalul 2, piesa de prelucrat 3, cuțitul de strung 4, portcuțitul 5, ghidajul saniei longitudinale 6, masa rotativa 7, sania transversală 8, ghidajul saniei transversale 9. În timpul prelucrării suprafețelor profilate longitudinal, prin rotirea mesei rotative 7, cuțitul de strung va avea poziția controlată astfel încât unghiurile κ și κ_1 sa fie constante.

Atribuind portcuțitului o mișcare de rotație în jurul unei axe perpendiculară pe axa piesei se dă posibilitatea orientării sculei după direcția de detalonare, iar prin interpolarea deplasărilor după axele x și z ale cuțitului și corelarea acestora cu rotația piesei se poate realiza detalonarea unor freze-melc profilate longitudinal (de exemplu detalonarea unei freze-melc globoidale).

Strungul universal reconfigurabil, configurat pentru strunjirea și filetarea suprafețelor profilate transversal, figura 2, conform invenției este alcătuit din partea fixa a strungului 1, universalul 2, piesa de prelucrat 3, cuțitul de strung 4, portcuțitul 5, ghidajul saniei longitudinale 6, masa rotativa 7, sania transversală 8, ghidajul saniei transversale 9. Prin montarea mesei rotative 7 cu axa acesteia paralelă cu axa de rotație a semifabricatului de prelucrat, având vârful tăietor al cuțitului pe axa de rotație a mesei rotative, se pot prelucra suprafețe de revoluție poliexcentrice, precum și suprafețe profilate cum ar fi camele. Coordonarea mișcărilor este realizată prin intermediul unui interpolator autoconfigurabil.

Prin poziționarea vârfului cuțitului de strung pe axa de rotație a mesei rotative 7, figura 3, axa de rotație a mesei rotative, 11, fiind paralelă în plan orizontal cu axa de rotație a semifabricatului 10, se elimină necesitatea deplasării pe verticală a cuțitului.

REVENDICĂRI

1. Strung universal reconfigurabil, caracterizat prin aceea că, în scopul de a putea strunji suprafețe profilate longitudinal sau profilate transversal și de a putea controla poziția muchiei tăietoare în raport cu suprafața prelucrată, se compune din patru module independente, controlate numeric, doua de rotație și doua de translație, care pot fi configurate, astfel încât să formeze un cadru la capetele căruia sunt piesa, respectiv scula.

2. Strung universal reconfigurabil conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, un interpolator, autoconfigurabil ca lege de interpolare și ca sisteme de referință, corelează pozițiile celor patru module în cursul generării suprafeței, astfel încât parametrii geometrici ai acesteia și parametrii regimului de lucru să aibă valorile programate.

3. Strung universal reconfigurabil conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, interpretorul este autoconfigurabil funcție de poziția relativă a modulelor strungului, și în plus, semnaleză coliziunile ce ar putea apărea în cursul executării programului piesă.

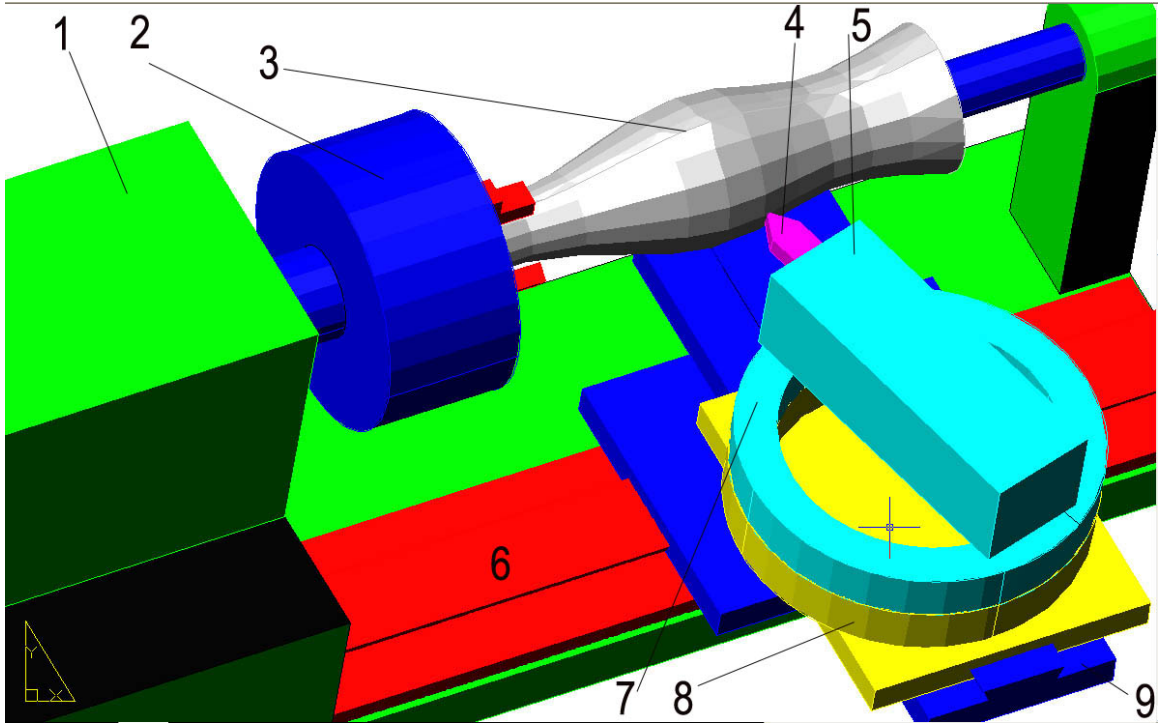


figura 1

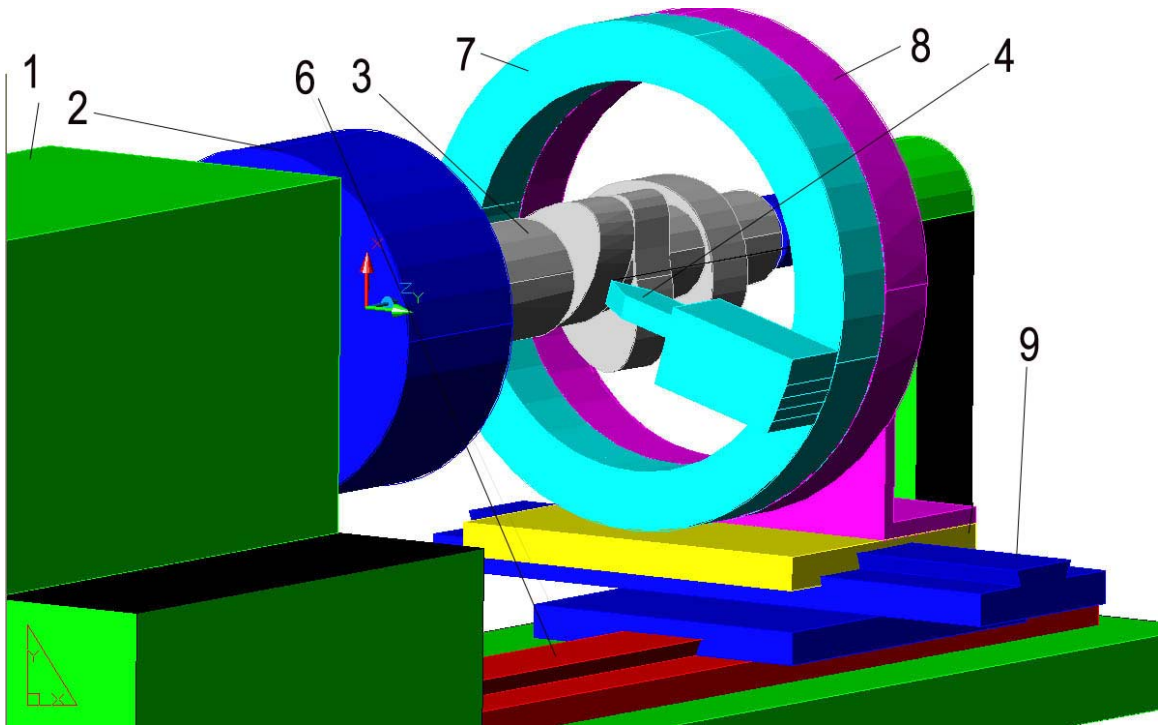


figura 2

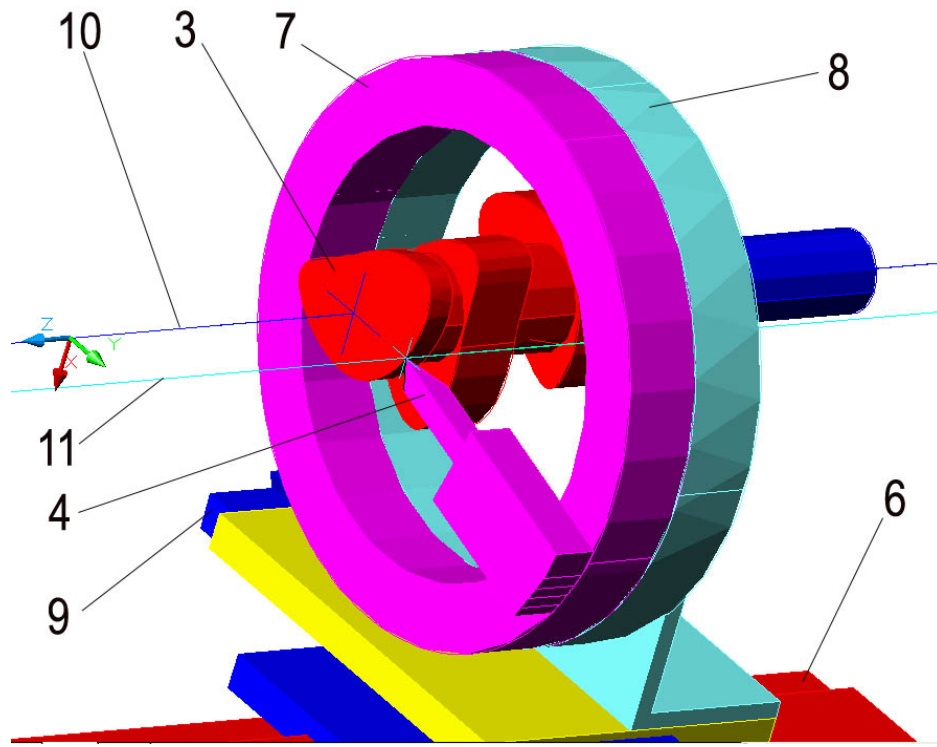


figura 3

8.3. Efecte multiplicatoare



L20 - Annale UDJG 2006 Fascicula V.pdf



Module Worm Cutter with Active Surfaces Generated by Continuous Sharpening.pdf

9. Rezumatul publicabil in limba romana

Titlul proiectului: Tehnici bazate pe tehnologia informatiei si comunicarii pentru controlul dimensional adaptiv/inteligent al unei noi generatii de sisteme de manufacturare reconfigurabile

Rezumat:

Sistemele de fabricație reconfigurabile din noua generație se caracterizează prin faptul că pe aceste sisteme are loc: fabricarea, monitorizarea procesului, identificarea geometrică și cinematică a procesului, corecția și compensarea erorilor geometrice și de proces. Toate aceste activități au loc on-line și fără intervenția operatorului.

În timpul funcționării unui RMS, în spațiul ocupat de acestea se instalează simultan un ansamblu de câmpuri mecanice, termice, electrice sau chiar magnetice, care solicită sistemul. Efectul acestei solicitări este instalarea altor câmpuri cum ar fi: câmpul deformațiilor elastice, câmpul tensiunilor electrice, câmpul deformațiilor termice sau câmpul uzurilor, toate provocând inevitabil abateri dimensionale ale obiectului manufacturat. În prezent, pentru diminuarea abaterilor dimensionale (efectul), se procedează la reducerea intensității procesului de manufacturare și la reducerea erorilor componentelor sistemului (cauza), ceea ce afectează dramatic economicitatea procesului. În plus, câmpurile de natură termo-mecanică ce se instalează în sistemele de manufacturare au unele particularități (cum ar fi coerența) care pot genera proprietăți specifice și tehnici de manipulare, de asemenea specifice.

Aceste aspecte au indus ideea că pentru păstrarea la nivel înalt a intensității procesului este necesară folosirea unor echipamente ieftine - pentru a asigura economicitatea - iar pentru a asigura precizia, se impune compensarea abaterilor dimensionale în locul reducerii acestora.

Pentru a se putea realiza compensarea erorilor și a putea fi utilizate particularitățile câmpurilor apărute la sistemele de manufacturare reconfigurabile a fost necesară dezvoltarea unor tehnici de identificare și conducere adaptiv / inteligentă a acestor sisteme.

Dezvoltarea noilor tehnici de identificare a sistemelor de fabricație reconfigurabile pornește de la stabilirea modelului matematic al componentei sistemului și al erorilor acestuia.

Modelarea geometriei, cinematicii și dinamicii sistemelor de fabricație reconfigurabile se realizează prin descrierea discretă a realității.

În cadrul cercetării efectuate în prezentul proiect au fost dezvoltate următoarele tehnici noi:

1. Tehnica celor mai apropiați vecini.
2. Tehnica raționamentului bazat pe cazuri.
3. Tehnica bazată pe coerența dinamicii.
4. Tehnica regenerării virtuale.
5. Tehnica vecinătăților virtuale.
6. Tehnica circulației parametrilor.
7. Tehnica gradientului.
8. Tehnica modelării armonice.
9. Tehnica modelării spline-cubice.
10. Tehnica modelării neuronale.

11. Tehnici de căutare genetică.

Noile tehnici realizează înlocuirea sistemului printr-un model analitic, numeric sau logic, având parametri ce pot fi determinați prin metode specifice.

Determinarea parametrilor modelului permite identificarea on-line a sistemului de manufacturare și, prin acest lucru, face posibile acțiunile necesare pentru compensarea erorilor de prelucrare.

Metodele utilizate în cadrul noilor tehnici sunt metode moderne, specifice inteligenței artificiale, (algoritmi genetici, modelare cu ajutorul rețelelor neuronale, utilizarea modelelor logice, prelucrare virtuală), făcând posibilă obținerea unor rezultate rapide în condițiile utilizării unui echipament de calcul cu preț scăzut. Datorită acestui fapt se pot realiza sisteme de tipul *embedded systems*.

Au fost introduse concepte noi referitoare la identificarea sistemelor de manufacturare, ca de exemplu conceptul de structură topologică, a cărei aplicare permite identificarea simultană a mai multor suprafețe. Acest tip de identificare este mult mai aproape de realitate deoarece suprafețele componente sunt considerate în ansamblul lor și nu ca suprafețe individuale independente. Rezultatele obținute prin identificare neuronală și genetică a structurilor topologice au confirmat avantajele privind exactitatea identificării obținute prin acest mod de abordare.

Aplicarea acestor tehnici de identificare a permis dezvoltarea unor noi tehnici de control dimensional adaptiv / inteligente:

Controlul adaptiv-neuronal este o tehnică de control bazată pe un model obținut prin antrenarea unei rețele neuronale pe baza bazei de date ce conține datele numerice obținute prin simularea experiențelor. Sunt analizate fenomenele mecanice, de tip static, pe baza unui model general și peren.

Valorile parametrilor ce caracterizează modelul sunt determinate prin metoda “back propagation”, prin identificarea off-line a sistemului. Variabilele deterministe au structura n variabile de intrare / n variabile de ieșire.

Performanța modelului este evaluată prin valoarea erorii medii, permițând implementarea preventivă a comenzii.

Controlul adaptiv-armonic utilizează modele analitice armonice, locale și temporare, obținute pe baza experiențelor fizice ce constau în măsurarea in-situ a erorilor apărute la deplasarea săniilor mașinilor-unelte.

Modelul obținut este influențat de fenomenele termo-mecanice ce apar pe parcursul desfășurării experimentelor, acoperind aspectul cinematic al erorilor apărute la deplasarea săniilor. Variabilele sunt deterministe și sunt calculate prin metode analitice, având structura: 1 variabilă de intrare / 1 variabilă de ieșire.

Performanța modelului obținut este evaluată prin eroarea medie și permite determinarea unei comenzi de tip proporțional.

Control inteligent-bazat pe cazuri are la bază un model logic, cu variabile de tip determinist. Modelele utilizate sunt modele locale și temporare. Baza de date din care se aleg modelele este obținută prin experiențe fizice, iar performanța modelului este evaluată prin gradul maxim al erorii. Comanda este de tip preventiv.

Controlul adaptiv-topologic se referă la folosirea unui model analitic, constituit pe baza experiențelor numerice. Modelul neuronal ia în considerare seturile de suprafețe care formează o structură topologică și, pe baza metodei “back propagation”, le analizează ca

un ansamblu de suprafețe. Aceste modele sunt influențate de aspectul static mecanic al manufacturării acestor ansambluri de suprafețe, fiind modele generale și perene.

Variabilele deterministe sunt de tipul n/n, fiind determinate prin metoda “back propagation”, iar modul de identificare a sistemului este de tip off-line.

Performanța modelului este evaluată prin nivelul maxim al erorii, permițând stabilirea preventivă a comenzii.

Controlul preventiv-inteligent se bazează pe un model analitic cu selectat dintr-o bază de date obținute prin experiențe fizice. Modelul este local și temporar, parametrii săi fiind obținuți prin regresie. Identificarea sistemului este executată in-cycle, fiind posibilă implementarea preventivă a comenzii. Evaluarea rezultatelor modelului este făcută prin nivelul erorii medii.

Controlul adaptiv-integrat permite identificarea simultană a piesei și a sistemului de măsurare, utilizând un model de tip analitic general și temporar, obținut pe baza experiențelor numerice. Identificarea este realizată on-line.

Pentru determinarea parametrilor modelului polinomial se utilizează algoritmi genetici.

Modelul este influențat de fenomenele mecanice apărute în procesul de identificare și are aspect static.

Variabilele sunt deterministe, de tip n/n.

Performanța modelării este evaluată prin dinamica valorilor parametrilor modelului, fiind astfel posibilă implementarea comenzii preventive.

Controlul inteligent-bazat pe vecinătăți se bazează pe un model numeric, general și temporar. Valorile parametrilor modelului cazuistic sunt determinate prin metoda “K-nearest neighbor”, prin analizarea unei baze de date obținute prin experiențe numerice.

Realizare de produse software

În baza noilor metode de identificare, s-a realizat un pachet de programe pentru identificarea geometrică și cinematică:

Identificare geometrică:

PLAN.PAS – determinarea coeficienților ecuației unui plan determinat prin 3 puncte;

COEF.PAS – determinarea coeficienților ecuației care fituiește un nor de puncte dintr-un plan;

EC-PL.PAS – determinarea ecuației unui nor de puncte aflate într-un plan;

FIT-2PL.PAS – fituirea a două plane;

FIT-TRI.PAS – fituirea unui triedru;

IDENTIF.PAS – identificarea ecuației unui cilindru pe baza punctelor de pe el;

ID_ELIPS.PAS – determinarea necilindricității unui nor de puncte;

ID_CON.PAS – determinarea conicității unui nor de puncte;

FITUIRE.M – fituirea unui triedru prin algoritmi genetici;

SUP_CONJ.M – identificarea suprafețelor prin rețele neuronale;

SUP_CONJ_C.M – identificarea corecțiilor prin rețele neuronale;

Identificare cinematică:

CREMALIERA.M – profilarea sculei cremalieră reconfigurabile;

FITUIRE-PL1.M – fituirea unui plan prin algoritmi genetici;
FOURIER.M – determinarea coeficienților seriei Fourier care aproximează un șir de date experimentale;
PLAN_NEURO.M – identificarea unui plan utilizând rețele neuronale;
GENERARE_CILINDRU.M – identificarea unui cilindru utilizând rețele neuronale;
GENERARE_PLAN.M - identificarea unui plan utilizând rețele neuronale;
GENERARE_GENERAL.M - identificarea unui ansamblu de suprafețe (cilindru+plan) utilizând rețele neuronale;
CREMALIERA.LSP – determinarea avansului variabil astfel încât să se asigure o anumită valoare a secțiunii așchii nedetașate.

10. Rezumatul publicabil in limba engleza

Project title: ICT Based Techniques for Adaptive/Intelligent Dimensional Control of a New Generation Reconfigurable Manufacturing Systems

Abstract:

The reconfigurable machining systems are characterized by fact that on these systems is made the machining, the process monitoring, the kinematics and geometrical identification of the system, the geometrical and process errors compensation and correction. All these activities have on-line and without operator intervention.

In the RMS functioning time, in this space appear a mechanical, thermal, electrical and magnetically fields assembly, which load the system. The effect of these loads is the appearing of another fields as: the elastically deformation field, the electrical field, the thermal deformation field and the wearing field, all these inducing dimensional deviations of the manufactured part. In present, for the dimensional deviation decreasing, the process intensity is reduced, fact which affect the process profitableness. More, the thermal-mechanical fields have some specifically proprieties which may generate some specifically handling techniques.

These aspects have induced the idea that, for process intensity keeping, is need to use low cost equipment -in order to maintain the profitableness- and for precision keeping is need to compensate the dimensional deviation.

In order to compensate the errors and to use the fields particularities, was necessary to develop some identify and intelligent process leading for these systems.

The new identification techniques of RMS start by mathematical model establishing of system components and of the errors.

The geometrical, kinematics and dynamics modeling of RMS is realized by discreetly modeling of reality.

In the frame of research in this project was developed the following techniques:

1. The nearest neighbors' technique.
2. The case based reasoning technique.
3. The technique based on the dynamics coherence.
4. The virtual re-generation technique.
5. The virtual neighbor technique.
6. The parameters circulation technique.
7. The gradient technique.
8. The harmonically modeling technique.
9. The cubic-spline modeling.
10. The neural modeling technique.
11. The genetically search technique.

These new techniques replace the system by an analytical, numerical or logical model, having the parameters which may be determined by specifically methods.

The methods used in these new techniques are modern method, specifically for artificial intelligence (genetic algorithms, modeling with neural network, using logical methods, virtual machining), being possible to obtain results fast and in conditions of low cost computing equipment usage. Due of this fact is possible to realize embedded systems.

Were inserted new concepts regarding the RMS identification, as topologically structure, which allow simultaneous identifying of more than one surface. This identification type

is type is closer to reality because the components surfaces are regarded as an assembly and not as individually surfaces. The results confirm the advantage of this approach.

The applying of these identification techniques allow to developed new dimensional intelligent control:

The neuronal control is a control technique based on a model obtained by neural network trained based on data bases which contain numerical data obtained by experience simulation.

The parameters values are determined by back-propagation method, by system off-line identification. The variables have the structure n input / n output.

The model performance is evaluated by the average error value.

The harmonic control use local and harmonic models, obtained based on physically experiences, which consist on in-situ measuring of errors appeared at sliding movement.

The variables are calculated by analytical methods and have the structure: 1 input / 1 output. The model performance is evaluated by the average error value.

The case based intelligent control is based on a logical model, with local and temporary models. The data base is obtained by physical experiences and the model performance is evaluated by the errors maximum value.

The topological adaptive control use an analytical model, obtained based on numerical experiments. The neural model regards the surfaces assemblies which are topological structures and analyze it, by back propagation method, as a surfaces assembly. The system is off-line identifying.

The model performance is evaluated by error maximum level.

The preventive intelligent control is based on an analytical model selected from a data base obtained by physical experiences. The system is in-cycle identified and the model performance is evaluated by the error average value.

The adaptive integrated control allows to simultaneous identify the piece and the measurement system, using an analytical and temporary model, obtained based on numerical experiences. The identification is made on-line and the model performance is evaluated by model parameters dynamics.

The intelligent neighbor based control is based on a numerical model, general and temporary. The model parameters are determined by “K-nearest neighbor”, by analyzing the data base obtained by numerical experiences.

Software

Based on these new identification methods, was realized a software suite for geometrical and kinematics identification.

PLAN.PAS;
COEF.PAS;
EC-PL.;
FIT-2PL.PAS;
FIT-TRI.PAS;
IDENTIF.PAS;
ID_ELIPS.PAS;
ID_CON.PAS;

FITUIRE.M;
SUP_CONJ.M;
SUP_CONJ_C.M;
CREMALIERA.M;
FITUIRE-PL1.M;
FOURIER.M;
PLAN_NEURO.M;
GENERARE_CILINDRU.M;
GENERARE_PLAN.M;
GENERARE_GENERAL.M;
CREMALIERA.LSP.