

## MECANISME DE AVANS PARALEL IMPLEMENTATE ÎN SISTEME FLEXIBILE DE FABRICATIE

**Dorin HIRTE<sup>1</sup>, Ioan MIHAILA<sup>2</sup>, Macedon GANEA<sup>3</sup>, Marius NICA<sup>4</sup>, Gheorhe DONCA<sup>5</sup>**

1. eng., drd., University of Oradea, e-mail: [dorinhirte@gmail.com](mailto:dorinhirte@gmail.com), 2. prof., PhD., eng., University of Oradea, 3. prof., PhD., eng., University of Oradea, 4. eng., drd., University of Oradea, 5. eng., drd. University of Oradea

**Cuvinte cheie:** mecanism, paralel, gantry, avans.

### Abstract.

Preoccupation off researcher on world wide consist in optimization of the feed mechanisms of fated advances of the machines tools, robots, monorail and manipulators which are incorporated in the flexible systems of manufacturing.

Due to the economic and flexibility factors, the performances of equipments are all exacting mau, respectively the accuracy, the speed the as well as the reliability.

### 1. INTRODUCERE

O preocupare majora a cercetatorilor pe plan mondial consta în solutionarea mecanismelor de avans destinate masinilor unelte, robotilor, manipuloarelor si a diverselor agregate ce sunt înglobate în sistemele flexibile de fabricatie.

Datorita factorilor economici precum si a factorilor flexibilitatii, performantelor ce se preteaza diverselor utilaje sunt tot mai exigente, respectiv precizia, viteza precum si fiabilitatea.

Principala componenta, care influenteaza performanta unui mecanism de avans, este rigiditate dinamica a acestuia. Cauza majora, care afecteaza rigiditatea este data de însumarea elementelor elastice ce intervin în sistem în mod involuntar, influentând în mod negativ performantele întregului agregat.

O serie de subansamble ale mecanismelor, cum sunt: suruburile cu bile, ghidajele, cureaua de transmisie, rotile de curea, lagarele, rotile dintate, pinioanele, cremalierele toate aceste au caracteristici elastice si joc. Partial, prin pretensionari precise, anumite jocuri pot fi reduce, sau chiar eliminate, dar în întregul ansamblu ramân deformatii si jocuri precum elasticitati cumulate de gen histerezis.

O problema majora ramâne eliminarea deformatiilor cauzate de cuplurile create la accelerari, frânari repetate, precum si întreținerea sarcinii de lucru a mecanismului. Cauza aparitiei acestor cupluri se datoreaza si ca urmare a pozitiei punctului de aplicare al fortei asupra organului mobil, care deriva în general din considerente constructive.

Cu cât masa elementului mobil este mai mare, cu atât efectul cauzat de cuplu este mai ridicat, fiind foarte evident la schimbarea sensului miscarii.

Acest tip de cupluri introduc în sistem deformatii ce pot compromite precizia agregatului, precum si o uzarea prematura a mecanismelor de avans.

Aceste neajunsuri au fost eliminate prin implementarea sistemelor de avans paralel.

### 2. MECANISMELE DE AVANS PARALEL

Mecanismul de avans paralel, figura 1, se caracterizeaza prin introducerea a doua puncte de aplicare a fortei asupra organului mobil, astfel reducându-se efectul cuplului asupra mecanismului de avans si celorlalte subansamble.

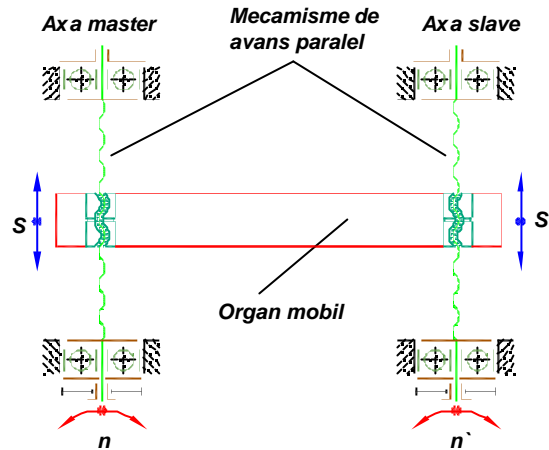


Figura 1. Mecanism de avans paralel.

Deplasarea unui organ mobil prin intermediul unui mecanism de avans paralel, se realizeaza prin actionarea celor doua mecanisme simultan în aceleasi sens de rotatie, cu aceeasi turatie pentru ambele axe.

În cazul mecanismului de avans prezentat în figura 1, axa Master si axa Slave sunt conduse perfect sincron, cu aceeasi turatie,  $n = n'$ , rezultând un avans egal pe fiecare axa,  $s = s'$ .

Cresterea rigiditatii dinamice este efectul actionarii miscarii de avans, prin intermediul a doua mecanisme paralele si sincrone, situate la o distanta cât mai mare între ele, cu scopul de a prelua cuplul de forte. Miscarea rezultanta în urma actionarii paralele poate elimina dezavantajele majore enuntate mai sus.

### 3. SISTEMUL DE AXE GANTRY

Axele Gantry sunt întâlnite frecvent la masinile unelte cu comanda numerica de gabarit mare, figura 2. Tipic acestor utilaje sunt perechile de actionari paralele pe fiecare axa, care constau în servomotoare, reductoare cu curea dintata, suruburi cu bile. Actionarea servomotoarelor pe o axa se realizeaza prin intermediul a doua variatoare, care lucreaza sincron.



Figura 2. Axe Gantry.

Sincronizarea celor doua servomotoare este realizata de echipamentul CNC al utilajului, datorita buclilor închise de traductoare. Feedback-ul este asigurat pentru fiecare mecanism de avans în parte de un traductor de pozitie si respectiv tahogeneratorul servomotorului.

Utilajele în a caror construcție se regăsesc axele Gantry sunt cele tipice producerii de regimuri grele și intense.

Axele Gantry Mill asigură avansul capul de frezat fiind supuse la două regimuri:

- regim impulsional, specific cuplurilor de frânare și accelerare;
- regim frezare, specific cuplului necesar operațiilor de frezare.

Axele Gantry Drill asigură doar poziționarea capul de găurire, fiind supus doar regimului impulsional.

#### 4. ECHIPAMENTUL CNC SPECIALIZATE PENTRU AXE GANTRY

Implementarea axelor Gantry în construcția mașinilor unelte necesită un echipament CNC, capabil să poată conduce sincron perechile de axe. Astfel de echipamente sunt produse de firma Siemens, mai precis CNC SINUMERIK 840D/810D/FM-NC.

Axele Gantry cuprind cel puțin o pereche de axe, axa de master și axa slave. Condiția de funcționare a mecanismului este de a acționa sincron ambele axe.

Axa Master este axa gantry marcată ca etalon și este controlată ca și o axa normală CNC. Axa Slave este condusă sincron funcție de starea axei conducătoare.

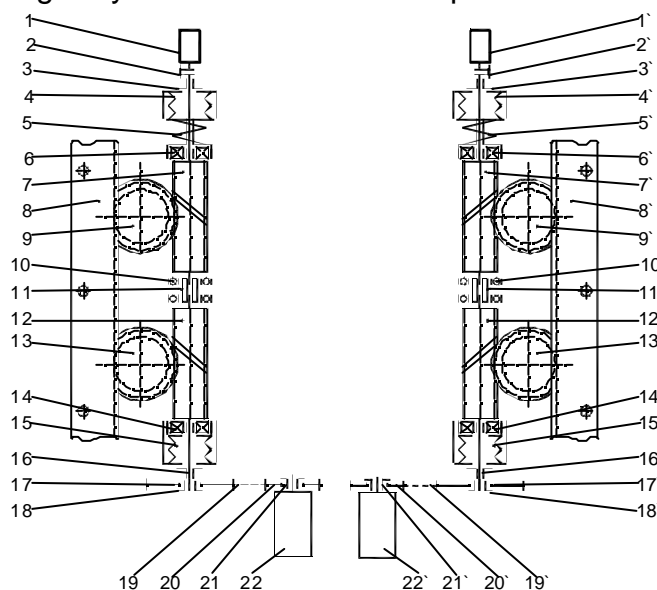
Funcția "Gantry axes" a CNC-ului poate fi subdivizată în următoarele funcții:

1. Generarea punctelor de origine a axelor sincronizate.
2. Monitorizarea diferențiată a valorii reale.
3. Urmărirea referinței și sincronizarea axei master și a axei slave.

Prin introducerea comenzilor de către operator, prin intermediul interfeței, sau prin programul - piesă, CNC-ul se adresează în măsură egală la toate axele în grupul de axe gantry. Când funcția "Gantry axes" este activă, sincronizarea originii este generată direct de la axa de master în toate modulele secundare.[5]

#### 5. MECANISMUL DE AVANS PARALEL CU DOUA MORTOARE CONDUSE SINCRON

Mecanism de avans paralel liniar de tip pinion dublu cremaliera, figura 3, este mecanismul tipic axelor gantry mill condus de un echipament CNC specializat.



**Figura 3. Mecanism de avans paralel liniar de tip pinion dublu cremaliera, acționat prin intermediul a două servomotoare conduse sincron.**

1,1' - traductor axa X1, respectiv axa X2;

2,2' - cuplaj axa X1, respectiv axa X2;

- 3,16,3',16` - piulita de blocare axa X1, respectiv axa X2;  
 4,15,4`15` - caseta cu arcuri de suprasarcina, axa X1, respectiv axa X2;  
 5,5` - caseta cu arcuri de pretensionare, axa X1, respectiv axa X2;  
 6,10,14,6',10',14` - lagare axa X1, respectiv axa X2  
 7,12,7',12` - melci coaxiali axa X1, respectiv axa X2  
 8,8` - cremaliera axa X1, respectiv axa X2  
 9,13,9',13` - pinioane axa X1, respectiv axa X2  
 11,11` - cuplaj canelat axa X1, respectiv axa X2  
 18,21,18',21` - pene conice de blocare axa X1, respectiv axa X2  
 17,20,17',20` - roți de curea axa X1, respectiv axa X2  
 19,19` - curea dintata de transmisie axa X1, respectiv axa X2  
 22,22` - servomotoare de avans axa X1, respectiv axa X2

## 6. MECANISMUL DE AVANS PARALEL SINCRONIZAT CU UN MECANISM DE BIFURCATIE MECANICA CU UN SINGUR MOTOR.

Mecanism de avans paralel liniar tipic axelor Gantry Drill, figura 4, unde compensarea deplasării axei secundare se realizează prin intermediul unui mecanism sumator diferential.

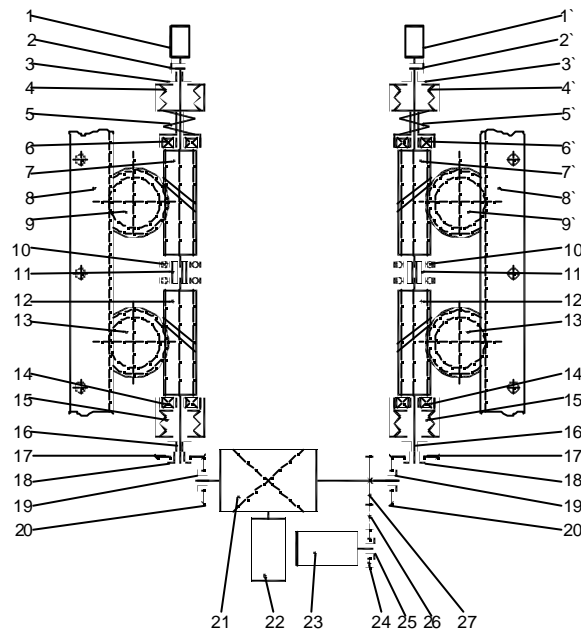


Figura 4. Mecanism de avans paralel liniar de tip pinion dublu cremaliera, actionat prin intermediul unui mecanism sumator diferential.

- 1,1` - traductor axa X1, respectiv axa X2  
 2,2` - cuplaj axa X1, respectiv axa X2  
 3,16,3',16` - piulita de blocare axa X1, respectiv axa X2  
 4,15,4`15` - caseta cu arcuri de suprasarcina axa X1, respectiv axa X2  
 5,5` - caseta cu arcuri de pretensionare, axa X1, respectiv axa X2  
 6,10,15,6',10',15` - lagare axa X1, respectiv axa X2  
 7,12,7',12` - melci coaxiali axa X1, respectiv axa X2  
 8,8` - cremaliera axa X1, respectiv axa X2  
 9,13,9',13` - pinioane axa X1, respectiv axa X2  
 11,11` - cuplaj canelat axa X1, respectiv axa X2  
 18,19,25,18',19` - pene conice de blocare axa X1, respectiv axa X2  
 17,20,17',20` - roata dintata conica axa X1, respectiv axa X2  
 21 - mecanism sumator diferential;  
 22 - servomotor pentru compensare;  
 23 - servomotor principal de avans;  
 24,27 - roți de curea;  
 26 - curea dintata de transmisie.

Exemple din categoria mecanismelor de avans cuprinse în grupa tip pinion dublu – cremaliera, prezentate în figurile 3, respectiv 4, sunt mecanisme cu un raport abrupt de tip melc – roata melcata, precum și de o reducere cu curea dintată, lucru care va amplifica cuplul motorului, dar va limita viteza datorită frecării dintre dinții angrenajului.

Scoaterea jocului de angrenare se face prin pretensionarea arcul ( $5,5^\circ$ ) ce apasă cei doi melci ( $7,7^\circ$ ) axial, astfel ca pinioanele (9) vor avea contactele pe flancul stâng și respectiv drept al dinților, iar caseta cu arcurile ( $4,4^\circ$ ) au rol de protecție la suprasarcină.

Scoaterea jocului de angrenare presupune și pretensionarea torsională a mecanismului, astfel ca acesta să suporte sarcini mari fără vibrații torsionale.

În cazul mecanismului prezentat în figura 4, poziționarea liniară a elementului mobil este produsă de servomotorul (23). Servomotorului de compensare (22) intră în funcțiune în momentul în care sunt sesizate de traductorii ( $1,1^\circ$ ), diferențe între deplasarea pe axa Master și axa Slave.

## 7. MARIEREA RIGIDITĂȚII STATICE ȘI DINAMICE PRIN UTILIZAREA MECANISMELOR DE AVANS PARALEL

Cazul tipic de acționare pe o axă cu un singur mecanism de avans, figura 5, la mașinile unelte cu comandă numerică pot produce deformările ale saniei verticale. Un exemplu în acest caz fiind utilajul FPM 1000 CNC (STIMIN).

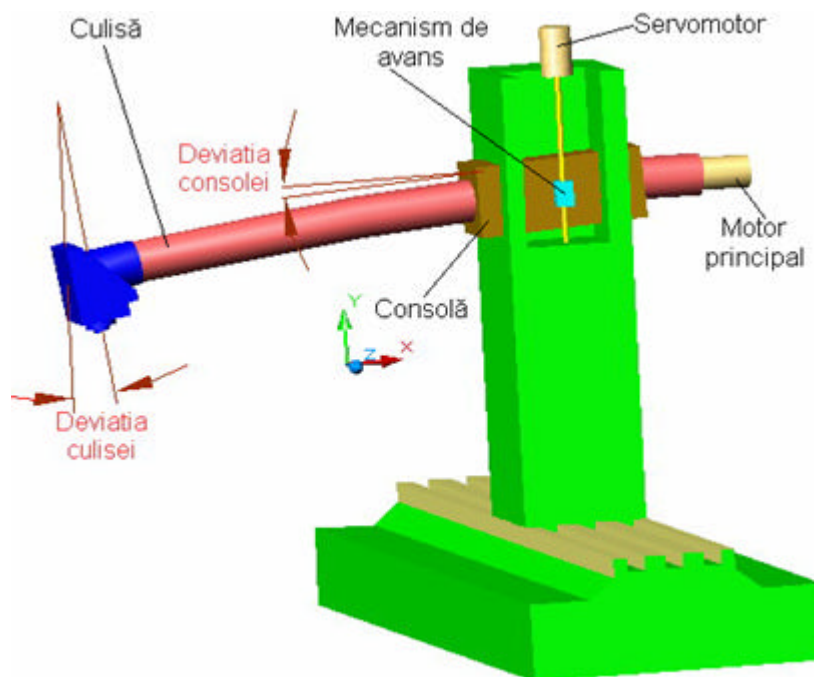


Figura 5. Acționare pe o axă cu un singur mecanism de avans.

Pentru cazul normal cu un singur șurub cu bile vertical, “caderea” culisei rezultată din deformarea consolei verticale la deplasarea culisei pe axa Y – orizontală este de 0,190mm la cursa Z de 1000mm.[4]

Deformațiile ce intervin în acest caz se datorează în mare măsură greutății și factorilor de elasticitate.

Soluționarea acestor probleme de către firma Ixion constă în implementarea a două mecanisme de avans cu șuruburi cu bile paralele, la distanța de 800 [mm] între ele acționate cu două servomotoare, pentru remedierea deformării consolei. “Caderea”

culisei va rezulta la 0,060 [mm], iar aceasta valoare nu mai este generata de deformatia saniei verticale ci de propria deformatie elastica a culisei sub greutatea proprie.

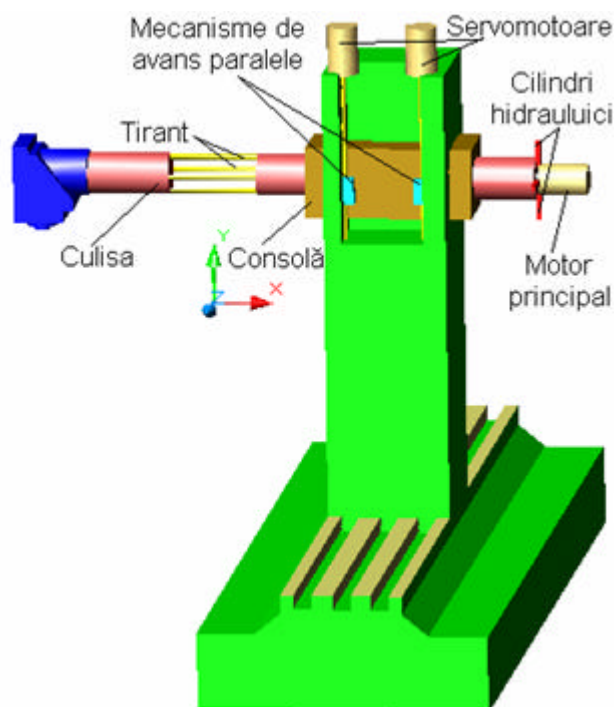


Figura 6. Rigidizarea consolei si a culisei.

Solutia firmei Ixion pentru remedierea caderii culisei consta în introducerea unor tiranti în interiorul acesteia. Tiranti vor fi actionati prin intermediul unor cilindrii hidraulici proportionali. Cursa tirantilor se poate determina pe cale empirica, functie de pozitia culisei fata de consola, figura 6.[5]

## 8. Concluzii

Utilizarea mecanismelor de avans paralele aduc multiple avantaje, cum ar fi: precizie mare de pozitionare, proportia greutatii dintre corpul transportat si mecanismul de avans în raport cu mecanismele seriale, rigiditate statica si dinamica datorita combinatiei formate de cele doua servomotoare pe o axa de avans, producerea unui cuplu mai mare decât cel întâlnit la mecanismele seriale. [1]

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Constantin, O., *The geometrical-structural analyze of the spatial parallel mechanism, type TTT*, Proceedings, of the 4 international conference on advanced manufacturing technologies, Editura Academiei Române, Bucuresti, 2005, ISBN 973-27-1254-6, pag. 461 – 464.
- [2] Ganea, M., Ganea, C., *Axe CNC cu mecanisme de avans paralele la masini unelte*, Sesiunea anuala de comunicari stiintifice, Univ. din Oradea, Mai 2001.
- [3] Ganea, M., Ungur, E., *Feed mechanism with double pinion-rack for linear axes at machine tools*, Sesiunea anuala de comunicari stiintifice, Univ.din Oradea, Mai 2004.
- [4] Ganea, M., *Marirea rigiditatii prin utilizarea de mecanisme de avans paralele la axele CNC ale masinilor unelte*, Sesiunea anuala de comunicari stiintifice, Univ.din Oradea, Mai 2000.
- [5] \*\*\* Prospectul firmei Siemens AG, *Sinumerik Special Functions (Vol. 3), SINUMERIK 840D/840Di/810D (CCU2), Description of Functions*, Germania, 2002, pag.147-169
- [6] \*\*\* Prospectul firmei Ixion Maschinenfabrik, *IA 5B, IA 5F*, Germania, 2003.