

CAPETE DE FREZAT CU POZITIONARE UNGHIULARA ADAPTABILE LA MASINI DE FREZAT SI DE ALEZAT SI FREZAT

George CONSTANTIN, Adrian GHIONEA

Universitatea POLITEHNICA din Bucuresti, Catedra Masini si Sisteme de Productie,
e-mail: george@imst.msp.pub.ro, ghionea@imst.msp.pub.ro

Abstract. The paper deals with aspects of the flexibility increase in existent machine tools used in fabrication by adapting of some assemblies of milling head type that enables a wide range of processes in the same workpiece clamping. Thus, the process efficiency and accuracy increase. Some advantages of using some kinematic and constructive variants of milling heads with accurate angular orientation on NC axes are underlined. Their basic functional characteristics are connected to drive, main spindle speed range, size, way of adapting on machine tools. Some possibilities of using in boring and milling and gantry machines, etc.

1. INTRODUCERE

Masinele-unelte moderne corespund în marea lor majoritate cerintelor de flexibilitate, productivitate sporita, structura cinematica simpla, actionari moderne, comanda realizata cu echipamente CNC pe un numar mare de axe (5 sau mai multe). De asemenea, acestora le sunt specifice: rigiditatea ridicata, precizia crescuta, o buna comportare dinamica si termica.

Caracteristicile cinematice, constructive si functionale sunt determinate de complexitatea si diversitatea pieselor si materialelor de prelucrat, tipul productiei, materialele si performantele sculelor aschietoare, procedeele tehnologice si parametrilor de proces foarte diversi. Astfel, turatiile de aschiere sunt situate la multe din masini în domeniul D_{nas} : 50, ..., 30000 rot/min sau mai mult, vitezele miscarilor de pozitionare au valori ridicate, de 10000 ... 15000 mm/min.

În ceea ce priveste piesele prelucrate (flanse, arbori, carcase, capace, placi, batiurii etc.) acestea sunt destinate unor produse din domenii foarte diverse: constructii de masini, energetic, nuclear, special, aerospacial, aparate, masini si utilaje etc. Acestea sunt constituite dintr-un numar mare de suprafete cu pozitii si orientari diverse, fabricatia actuala trebuind sa asigure prin sistemele tehnologice corespunzatoare prelucrarea dintr-o singura prindere.

Aceste cerinte fac ca masinile-unelte sa fie prevazute din conceptie cu o structura cinematica, cu ansambluri si sisteme de actionare si comanda specifice realizarii miscarilor de generare si de pozitionare. Între acestea se regasesc unele sisteme care realizeaza înmagazinarea si transferul sculelor aschietoare, sisteme de paletare, mese rotative cu pozitie reglabila pe una, doua sau trei axe, capete revolver (la strunguri, masini de gaurit, masini de frezat, masini de rectificat), capete de frezat cu pozitionare unghiulara precisa pe una, doua sau trei axe (la masini de alezat si frezat, masini de frezat longitudinal, masini de tip Gantry, strunguri).

Utilizarea unor astfel de accesorii asigura fabricatia flexibila a unor piese prevazute cu un numar mare de suprafete interioare si exterioare orientate vertical, orizontal, sau pe oricare directie între acestea, utilizând combinatiile dintre mese rotative si ansamblu arbore principal cu pozitionare dupa doua sau trei axe comandate numeric.

Astfel, se utilizeaza eficient facilitatile echipamentelor de comanda numerica. Rezulta o utilizare optima a sculelor aschietoare, precizie în generarea curbelor generatoare (plane sau spatiale) si/sau directoare, rugozitate mica a suprafetelor prelucrate.

2. CAPETE DE FREZAT CU POZITIONARE UNGHIULARA

2.1. Necesitatea utilizarii

Capetele de frezat cu pozitionare unghiulara sunt ansambluri adatabile la multe tipuri de masini-unelte, cum ar fi: masini de frezat cu consola, masini de frezat pentru scularie, masini de frezat plan, masini de frezat longitudinal, masini Gantry, masini de alezat si frezat, centre de prelucrare; mai nou si la strunguri dotate cu capete revolver.

Rolul functional al acestor ansambluri determina forma constructiva, structura cinematica, actionarea, sistemul mecanic de interfata cu masina-uneltea, posibilitatea de a fi comandat numeric, numarul axelor de pozitionare, rigiditatea, precizia, comportarea în functionare (dinamica, termica, elastica) si nu în ultimul rând costurile.

Dificultatea apare în cazul în care se doreste adaptarea si utilizarea a unor astfel de ansambluri la masinile-unelte din generatii mai vechi (20 – 30 ani vechime medie) care se afla în dotarea multor întreprinderi constructoare de masini din tara si care nu sunt utilizate în conditii de productivitate impuse. Masinile din aceasta categorie sunt prevazute cu accesorii de tip capete de frezat fixe (orizontale, verticale), în cel mai bun caz cu posibilitate de orientare manuala, cu precizie si rigiditate reduse, supradimensionate din punct de vedere constructiv, cu posibilitati reduse de reglare, greu de montat si de demontat pe si de pe masini-unelte, mai ales în cazul masinilor-unelte grele.

Experienta de productie a dovedit ca utilizarea acestora este foarte redusa, preferându-se, cu un consum mare de timpi auxiliari, repositionarea pieselor pe masini sau o noua prindere în detrimentul preciziei prelucrării, al productivitatii sau al gradului de exploatare a masinilor-unelte, rezultând costuri mari de fabricatie si implicit ale produsului final. Toate acestea conduc la întârzieri în fluxul de fabricatie si la un grad redus de competitivitate.

Analiza acestor aspecte în exploatarea masinilor-unelte, în fabricatia de componente si produse complexe, unele unicat, a condus la necesitatea de a utiliza ansambluri adaptabile la aceste masini care sa asigure parametrii geometricii si functionali [4].

Realizarea ansamblurilor cap de frezat cu pozitionare unghiulara foarte precisa adaptabile la masini-unelte grele cu comanda numerica, de tip de alezat si frezat si de frezat longitudinal, strunguri carusel, Gantry, este posibila înca din procesul proiectării sau al refabricării unora dintre acestea. Se asigura astfel:

- reducerea duratei de proiectare, fabricare si introducere în exploatare;
- reducerea substantiala a timpilor auxiliari de pregatire, asezare, orientare si prinderea pe dispozitive speciale a pieselor grele;
- eliminarea dispozitivelor speciale de orientare si prindere;
- prelucrarea unor suprafete complexe ce nu se pot realiza pe aceste tipuri de masini-unelte în conditii obisnuite;
- introducerea si utilizarea la masina-uneltea a înca doua axe comandate numeric (C si A), cu extinderea posibilitatilor de prelucrare a diferitelor suprafete complexe;
- cresterea productivitatii la fabricarea pieselor de complexitate ridicata cu suprafete plane sau cilindrice dispuse orientate cu diferite unghiuri diverse în raport cu axele masinii-unelte;
- reducerea costurilor de prelucrare a pieselor;
- asigurarea unei precizii tehnologice îmbunatatite pentru piesele prelucrate, ce decurge din precizia ridicata a capetelor de frezat adaptate la masini-unelte;
- posibilitatea cresterii vitezelor de aschiere prin cresterea turatiei maxime la arborele principal al capului de frezat [7] cu consecinte asupra cresterii productivitatii si calitatii suprafetelor prelucrate;
- orientarea axei sculei aschietoare astfel încât aceasta sa fie perpendiculara pe tangenta la suprafata prelucrata într-un plan unde este definit profilul acesteia.

2.2. Tipuri si variante constructive

Analizând documentatia de la firme producatoare de masini-unelte din categoria celor enumerate, s-au identificat cinci tipuri de capete de frezat cu pozitionare unghiulara pe axe comandata numeric. Miscarea de pozitionare se poate face dupa o axa (C sau A) sau dupa doua axe (C si A).

Capul de frezat cu pozitionare dupa axa C (fig. 1,a) are axa pe axa Z si arborele principal cu axa perpendiculara pe aceasta. Arborele principal se poate orienta incremental în plan vertical perpendicular pe Z, scula putând prelucra pe patru fete. În fig. 1,b se prezinta un astfel de cap de frezat adaptat pe pinola orizontala a masinii [6].

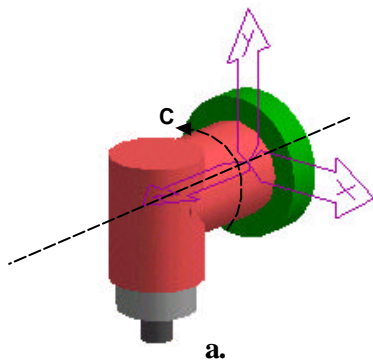
Tipul de cap de frezat cu pozitionare dupa axa A (fig. 2), are particularitatea ca axa de orientare este înclinata la 45° fata de Z. Arborele principal este, la rândul sau, înclinat fata de A cu 45° . Arborele principal se poate orienta incremental, ocupând pozitii pe suprafata conica, pe generatoare. Se asigura, astfel, orientarea axei sculei pe directii care asigura valori mai aproape de optim privind geometria activa a taisurilor sculei.

Pentru cresterea posibilitatilor de orientare, se utilizeaza capete de frezat cu pozitionare unghiulara pe doua doua axe. În fig. 3 este prezentat tipul de cap de frezat cu axele de orientare C, în lungul axei Z, si A perpendiculara pe C. Axa arborelui principal este perpendiculara pe A. Prin rotirea în jurul axei A se asigura orientarea axei arborelui principal într-un plan, acoperindu-se un unghi la centru mai mic de 360° , din considerente constructive. Prin rotirea în jurul axei C, planul de rotire (dupa A) se poate orienta în orice pozitie în jurul axei C. Astfel, este posibila prelucrarea pe 5 fete.

Cel de al doilea tip cu rotire pe doua axe (fig. 4) difera de primul prin faptul ca axa A este înclinata cu 45° fata de axa C, axa arborelui principal fiind înclinata cu 45° fata de A. Arborele principal se poate orienta în jurul lui A, ocupând pozitii pe generatoarele unei suprafete conice, care, la rândul ei, se poate roti cu 360° în jurul axei C.

O varianta constructiva pentru primul tip de cap de frezat cu doua axe este cea cu furca (fig. 5), la care arborele principal se poate orienta în jurul unui arbore (axa A), sprijinit pe lagare pe bratele unei structuri de tip furca, cu un unghi mai mic de 360° , din considerente constructive. Furca se poate roti în jurul axei C. Axa arborelui principal poate ocupa pozitii radiale ale unui sector sferic.

Solutiile cinematice de capete de frezat cu pozitionare unghiulara sunt diverse [6]. La primele variante, miscarea principala se poate prelua de la arborele principal al masinii, ceea ce a influentat gabaritul si constructia elementelor de adaptare pe carcasa sau pinola arborelui principal. Evolutia motoarelor electrice pentru actionari principale si a celor pentru actionari de avans/pozitionare a permis utilizarea lor în furnizarea miscarilor principala si de avans/pozitionare ale capetelor de frezat.

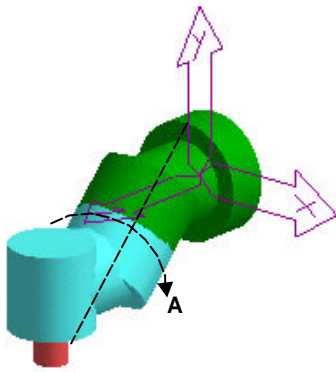


a.



b.

Fig. 1. Cap de frezat cu pozitionare pe axa C: a – model; b – constructie.

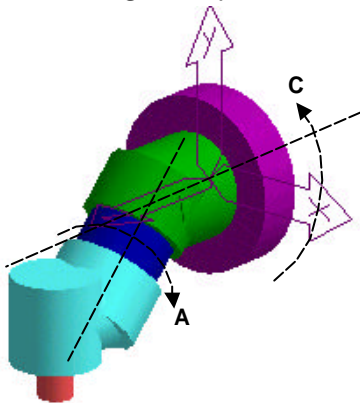


a.



b.

Fig. 2. Cap de frezat cu pozitionare pe axa A: a – model; b – constructie.

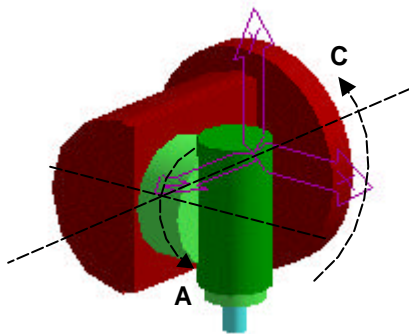


a.



b.

Fig. 3. Cap de frezat cu pozitionare pe axele C si A (45°): a – model; b – constructie.

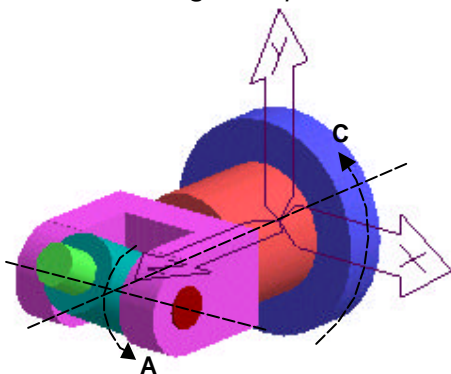


a.

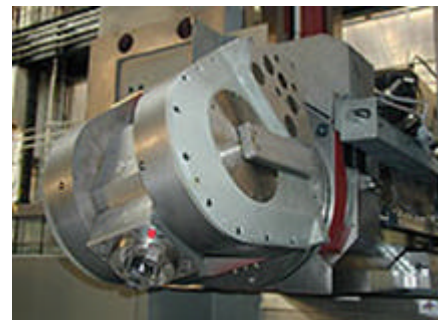


b.

Fig. 4. Cap de frezat cu pozitionare pe axele C si A: a – model; b – constructie.



a.



b.

Fig. 5. Cap de frezat cu pozitionare pe axele C si A: a – model; b – constructie.

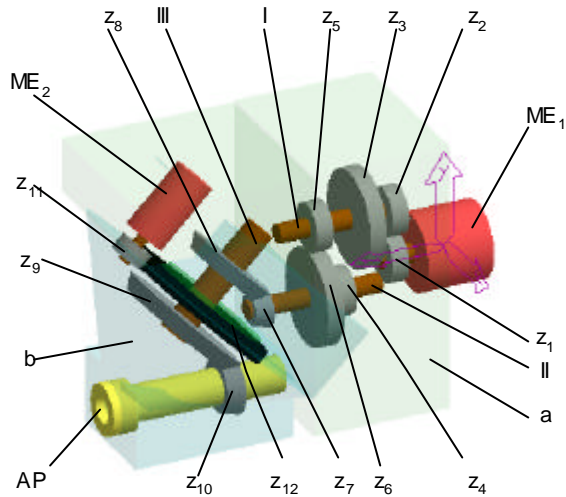


Fig. 6. Structura cinematica a unui cap de frezat cu rotatie dupa axa A.

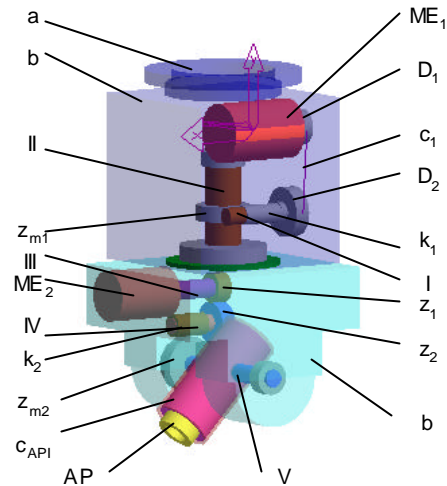


Fig. 7. Structura cinematica a unui cap de frezat cu rotatii dupa axele C si A.

Pentru exemplificare în fig. 6, 7 se prezinta modelele structurilor cinematice a doua variante constructive dintre cele prezentate. La structura cinematica din fig. 6, fluxurile cinematice ale lantului cinematic principal si lantului cinematic de avans/pozitionare, dupa axa Z sunt urmatoarele:

$$ME_1 - \frac{z_1}{z_2} - I - \begin{bmatrix} -z_3 \\ z_4 \\ -z_5 \\ z_6 \end{bmatrix} - II - \frac{z_7}{z_8} - III - \frac{z_9}{z_{10}} - AP \text{ (miscare principala); } ME_2 - \frac{z_{11}}{z_{12}} - b \text{ (carcasa) - (pozitionare)}$$

Un exemplu de caracteristici $P = f(n)$; $M = f(n)$ [1] pentru un astfel de tip de cap de frezat este prezentat în fig. 8.

Pentru cazul capului de frezat cu doua orientare pe doua axe din fig.7, arborele principal este in constructie integrata cu motorul electric, existând doua lanturi cinematice de avans/pozitionare in jurul axelor C si A, care au urmatoarele fluxuri cinematice:

$$ME_1 - c_1 - I - \frac{k_1}{z_{m1}} - II - b \text{ (carcasa) - (rotatie dupa C); } ME_2 - \frac{z_1}{z_2} - IV - \frac{k_2}{z_{m2}} - V - C_{API} \text{ (rotatie dupa A)}$$

Solutiile cu arbore principal integrat sunt cele mai raspândite, deoarece sunt foarte rigide [7], au gabarit redus, asigura domeniu de turatii larg la puteri mari (fig. 9) [6]. De asemenea, axele C si A se pot actiona cu motoare electrice integrate [2, 3], solutii care conduc la caracteristici functionale (moment, moment de frânare, acceleratie) si de precizie (pozitionare) bune [6].

Pentru toate tipurile de capete de frezat analizate si prezentate s-au realizat modele cinematice 3D care se pot utiliza în etape de simulare si optimizare cinematica si constructiva premergatoare definitivariei solutiei constructive. În plus, aceste modele se pot adapta pe modele de masini-unelte pentru analiza în cadrul proiectarii sau refabricarii acestora (fig. 10, 11).

CONCLUZII

Adaptarea capetelor de frezat cu pozitionare unghiulara pe masini-unelte CNC noi sau refabricate confera o multitudine de avantaje privind utilizarea acestora în conditii

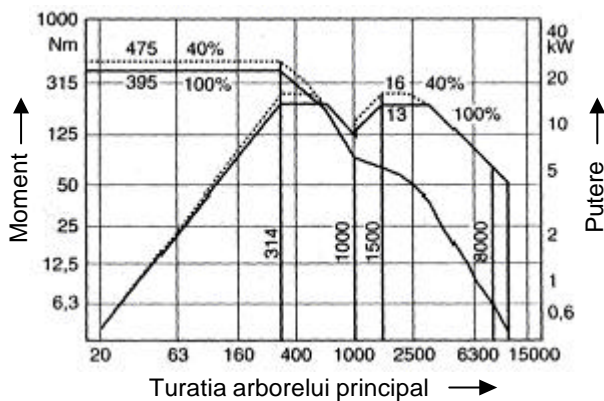


Fig. 8. Momentul și puterea în funcție de turația arborelui principal [5].

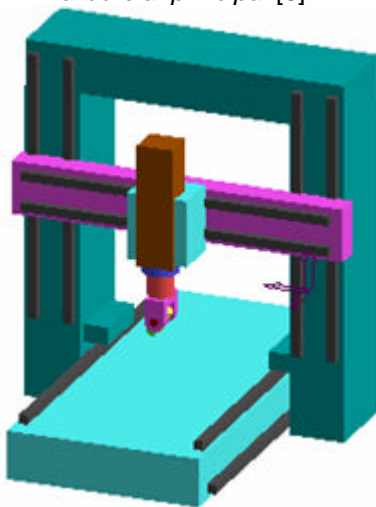


Fig. 10. Cap de frezat adaptat la pinola unei masini Gantry.

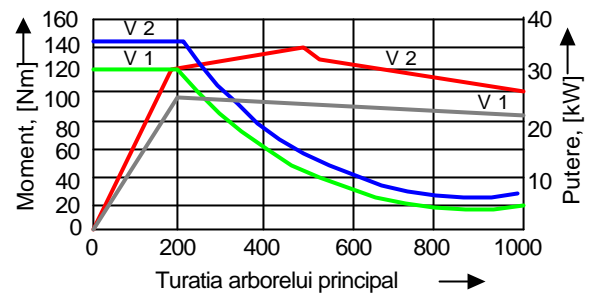


Fig. 9. Momentul și puterea în funcție de turația arborelui principal integrat [CYTEC].

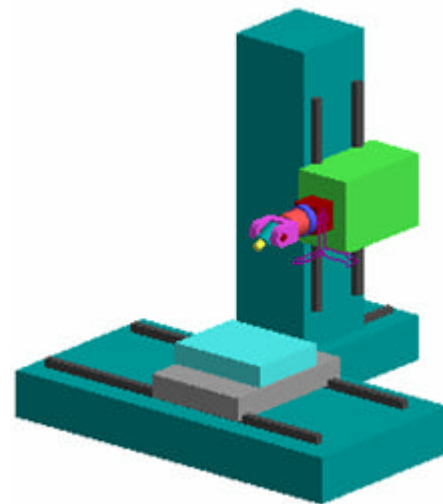


Fig. 11. Cap de frezat adaptat la pinola unei masini de alezat și frezat.

optime. S-au analizat tipurile și variantele constructive de capete de frezat cele mai utilizate, posibilitățile de antrenare și orientare a sculei aschietoare, precum și adaptarea la mașina-unelte. Modelele cinematice 3D realizate sunt utile la simularea și optimizarea cinematică, dinamică și constructivă a ansamblurilor capete de frezat, precum și a mașinilor-unelte dotate cu astfel de ansambluri. De asemenea, se generează cu ajutorul acestor modele spațiul de lucru al mașinii-unelte, constatându-se o marire a acestuia.

Bibliografie

- [1] Ispas, C., Predincea, N., Ghionea, A., Constantin, G. (1997). *Masini-unelte. Mecanisme de reglare*. Editura Tehnica, Bucuresti.
- [2] Klement, B. (2002), *Schwerzerspanen mit HSC – Motorspindeln, Werkstatt und Betrieb*, 1-2/2002, s. 52-53.
- [3] Klement, B. (2003), *Schwungvolle Fräsköpfe dank Direkt – Drive - Technik*, HSC Werkstatt und Betrieb, s. 33-34.
- [4] Markuske, W., Lindner, A., (2002). *Bei Grossfräsmaschinen zählt Universalität*, Werkstatt und Betrieb, 5/2002, s. 30-34.
- [5] Schossig, H.P., (1996), *Fräsen von fünf Seiten und in fünf Achsen*, Werkstatt und Betrieb, 129 (1996) 9, Carl Hanser Verlag, München, s. 749-756.
- [6] *** *Prospecte ale firmelor: Rielo Systemi-Mandelli, CME, Skoda, TOS Kurim, MU Bacau, SHW Werkzeugmaschinen, CYTEC Systems, Soralue.*
- [7] *** *Common 5-Axis Machining*, Wolf Tracks, vol. 8, issue 1, 2001, p. 8-9.