

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**FACULTATEA INGINERIE MECANICĂ,  
INDUSTRIALĂ ȘI TRANSPORTURI  
DEPARTAMENTUL INGINERIA FABRICAȚIEI**

**Adrian BUT**

**Sergiu MAZURU**

**Serghei SCATICAILOV**

**Lucian GAL**

**FABRICAȚIA ASISTATĂ  
DE CALCULATOR**

**VOLUMUL I**

**Chișinău  
Editura „Tehnica-UTM”  
2021**

**CZU 004.89:621.9 (075.8)**

**F 11**

În lucrare sunt prezentate aspecte ale programării asistate de calculator a tehnologiilor de prelucrare pe centre de prelucrare prin frezare. Construcția și clasificarea acestor centre de prelucrare este detaliată în capitolul II.

Plecând de la analiza procesului de frezare din capitolul I, a strategiilor de frezare prezentate în capitolul III, sunt parcurse elementele de bază pentru a crea un program CAM (Computer Aided Manufacturing).

Cunoașterea în profunzime a procesului de prelucrare (în cazul de față - prelucrarea prin frezare a pieselor), coroborat cu aplicarea strategiilor de frezare (clasice și moderne) vor duce la performanțe notabile în crearea unor programe performante pe mașinile unelte cu comandă numerică.

Utilizarea tehnologiilor CAD/CAM sunt o cerință stringentă în optimizarea proceselor tehnologice, un element de bază în implementarea conceptului celei de a patra revoluție industrială: "Industria 4.0".

În acest context, în prezenta lucrare, sunt detaliate două tehnologii asistate de calculator, utilizând două programe CAM diferite. Primul exemplu, prezentat în capitolul IV, este gândit ca pentru o etapă de inițiere în acest domeniu al programării asistate. Cel de-al doilea exemplu, din capitolul V, având mai multe detalii tehnologice, cuprinde analiza unui reper mai complex, dedicat celor experimentați în acest domeniu.

În capitolul VI sunt prezentate particularitățile constructive și avantajele mașinilor-unelte pentru prelucrarea în cinci axe, prelucrări care necesită construcții specifice și programe CAM performante, ce pot coordona cinci axe simultan.

În capitolul VII sunt prezentate avantajele utilizării roboților industriali în procesele de producție automatizate. Plecând de la construcția acestora, a modului de programare, s-a prezentat o aplicație CAM pentru utilizarea roboților industriali în prelucrarea pieselor.

Lucrarea face parte dintr-o analiză mai vastă a mai multor procese tehnologice asistate de calculator, la care, autorii și-au propus să-și prezinte experiența acumulată în decursul a mai multor ani în acest domeniu, de predare a acestora la universități tehnice de profil, precum, cercetătorilor, inginerilor tehnologi și proiectanților de produse.

**Autori: Adrian BUT**  
**Sergiu MAZURU**  
**Serghei SCATICAILOV**  
**Lucian GAL**

**Redactor responsabil: conf. univ., dr. Alexei TOCA**

**Recenzent: conf. univ., dr. Nicolae TRIFAN**

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM**

**Fabricația asistată de calculator** / Adrian But, Sergiu Mazaru, Serghei Scaticailov, Lucian Gal; redactor responsabil: Alexei Toca; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, Departamentul Ingineria Fabricației.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2021

– ISBN 978-9975-45-743-9. Vol. 1. – 2021. – 179 p.: fig., tab.

– Referințe bibliogr.: p. 177-178. – 50 ex.

– ISBN 978-9975-45-744-6.

004.89:621.9 (075.8)

F 11

**ISBN 978-9975-45-743-9. Vol. 1**

**ISBN 978-9975-45-744-6**

**© UTM, 2021**

## CUPRINS

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. ELEMENTE DE BAZĂ PRIVIND PRELUCRAREA PRIN FREZARE PE MAȘINI-UNELTE CNC</b> .....  | <b>4</b>   |
| 1.1. Procesul de prelucrare prin frezare.....   | 4          |
| 1.2. Parametrii geometriei așchii la frezare .....  | 8          |
| 1.3. Prezentarea parametrilor tehnologici ai operației de frezare.....  | 11         |
| <b>2. CLASIFICAREA CENTRELOR DE PRELUCRARE</b> .....  | <b>14</b>  |
| <b>3. STRATEGII DE PRELUCRARE</b> .....   | <b>34</b>  |
| 3.1. Strategia „Roll-in”.....   | 36         |
| 3.2. Strategia „Plunge milling” .....   | 39         |
| 3.3. Strategia „Constant-Z” .....   | 41         |
| 3.4. Strategia „Trochoidal milling” .....   | 44         |
| 3.5. Strategia „Slicing” .....  | 45         |
| 3.6. Strategia „Turnmilling” .....  | 46         |
| 3.7. Strategia „Dynamic-milling” (Volumill) .....   | 54         |
| 3.8. Influența parametrilor de așchiere (ae; fz; Vc) asupra duratei de viață a sculei așchietoare .   | 57         |
| <b>4. PARTICULARIZAREA ETAPELOR DE PROGRAMARE ASISTATĂ A UNUI REPER PE CENTRUL DE PRELUCRARE VERTICAL PRIN FREZARE CU COMANDĂ NUMERICĂ HAAS</b> ..... | <b>58</b>  |
| <b>5. APLICAȚIE CAM-MASTERCAM</b> .....   | <b>82</b>  |
| 5.1. La fel ca și programele de CAD, pe piață sunt diferite programe CAM (Ccomputer Aided Manufacturing).....   | 82         |
| 5.2. Operații pregătitoare pentru prelucrarea CNC .....   | 83         |
| 5.3. Informații utile pentru operatorul mașinii .....   | 85         |
| 5.4. Pregătirea mașinii și a semifabricatului .....   | 86         |
| 5.5. Elaborarea tehnologiei asistate de calculator. Importul modelului CAD.....   | 88         |
| <b>6. PRELUCRĂRI PE MAȘINI-UNELTE ÎN 5 AXE</b> .....  | <b>125</b> |
| 6.1. Tipuri de configurații de mașini-unelte CNC în cinci axe .....   | 125        |
| 6.2. Prezentare de strategii specifice prelucrărilor în cinci axe.....  | 127        |
| 6.3. Pașii necesari în programarea standard .....   | 130        |
| 6.4. Avantajele prelucrărilor în cinci axe .....  | 134        |
| 6.5. Riscurile prelucrărilor în cinci axe .....   | 136        |
| 6.5. Riscurile prelucrărilor în cinci axe .....   | 135        |
| <b>7. TEHNOLOGIA DE MANIPULARE ÎN AUTOMATIZARE</b> .....  | <b>148</b> |
| 7.1. Tehnologia sistemului de manipulare .....  | 140        |
| 7.2. Clasificarea sistemelor de manipulare.....   | 141        |
| 7.3. Cinematica și tipurile de roboți industriali .....   | 142        |
| 7.4. Tipuri de mișcări ale roboților industriali .....  | 144        |
| 7.5. Comunicarea prin roboți industriali și echipament periferic.....   | 146        |
| 7.6. Stadiul actual al programării roboților utilizați la FMC și FMS de prelucrat<br>piese prismatice.....  | 148        |
| 7.7. Principiile modelării 3D .....   | 157        |
| 7.8. Elaborarea tehnologiei pentru un reper .....   | 161        |
| 7.9. Generarea secvenței de program .....   | 168        |
| <b>BIBLIOGRAFIE</b> .....   | <b>169</b> |

## BIBLIOGRAFIE

### A

- [A<sub>1</sub>] Albu A., Morar L., Tăciulescu E., Tapalagă I. - *Bazele cercetării experimentale*, Editura Cluj-Napoca, 1984.

### B

- [B<sub>1</sub>] Botez E., Moraru V., Ispas C. - *Mașini-unelte. Bazele teoretice ale proiectării. Vol.3. Organologia și dinamică*. Editura tehnică, București, 1973.
- [B<sub>2</sub>] Bathe K.J. - *Finite elemente Methoden-Matrizen und lineare Algebra, die Methode der finiten Elemente, Lösung von Gleichgewichtsbedingungen und bewegungsffleichungen*, Spinger Verlang, 1990.
- [B<sub>3</sub>] Baștiurea G. - *Comanda numerică a mașinilor-unelte*. Editura Tehnică, 1976.
- [B<sub>4</sub>] But A., Urdea M., Tulvan D. - *Influența deformațiilor de contact ale corpurilor de rulare asupra funcționării rulmenților cu role utilizați în construcția arborilor principali*. Analele Universității din Oradea, 1996.
- [B<sub>5</sub>] But A., Urdea M. - *Determinarea direcției de curgere a așchiei*. Analele Universității din Oradea, 1996.
- [B<sub>6</sub>] Brana C., Brana V. - *Transmiterea informației numerice*.
- [B<sub>7</sub>] Botez E. – *Mașini-unelte. Vol.II. Automatica*. 1972, București.
- [B<sub>8</sub>] Bellman B., Becker F. - *Measuring tools Automaticallz In Industrial & Productin Eneering 13* (1989).
- [B<sub>9</sub>] Baron T. - *Metode statistice pentru analiza și controlul producției*. Editura Didactică și pedagogică, București. 1979.

### C

- [C<sub>1</sub>] Constantin G., Minciu C. - *Conceptul modelării geometrice la mașini - Predincea H. Mașini-unelte cu comandă numerică. Construcția de mașini nr.7/1994*.

### D

- [D<sub>1</sub>] Deaon L, Pavel Gh. - *Vibrații de mașini-unelte*. Editura Dacia, 1977.
- [D<sub>2</sub>] Dreucean A. - *Mașini-unelte și prelucrări prin așchiere*. Editura Didactică și Pedagogică, 1968.
- [D<sub>3</sub>] Donaldson R. - *Error budgets Technology of machinen Tools vol V Machinen Tool Accuaracy*, 1980.

### G

- [G<sub>1</sub>] Gârbea D. - *Analiză cu elemente finite*. Editura Tehnică, București, 1990,
- [G<sub>2</sub>] Gheghea I. - *Exploatarea și întreținerea mașinilor-unelte cu comandă numerică*. București, 1981,

### H

- [H<sub>1</sub>] Hortman V., Lucas R. - *DNC-CNC in Werkstatt und Betrieb* 107, nr.8, 1974.
- [H<sub>2</sub>] Hofman B., Hnida U. - *The Manufacture of Precision Components in Flexibile Manufacturing, Cells. In Industrial & Production Engineering, 14*, 1990.

### L

- [L<sub>1</sub>] Lungu I. - *Mașini-unelte cu comandă numerică și sisteme de prelucrare flexibile*, 1997.
- [L<sub>2</sub>] Lin P.D.& Ehmann K. - *Inverse Error Analysis for Multi-Axis Machines. trans.Am.Soc.mech.Eng.J. of Engineering for Industry*, 1996.
- [L<sub>3</sub>] Litvin F.L. - *Gear geometry and Applied Theory, Pretince hall Englewood Cliffs, N.J*, 1984.

### M

- [M<sub>1</sub>] Manoliu R., Vulpe C., Motoi R. - *Mașini agregate și linii automate*. Editura Tehnică, București, 1965.

## O

- [O<sub>1</sub>] Oprean A. - *Fiabilitatea mașinilor-unelte*. Editura tehnică, București, 1979.

## P

- [P<sub>1</sub>] Pascaciu I. - *Elemente finite. Concepte-aplicații*. Editura Militar.

## R

- [R<sub>1</sub>] Reshetov D. - *Accuracy of machine tools*. ASME pres New York, 1988.
- [R<sub>2</sub>] Rusu E., Stuparu A., Chiliman A. - *Sisteme de comandă numerică prin calculator a mașinilor-unelte (CNC). În AMC, vol 20A*. Editura Tehnică, București, 1975.

## S

- [S<sub>1</sub>] Spineanu U. - *Controlul automat al dimensiunilor în construcția de mașini*. Editura Tehnică, 1980.
- [S<sub>2</sub>] Săndulescu Gh., Pătrașcu S. - *Conceptii noi în realizarea sistemelor de măsurare pentru comanda numerică a mașinilor-unelte. Ridicarea preciziei sistemului echipament-mașină. În AMC, vol.A, 1975*.
- [S<sub>2</sub>] Stuparu A., Rusu E., Chiliman A. - *Comanda numerică directă (DNC) a mașinilor-unelte. În AMC, vol.20, București, 1975*.
- [S<sub>3</sub>] Shah R. - *Numerical control Handbook*. IAMI NC GUIDE, Zurich, 1971.
- [S<sub>4</sub>] Shiraishi M. & Sato S. - *Dimensional and surface roughness controls in a turning operation*. Trans.ASME J.Eng.Ind. 1990.
- [S<sub>5</sub>] Spur G. - *Integrarea calculatoarelor de proces în sistemele DNC și AC*. Fertigungstechnik und Betrieb nr.21, 1971.

## T

- [T<sub>1</sub>] Tobias S.A. - *Machine - Tool Vibration*.
- [T<sub>2</sub>] Tamura A. - *On the Vibration Caused by Ball Diameter Differences in a Ball Bearing*. Bul.pf JSME, 1968.

## U

- [U<sub>1</sub>] Urdea G. – *Mașini-unelte și agregate*. IPT.

## V

- [V<sub>1</sub>] Varmin V.R. - *Vibrații i regimi rezania*. Ed. Mașinostronie, Moskva, 1972.

## W

- [W<sub>1</sub>] Wiegand K. - *Spindellagerungen fur Werkzeugmaschinen mit Wolzlagen*. Industrie Anzeiger, nr.44.

## Z

- [Z<sub>1</sub>] Zapciu M., Minciu C., Predineea M. - *Metode de determinare experimentală a rigidității statice a mașinilor-unelte. Construcția de mașini nr.7/1994*.
- XXX - *Coordinate measuring machines*. AmericanMachinist SUA, 1981.
- XXX - *MGF-Katalog Gleitlagen G.mbH*. Gottingen, 1974.
- XXX - *STAS 8902-71 Mașini-unelte cu comandă numerică: axe și mișcări*.
- XXX - *STAS 8902-71 Mașini-unelte cu comandă numerică: terminologie*.
- XXX - *Cataloage încercări Strungul Arad*.
- XXX - *Machine tools manufacture-otomber, 1997*.
- XXX - *Strungul paralel cu comandă numerică SP-NC*. ICPM UA. București, 1974.
- XXX - *Mașini-unelte japoneze. Werkstatt und betrieb. nr.5, 1974*.
- XXX - *Discription and operating instruction TYPE-K1 Machinability Computer*. Praga, 1981.