

ANALIZA INFLUENȚEI UZURII CUȚITELOR CAPULUI DE FREZAT ASUPRA PRECIZIEI DE PRELUCRARE A ROȚILOR DINȚATE CONICE CU DINȚI ÎN ARC DE CERC

Drd.ing. Dănilă BOB,

UNIO SA Satu Mare, Lucian Blaga, 35, Tel. 061 744214, E-mail: marketing@unio.ro

Abstract: *The paper purpose is to analyse the influence of milling cutters wear used of the bevel gears manufacturing on manufacturing accuracy. We will consider the case of one bevel gear measured on a GHIBLI TRAX universal measuring center commanded by QUINDOS, using bevel gear-measurement soft modules. The tooth's thickness and profile deviation will be measured and their variation with milling cutters wear will be shown.*

1. Evaluarea erorilor de prelucrare și a cauzelor acestora la prelucrarea danturilor în arc de cerc

Este cunoscut faptul că principiul care stă la baza prelucrării danturii curbe a roților conice constă în angrenarea semifabricatului în timpul așchierii, cu o roată generatoare imaginată plană, care este materializată de geometria sculei de danturat. Flancul dintelui roții plane generatoare este o suprafață conică măturată de muchiile așchietoare ale cuțitelor din capul de frezat, mișcările necesare fiind prezentate în figura 1. Ca urmare, orice abatere de la premisele teoretice ale generării danturilor conice în arc de cerc va introduce erori la prelucrarea danturii, erori ce pot proveni în special de la factori dependenți de regimul de așchiere[2, 6].

- uzura muchiei așchietoare a cuțitelor capului de frezat în direcție normală pe suprafața care se prelucrează
- uzura cuțitelor capului de frezat pe fața de așezare
- rigiditatea (transversală și torsională) a sistemului mașină-unealtă - dispozitiv - sculă - piesă
- deformația termică a sistemului mașină-unealtă - dispozitiv - sculă - piesă
- regimul de așchiere (care influențează asupra forțelor de așchiere, temperaturii, uzurii, vibrațiilor etc...)
- tensiunile interne care apar în timpul prelucrării prin așchiere
- capul de frezat (construcție, geometrie, ascuțire)

Se poate deci considera că eroarea totală la prelucrarea prin frezare a danturilor conice în arc de cerc, $E_{pr.tot.}$, reprezintă o sumă simbolică de forma, [3, 4]

$$E_{pr.tot.} = k + F(v, s, t) \quad (1)$$

v, s, t fiind parametrii regimului de aşchiere, constanta k înglobează toţi termenii constanţi (pentru o maşină-unealtă dată, un cap de frezat dat, un semifabricat şi o roată de prelucrat dată, un lichid de aşchiere dat, o poziţionare a piesei şi a frezei corespunzătoare cazului considerat), iar funcţia F cuprinde parametrii procesului de prelucrare v, s, t .

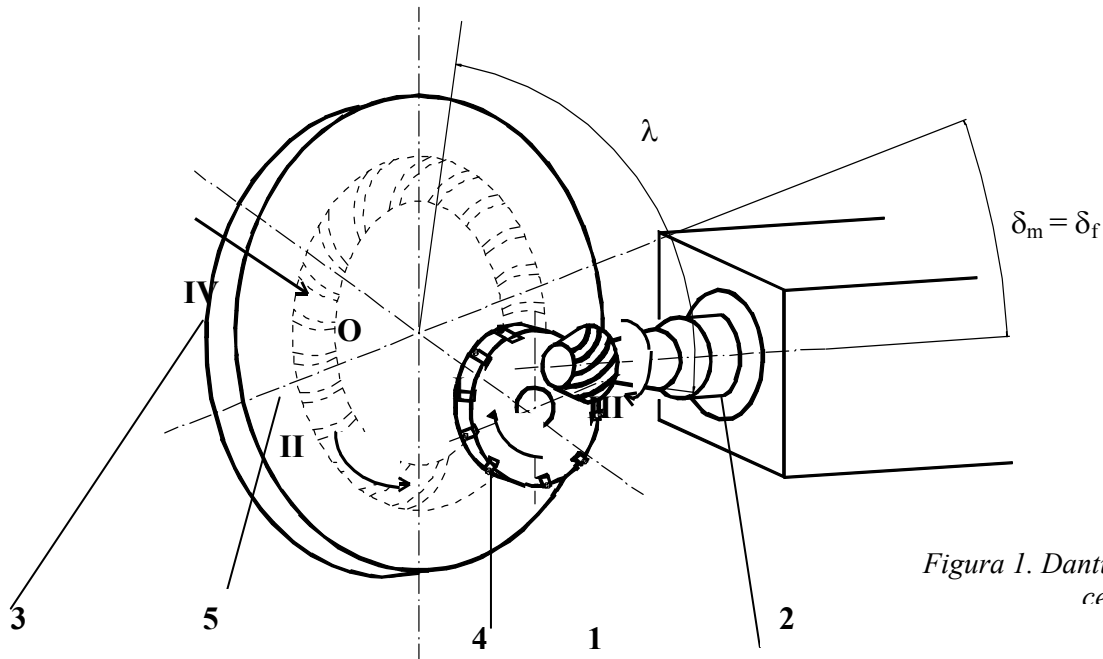


Figura 1. Danturarea în arc de cerc

2. Determinarea variației uzurii în funcție de parametrii regimului de aşchiere

Uzura cea mai mare apare în zona rotunjită a muchiei cuțitelor capului de frezat, acolo unde muchia aşchietoare este cea mai solicitată (figura 2). Valoarea uzurii este de câteva zecimi de mm. Uzura cuțitelor determină o creștere a forțelor de aşchiere și o creștere a grosimilor dinților.

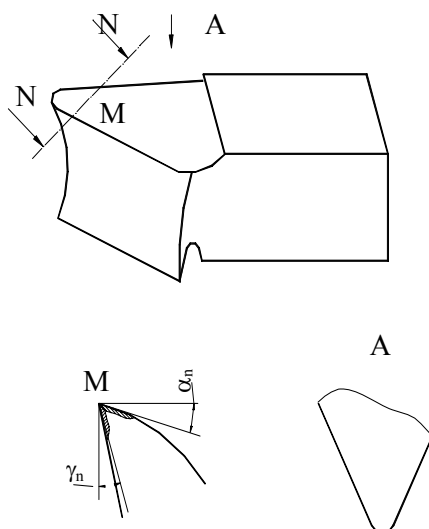


Fig.2. Uzura cutitelor capului de frezat

În cadrul experimentelor se va urmări determinarea variației uzurii cuțitelor capului de frezat în legătură cu parametrii regimului de aşchiere și cu diametrul capului de frezat. Influența cea mai mare o au asupra uzurii viteza de aşchiere și avansul de pătrundere.

3. Influența uzurii cuțitelor asupra variației grosimii dinților roții prelucrate

Se determină luând în considerație prelucrarea în loturi mari de piese, măsurându-se grosimea dintelui după un anumit număr de piese executate. Pe măsură ce crește numărul de piese prelucrate, crește uzura sculei și are loc o mărire a valorii grosimii dinților roții. Acest lucru reclamă un nou reglaj pe parcurs al sculei, în momentul în care cota peste dinți depășește toleranțele admise.

Controlul grosimii dinților

Grosimea dintelui este unul din parametrii care asigură jocul dintre flancurile neactive ale dinților în angrenare, în vederea asigurării unei ungeri corespunzătoare și compensării deformațiilor termice și elastice, [5].

Grosimea nominală a dintelui la roțile conice cu dantura în arc de cerc se măsoară pe conul de divizare cu centrul pe axa de rotație a roții și situat pe suprafața conului suplimentar conform figurii 3. Jocul între flancuri este asigurat prin realizarea subțierii dintelui cu o valoare E_{scs} , care reprezintă micșorarea grosimii nominale calculată și determinată într-o secțiune normală pe directoarea dintelui. Controlul grosimii dintelui are scopul de a determina subțierea minim E_{ss} , care este necesară realizării jocului minim prescris (STAS 6460-81). Aceasta reprezintă toleranța grosimii dintelui T_s , ca diferență între subțierea minimă și maximă, admisibile, în vederea realizării jocului minim între flancuri.

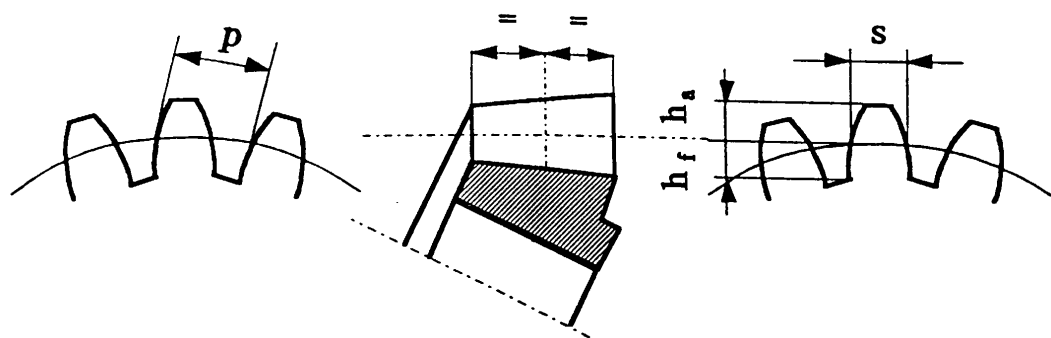


Figura 3. Măsurarea grosimii dinților

4. Influența uzurii cuțitelor asupra formei profilului dinților

În cadrul experimentărilor și măsurărilor efectuate pe loturile de roți dințate conice cu dinți în arc de cerc s-a urmărit de asemenea și evidențierea evoluției valorilor erorii formei de profil a dinților roților.

Controlul profilului dinților

Eroarea de profil reprezintă distanța dintre două profile teoretice ale dintelui care conturează profilul efectiv al dintelui (STAS 6460-81).

Pentru a putea controla profilul, măsurarea trebuie făcută folosind același principiu ca și la generarea profilului. Acest lucru face ca măsurarea să fie dificilă, iar instalațiile ce realizează aceasta destul de puțin răspândite, [5].

5. Realizarea experimentelor

Pentru a pune în evidență influența unor factor tribologici constanți și variabili asupra preciziei de prelucrare, s-au făcut deja o serie de prelucrări experimentale pe mașina de dantura 525 tip SARATOV. S-au folosit capete de frezat cu diametre de 6'' și 9'', prelucrându-se roți dințate conice cu dantură în arc de cerc din oțel de cementare 28TiMnCr12. Măsurările s-au făcut cu ajutorul centrului de măsurare tridimensional GJHIBLI TRAX cu ajutorul softului QUINDOS (figura 4) și microscopul universal Zeiss.

Pentru experimentări s-a considerat cazul prelucrării roților dințate conice cu dantură în arc de cerc de la reductoarele RTR3 fabricate la UNIO SA Satu Mare.



Figura 4 Măsurarea pe centrul de măsurare GJHIBLI TRAX

5.1 Determinarea experimentală a uzurii

Uzura cea mai mare apare în zona rotunjită a muchiei cuțitelor capului de frezat, acolo unde muchia așchietoare este cea mai solicitată. Măsurarea uzurii cuțitelor se realizează cu ajutorul microscopului universal Zeiss. Uzura cuțitelor determină o micșorare a diametrului sculei și mai ales o creștere a forțelor de așchiere.

În cadrul experimentelor se va urmări determinarea variației uzurii cuțitelor capului de frezat în legătură cu parametrii regimului de așchiere și cu diametrul capului de frezat. Influența cea mai mare o au asupra uzurii viteza de așchiere și avansul de pătrundere.

Ca prim experiment s-au prelucrat succesiv mai multe roți dințate cu dinți în arc de cerc, folosind trei viteze de așchiere diferite, din intervalul recomandat în cartea mașinii. Prelucrarea s-a realizat la UNIO SA Satu Mare pe mașina de frezat danturi conice în arc de cerc SARATOV 525. Experimentul s-a realizat în faza de degroșare a danturii. Parametrii roților dințate sunt: $m=4.5$, $z=41$, materialul piesei 28 TiMnCr12 și unghiul de înclinare a danturii pe conul principal $\beta_m = 35^\circ$. Prelucrarea s-a realizat cu cap de frezat danturi în arc de cerc de diametru 228.6 mm (9'') prevăzut cu 16 cuțite. Avansul de pătrundere a fost menținut constant. S-a urmărit danturarea unui număr de 60 de roți dințate, în loturi de câte 20 de bucăți. După prelucrarea fiecărui lot de piese s-a schimbat valoarea vitezei de așchiere prin

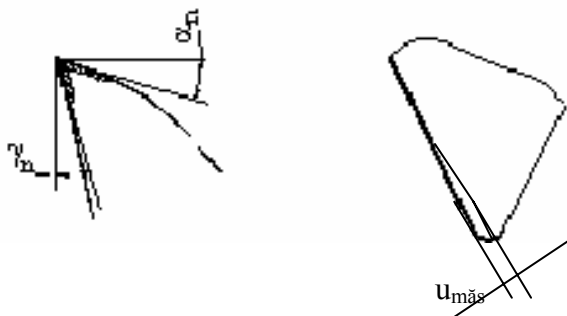


Fig. 5 Schema măsurării uzurii cuțitelor

alegerea și montarea unor noi roți de schimb corespunzătoare. La fiecare schimbare a vitezei de așchiere s-au făcut măsurători cu microscopul Zeiss asupra uzurii pe muchia așchietoare a fiecăruia dintre cele 16 cuțite ale capului de frezat (figura 1). Datele au fost centralizate în tabelul 1 și au fost folosite pentru ridicarea diagramei de variație a uzurii. Diagrama (figura 6a) în puncte, graficul de variație și ecuația asociată graficului (figura 6b) au fost ridicate folosind subprogramul utilitar Curve Expert. Din diagramă se remarcă existența unei zone optime pentru valorilor vitezei de așchiere, ($v = 35-45$ m/min în cazul considerat) în care uzura cuțitelor capului de frezat este mai mică și deci se poate vorbi de o precizie de prelucrare mai ridicată.

alegerea și montarea unor noi roți de schimb corespunzătoare. La fiecare schimbare a vitezei de așchiere s-au făcut măsurători cu microscopul Zeiss asupra uzurii pe muchia așchietoare a fiecăruia dintre cele 16 cuțite ale capului de frezat (figura 1). Datele au fost centralizate în tabelul 1 și au fost folosite pentru ridicarea diagramei de variație a uzurii. Diagrama (figura 6a) în puncte,

Datele din tabelul 1 relevă faptul că uzura nu este uniformă pe fiecare cuțit al capului de frezat, lucru datorat în special ascuțirii neuniforme, caracteristicilor materialului de scule și fenomenelor de uzură accidentală.

Tabelul 1. Valori măsurate ale uzurii cuțitelor

Cuțit nr.	Uzura măsurată [μm]		
	LOT 1	LOT 2	LOT 3
	$v_a=28\text{m/min}$	$v_a=42\text{m/min}$	$v_a=54\text{m/min}$
1	30	30	40
2	40	20	50
3	40	30	40
4	30	20	60
5	50	40	60
6	40	40	70
7	40	20	50
8	50	30	40
9	30	20	40
10	50	30	40
11	40	20	50
12	40	20	60
13	30	30	70
14	50	30	50
15	20	20	50
16	30	20	40
Media:	38,125	26,25	50,625

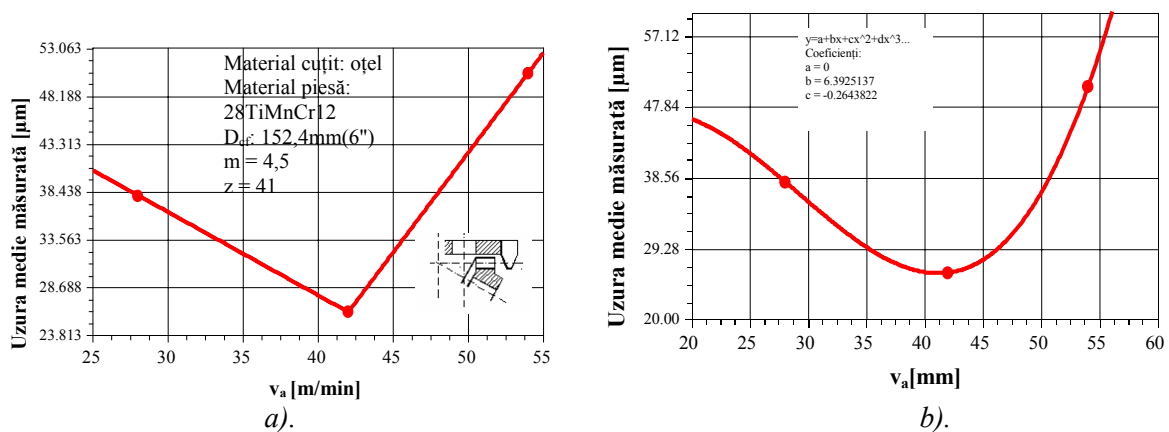


Fig.6 Variația uzurii cuțitelor canetelor de danturat în funcție de viteza de aschiere

5.2 Influența uzurii asupra preciziei de prelucrare

Pentru determinarea influenței pe care uzura cuțitelor capului de frezat o are asupra preciziei de prelucrare a danturilor conice curbe, s-au făcut determinări experimentale la frezarea de finisare a unor loturi de roți conice cu dantură în arc de cerc. Prelucrarea s-a realizat la UNIO SA Satu Mare pe mașina de frezat danturi conice în arc de cerc SARATOV 525. Experimentul s-a realizat în faza de finisare a danturii. Parametrii roților dințate sunt: $m=4.5$,

$z = 41$, materialul piesei 28 TiMnCr12 și unghiul de înclinare a danturii pe conul principal $\beta_m = 35^\circ$. Prelucrarea s-a realizat cu cap de frezat danturi în arc de cerc de diametru 228.6 mm ($9''$) prevăzut cu 16 cuțite. Capul de frezat este de tip bilateral, prelucrarea făcându-se în sistem unilateral, succesiv pentru flancul concav și respectiv flancul exterior al dintelui, cu reglaje diferite pentru fiecare flanc. Viteza de așchiere folosită a fost de 54.2 m/min, menținându-se constantă pe parcursul prelucrării. Avansul de pătrundere a fost menținut constant. S-a urmărit danturarea unui număr de 60 de roți dințate, în loturi de câte 5 bucăți. Evaluarea influenței uzurii asupra preciziei de prelucrare se determină prin măsurarea a doi indicatori de precizie: grosimea dintelui și eroarea formei profilului. Măsurătorile s-au realizat la fiecare a cincea roată după finisare completă.

Tabelul 2 conține valorile măsurate pentru cele 12 roți dințate

Măsurarea grosimii dinților

Măsurarea grosimii dintelui se face cu ajutorul centrului de masurare tridimensional GJHIBLI TRAX cu ajutorul softului QUINDOS. Valoarea nominală a grosimii dintelui pentru pentru roțile dințate prelucrate este de $4,36_{-0,090}^0$. Se remarcă o creștere a grosimii dinților pe măsură ce crește numărul de piese prelucrate și evident uzura dinților capului de frezat.(tabelul 2).

Tabelul 2 Valorile măsurate ale grosimii dinților și erorilor de formă ale profilului

Roata nr.	$S_{d\text{mediu}}$ [mm]	Eroarea formei profilului [μm]
1	4.28	30
5	4.25	20
10	4.28	20
15	4.31	30
20	4.30	40
25	4.33	30
30	4.34	40
35	4.33	50
40	4.35	50
45	4.36	
50	4.34	
55	4.35	
60	4.36	

În figura 7a este reprezentată grafică în puncte a variației grosimii dintelui, iar în figura 7b graficul de variație și ecuația asociată graficului de variație.

Controlul profilului dinților

Profilul danturilor conice în arc de cerc au fost determinate cu ajutorul centrului de masurare tridimensional GJHIBLI TRAX cu ajutorul softului QUINDOS.

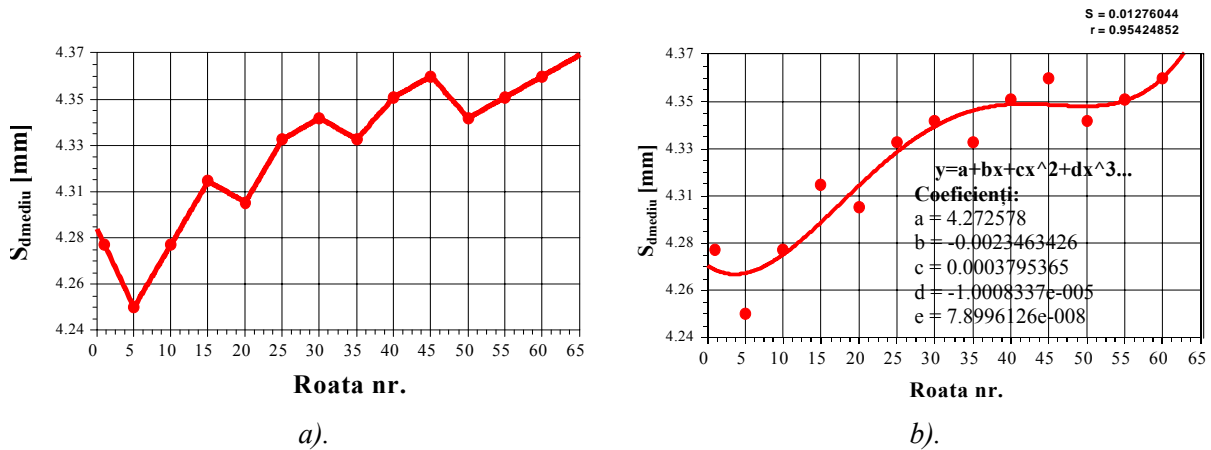


Fig.7 Variația grosimii dintelui în funcție de uzură

Măsurătorile realizate indică faptul că eroarea formei profilului este mai mare la ultimele roți din lot, la prelucrarea cărora uzura cuțitelor este mai mare. În figura 8a se prezintă variația erorii formei profilului dintelui în reprezentare grafică în puncte, iar în figura 8b graficul de variație și ecuația asociată graficului.

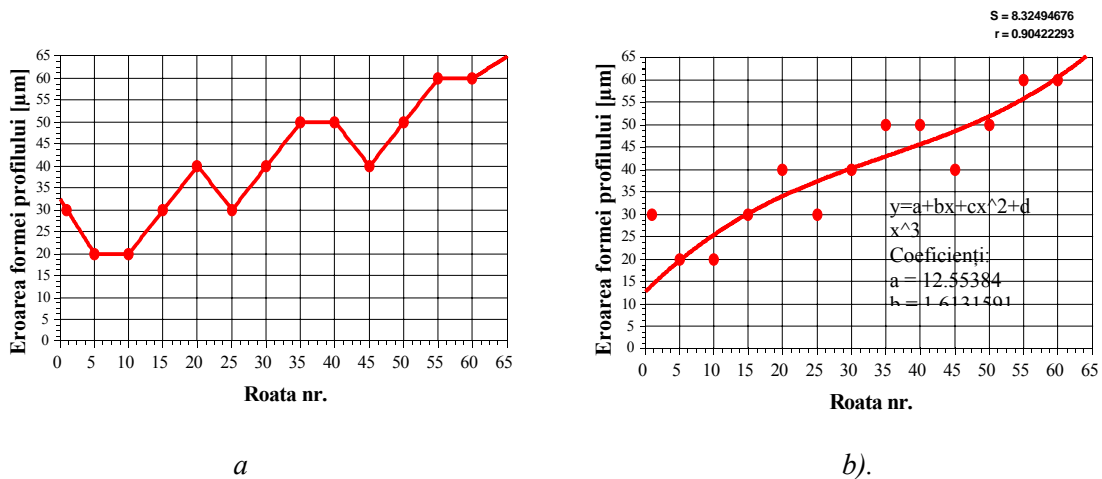


Fig.8 Variația erorii formei profilului dintelui

6. Concluzii și interpretarea rezultatelor

Pe parcursul prelucrării mai multor roți dințate uzura sculei influențează precizia de prelucrare, influență manifestată prin subțierea dinților și prin creșterea abaterii formei dintelui

Se poate determina limita de uzură pentru fiecare cap de frezat, limită dată de uzura maximă admisibilă, peste care precizia de prelucrare este înafara toleranțelor indicilor de precizie

Cunoscând modul de influență a uzurii cuțitelor capului de frezat și evoluția preciziei pieselor se poate stabili procedura corectă de ascuțire a cuțitelor

Bibliografie

- [1] **BROWN&SHARPE**, Quindos . Measurement of Bevel Gears. Reference Manual. Wetzlar, Germany, 1992
- [2] **GRAMESCU, T. ș.a.**, Tehnologii de danturare a roților dințate, Chișinău, Editura Universitas, 1993
- [3] **LANGENBECK., K., ZIMMER, D.**, Verfahren zur Flankenspielforientierten Einstellung von Kegelrad und Hypoidradsätzen, VDI-Z SPECLAL CAD/CAM, 1992
- [4] **LAZARESCU, D.I.**, Teoria așchierii metalelor și proiectarea sculelor, București, EDP, 1964
- [5] **MINCIU, C.**, Precizia și controlul angrenajelor, București, ET, 1984
- [6] **VLASE, D., ș.a.**, Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat, ET, București, 1998