

## ASPECTE TEHNICO – ECONOMICE PRIVIND RECTIFICAREA ROȚILOR DINȚATE PRELUCRATE PE MAȘINI UNELTE CNC

DOGARU Răzvan Mirel<sup>1</sup>

Conducător științific: Conf.dr.ing. Doru BARDAC

**REZUMAT:** Progresul tehnologic se bazează pe cunoștințele deja acumulate și pe dorința de a depăși performanțele echipamentelor existente, prin cercetări îndreptate spre dezvoltarea echipamentelor și spre noi limite de performanță, în condițiile menținerii siguranței în exploatare.

Lucrarea de față este rezultatul unei activități de cercetare teoretice și practice a autorului în domeniul roților dințate cilindrice cu dinți drepti, prin care s-au realizat studii teoretice și practice ce au urmărit rezolvarea unor probleme de dimensionare, corectare a profilului, măsurare directă cu ajutorul masinii și de fabricație.

**CUVINTE CHEIE:** roți dințate, Hofler HELIX 400K, corectii, GearPro.

### 1 INTRODUCERE

Rectificarea este operația de prelucrare prin așchiere a pieselor metalice, efectuată mecanic cu ajutorul unui corp abraziv (piatră abrazivă). Rectificarea se folosește în special la prelucrarea fină a pieselor metalice cu duritate mare, fie în scopul obținerii unor suprafețe metalice foarte netede sau a unei precizii foarte mari de execuție a dimensiunilor, fie pentru atingerea ambelor scopuri. Uneori, operația derectificare, executată pe mașini de rectificat plan orizontale, înlocuiește operațiile de rabotare sau frezare.

### 2 RECTIFICAREA ROȚILOR DINȚATE CILINDRICE CU DANTURĂ DREAPTĂ PRELUCRATE PE MAȘINI CNC

Rectificarea roților dințate se face în mod obișnuit după ce roțile au fost supuse în prealabil unui tratament termic de îmbunătățire. Rectificarea dinților se efectuează, de obicei, prin două procedee:

- prin copiere
- prin rostogolire.

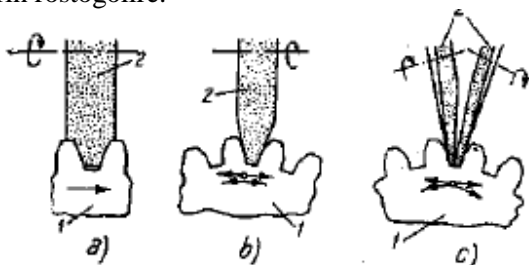


Fig. 1. Schema rectificării roților dințate cilindrice

<sup>1</sup> Specializarea Ingineria Proiectării și Fabricării Produselor, Facultatea IMST;

E-mail: [razvanmireldogaru90@yahoo.com](mailto:razvanmireldogaru90@yahoo.com);

a -prin copiere;

b-prin rostogolire, cu o singură piatră abrazivă;

c-prin rostogolire, cu două pietre abrazive

1-roată dințată;

2-piatră abrazivă

Rectificarea dinților prin copiere se execută cu una sau două pietre abrazive profilate, pe mașini de rectificat speciale, cu cap divizor.

Rectificarea dinților prin rostogolire se execută cu o piatră abrazivă sau cu două pietre abrazive (pe mașina de rectificat roți dințate tip Maag) având axele înclinate între ele.

### 2.1 Descrierea mașinii CNC Höfler HELIX 400K

#### 2.1.1 Structură

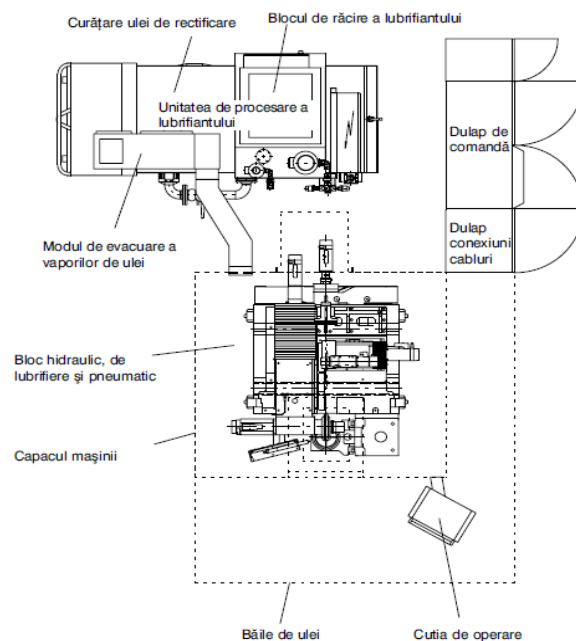


Fig. 2. Mașina cu echipamente periferice – vedere de sus

## Aspecte tehnico – economice privind rectificarea roților dințate prelucrate pe mașini CNC

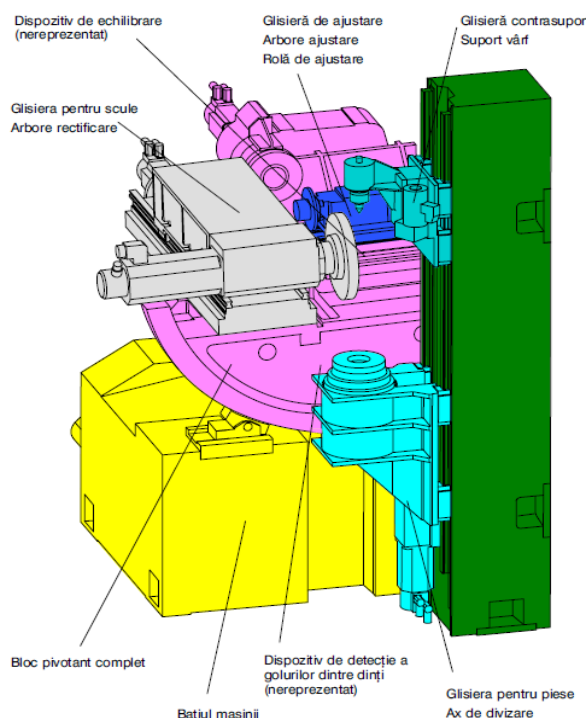


Fig. 3. Vedere a mașinii

### 2.1.2 Descrierea axelor

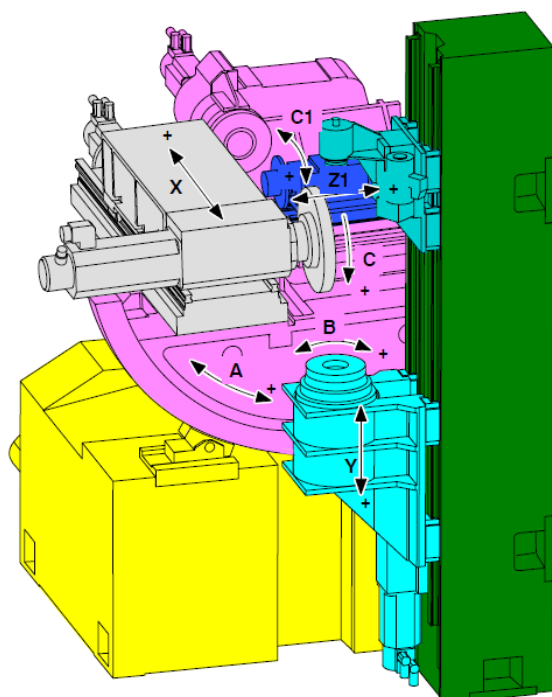


Fig. 4. Axele mașinii

În tabelul 1 sunt prezentate axele mașinii împreună cu funcția pe care o îndeplinește fiecare.

Tabelul 1

Ax	Componentă	Funcție
A	Ax de pivotare	Pivotarea discului de rectificat la unghiul de înclinare a elicei
B	Ax de divizare	Poziționare, divizare dinte cu dinte, divizare continuă, corecția liniilor flancului, avans

C	Arbore rectificare	Mișcarea de rotație a arborelui de rectificare
C1	Arbore ajustare	Mișcarea de rotație a rolei de ajustare
X	Glisiera pentru scule	Mișcare de avans radial, ajustarea diametrului, compensarea uzurii discului de rectificat, corecțiile liniei flancului
Y	Glisiera pentru piese	Mișcarea de cursă
Z1	Glisiera de ajustare	Generarea profilului sculei

### 2.1.3 Date tehnice

Datele tehnice referitoare la capacitățile mașinii sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Datele caracteristice ale mașinii		
Puterea efectivă a discului de rectificat	11	kW
Turația arborelui de rectificat	0 - 5400	rot / min
Turația arborelui de ajustare	0 - 5400	rot / min
Încărcare masă max.	100	kg
Putere electrică de operare	cca. 30	kVA
Datele piesei		
Diametrul exterior	400	mm
Diametrul cercului interior	10	mm
Înălțime profil	35	Mm
Modul	1 - 10	Mm
Unghi de înclinare a dintelui	45	Grad
Date scula		
Diametrul exterior maxim al discului de rectificat	300	mm
Diametrul minim al discului de rectificat în dreptul umărului reglabil	80	mm
Lățimea discului de rectificat max.	30 (15/40)	mm
Diametru – rola de ajustare	160	mm

## 2.2 Software – ul GearPro pentru PC

Acest software implementat pe mașina Hofler HELIX 400K vine și cu o versiune pentru PC, versiune ce permite generarea programelor de rectificat, direct pe computerul personal. Acest lucru permite verificarea programului, măsurarea virtuală a danturii generată de către program, cât și aplicarea corecțiilor dorite la nivelul profilului danturii.

Interfața software – ului este una simplă, permițând utilizatorului operarea direct cu mouse-ul sau cu tastatura.

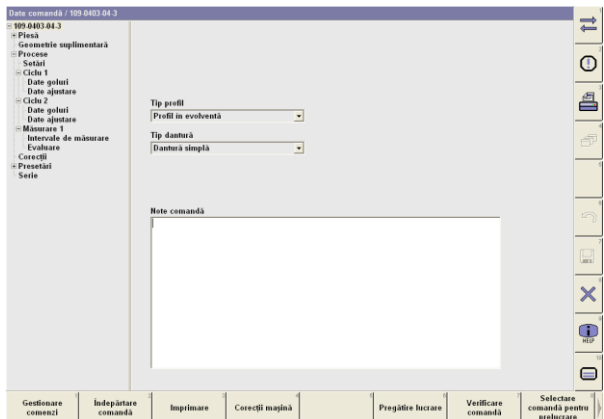


Fig. 5. Fereastra principală a software-ului GearPro

### 3 STUDIUL DE CAZ PRIVIND RECTIFICAREA REPERULUI „ROATĂ DINȚATĂ” PE MAȘINA CNC HOFLER HELIX 400K

Pentru realizarea acestui studiu de caz am ales reperul „roată dințată” cu numărul de dinți  $z=47$ .

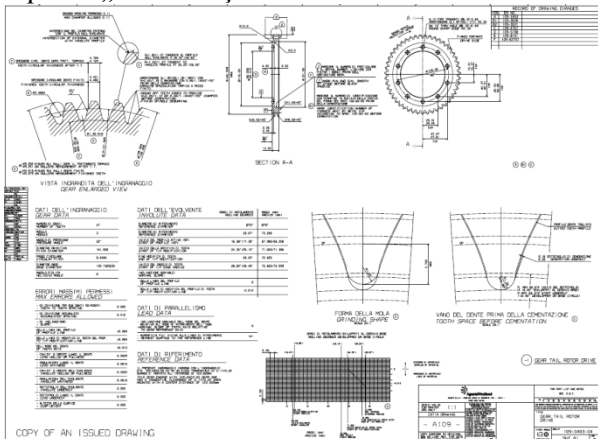


Fig. 6. Roata dințată  $z=47$

#### 3.1 Realizarea programului CN conform operației de rectificare

Pentru a realiza programul CN pentru operația de rectificare a danturii reperului „roată dințată” se parcurg următoarele etape, după cum urmează:

- Introducerea datelor piesei;

Introducerea datelor este influențată de opțiunile selectate la inițierea comenzii. Adică în funcție de opțiune aleasă, trebuie introduse date diferite.

În capitolul de față se descrie introducerea datelor pentru rectificarea flancurilor dinților danturilor exterioare.

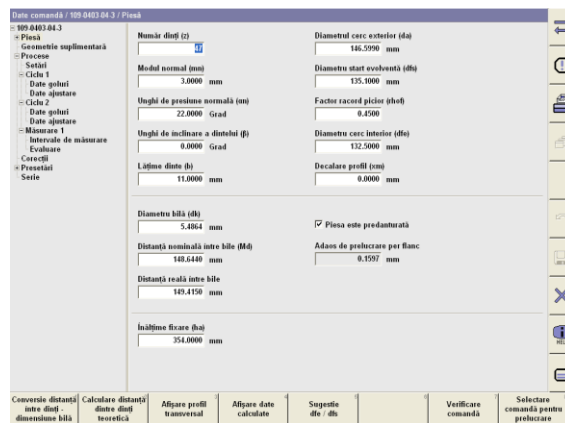


Fig. 7. Introducerea datelor piesei

- Verificarea profilului transversal

Verificarea se face prin selectarea comenzii “Afișare profil transversal” din panoul de comandă al software – ului. Această opțiune permite reprezentarea grafică și imprimarea profilului transversal.

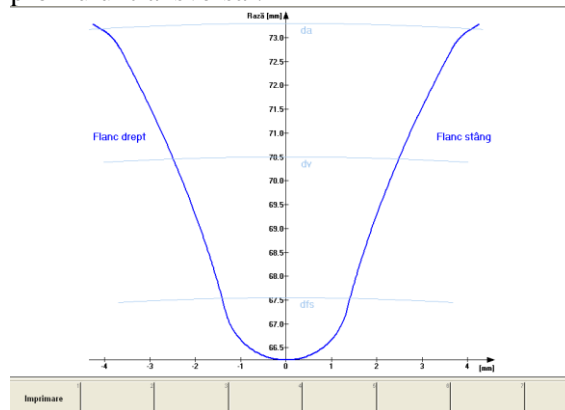


Fig. 8. Afișarea profilului transversal

Dupa afișarea și verificarea profilului transversal, programatorul, respectiv inginerul responsabil de aceasta operație, decide continuarea realizării programului CN.

- Realizarea geometriei suplimentare

Geometria suplimentară, cu software-ul GearPro, reprezintă definirea dispozitivului în care piesa urmează să fie așezată.

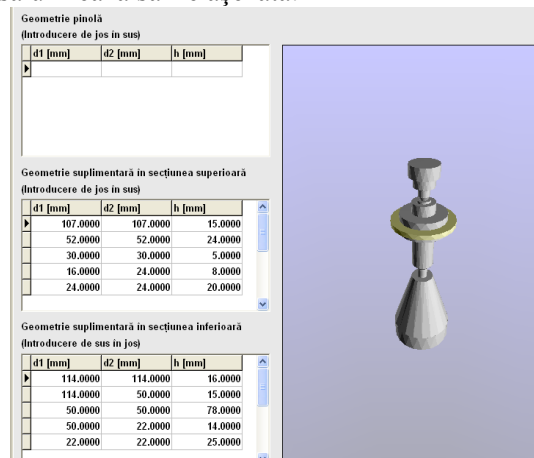


Fig. 9. Geometria suplimentară

- Definirea ciclurilor de prelucrare

Numărul ciclurilor de prelucrare este stabilit de către inginerul proiectant al operației, în funcție de adaosul de îndepărtat și de calitatea suprafeței care se dorește a fi obținută.

Tabel cursă rectificarea bi-flanc

Nr.	Avans [mm]	Avans radial [mm]	Avans unitar [mm/min]	O'w [mm <sup>3</sup> /(mm <sup>2</sup> ·s)]
1	0.020	0.049	3000	2.4668
2	0.020	0.049	3000	2.4668
3	0.013	0.032	3000	1.6034
4	0.013	0.032	2000	1.0690
5	0.012	0.030	2000	0.9867
6	0.012	0.030	2000	0.9867
7	0.012	0.030	2000	0.9867
8	0.012	0.030	2000	0.9867
9	0.012	0.030	2000	0.9867

Sumă avansuri: 0.222 mm      Sumă avansuri radiale: 0.548 mm  
 Diferență adaos de prelucrare - avans total comandă: -0.248 mm      Sumă Vw: 6.0240 mm<sup>3</sup>/mm

Directii cursă: Ultimele contraavans cursă

Avans fără contact sus       Modificările liniilor flancului active  
 Avans fără contact jos

Fig. 10. Definirea ciclurilor și calculul adaosurilor de prelucrare

După realizarea etapelor prezentate anterior, pentru a verifica programul creat se selectează tasta soft “Selectare comandă pentru prelucrare”. Selectarea acestei taste îi permite programatorului să poată realiza o simulare a programului creat, simulare în timp și parametri reali.

În urma acestei ultime verificări, programul poate fi introdus în mașină, iar după reglarea mașinii se poate porni producția pentru operația respectivă.

### 3.2 Măsurare, corecții și productivitate

Avantajele mașinii CNC Hofler HELIX 400K sunt acelea că piesele prelucrate pot fi măsurate cu ajutorul capului de măsurat.

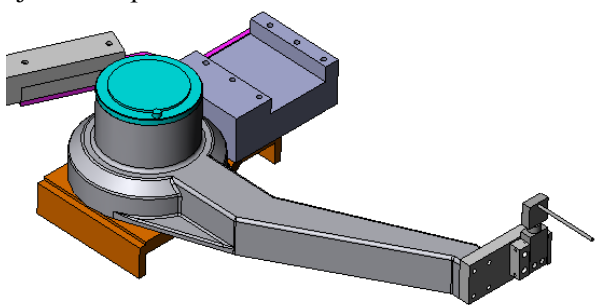


Fig. 11. Dispozitiv de măsurat

Măsurarea se realizează în mai mulți pași:

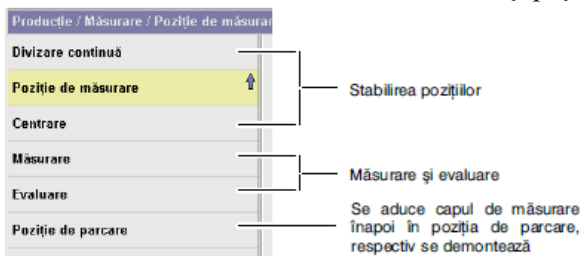


Fig. 12. Etapele măsurării

Întâi, piesa și sonda de măsurare trebuie aduse în poziția relativă corectă. Piesa poate fi rotită cu ajutorul funcției “Divizare continuă”, iar cu ajutorul opțiunilor din fereastra “Poziție de măsurare” se poate aduce sonda de măsurare în poziția corectă. Apoi se poate realiza centrarea sondei de măsurare. În final se realizează măsurarea și evaluarea rezultatelor măsurării.

În câmpurile “Măsurare” și “Evaluare” apare un indicator de progres și informații de proces. Tipurile de măsurare introduse la datele de măsurare sunt separate în măsurători parțiale în funcție de flancurile de măsurat și de numărul de goluri. Aceste măsurători parțiale sunt apoi afișate în câmpul “Info proces”, sub formă de tabel.

Rezultatele măsurătorilor sunt reprezentate grafic, fiind similare cu graficele de la măsurătorile realizate pe o mașină de măsurat în coordonate. Pentru reperul „roată dințată” rezultatele măsurătorilor sunt următoarele:

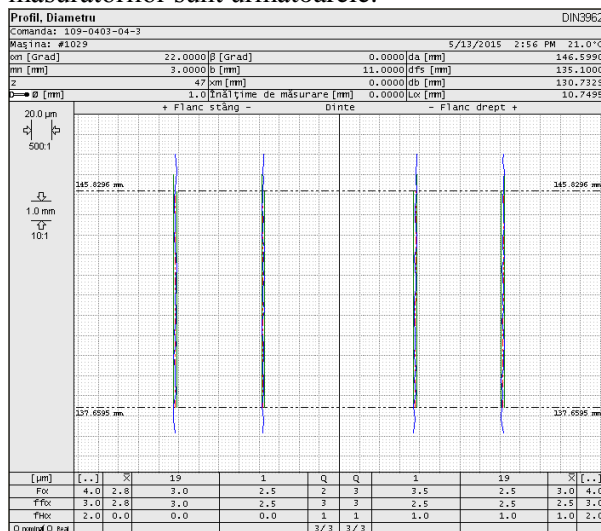


Fig. 13. Măsurare profil

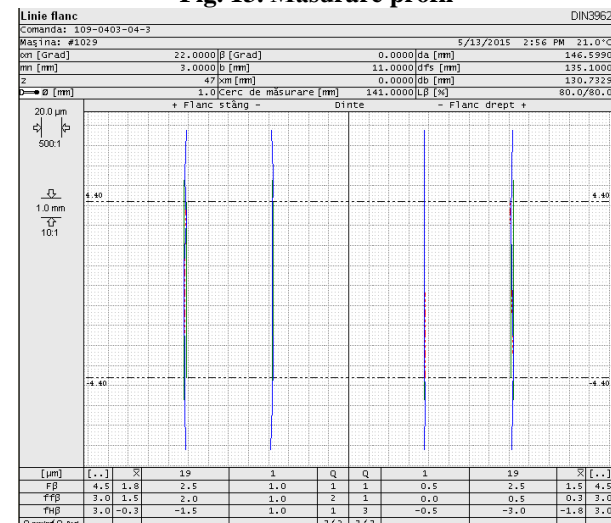


Fig. 14. Măsurare linie flanc

Un alt avantaj al mașinii Hofler HELIX 400K ce duce la creșterea productivității prin reducerea

Timpiilor morți, este acela că poate măsura cota peste role a reperului prelucrat.

Cota peste dinți Ln reprezintă dinstanța dintre două tangente la flancurile antiomoloage a doi dinți

Cele doua tangente sunt paralele între ele , iar relația de calcul a numărului de dinti n peste care se face masurarea asigura situatia punctelor de tangenta cu flancurile dintilor pe cercul de mijloc al danturii :

$$n = z \cdot \frac{\alpha^{\circ}}{180^{\circ}} + 0,5$$

Valoarea obtinuta din calcul se va rotunji la un numar intreg .

Marimea cotei Ln pentru dantura dreapta nedepasata se calculeaza cu relatia :

$$Ln = m \cdot \cos \alpha [\pi(n - 0,5) + z(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{arcc} \alpha)]$$

Masurarea lui Ln se face cu micrometrul cu talere (fig. 5.5 ,b) .

Avantajele acestei metode de masurare sunt :

- instrumentul de masurat este simplu ;
- masurarea se face direct pe masina pentru prelucrarea danturii , putandu-se determina foarte usor deplasarea de corectia sculei de danturat (de exemplu la masinile de finisat dantura cu doua pietre taler ce lucreaza dupa principiul Gleason distanta ditre pietre este chiar cota Ln) .

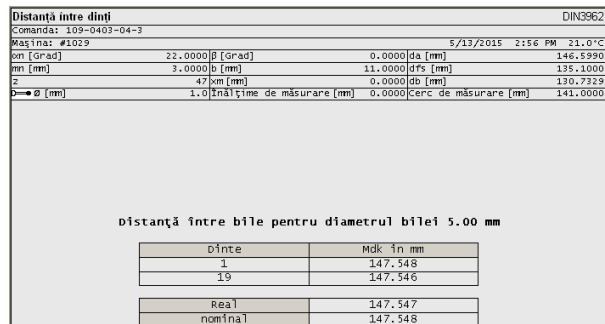


Fig. 15. Distanța dintre dinți

Pasul de baza , pentru rotile dintate cu dantura dreapta , este dat de relatia :

$$Pb = \pi m \cos \alpha$$

masurarea efectuandu-se pe tangenta la cercul de baza .

Pasul este definit ca distanta dintre doua flancuri omoloage consecutive ale danturii .

Masurariile se efectueaza cu ajutorul unor aparate comparative , care pun in evidenta abaterile in raport cu reglajul la zero corespunzator dimensiunii nominale a pasului de baza .

Rezultatele masurarii abaterilor pasilor de baza ai rotii de verificat se pot reprezenta intr-un sistem de

coordonate , ceea ce conduce la obtinerea unui grafic ca cel prezentat in fig. 16 . In acest mod se poate pune in evidenta marimea abaterii acumulate de pas .

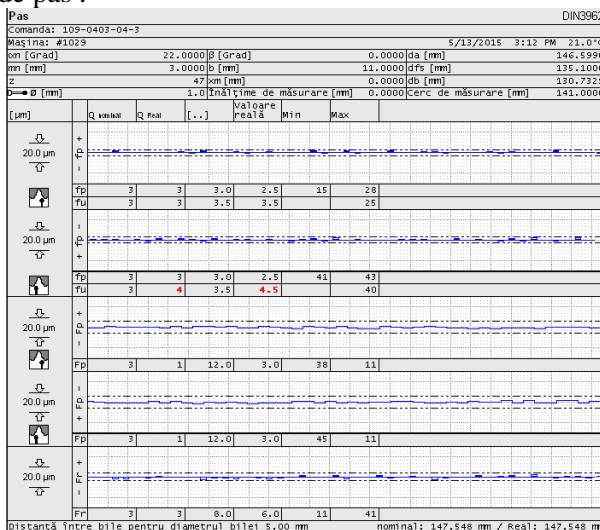


Fig. 16. Măsurarea pasului

In funcție de precizia care se vrea a fi obținută, după analiza ultimului grafic, se pot aplica anumite corecții stabilite și impuse de către inginerul proiectant.

Cu acest subpunct din meniu se pot corecta erorile unghiului linii flancului, rezultate la rectificarea.

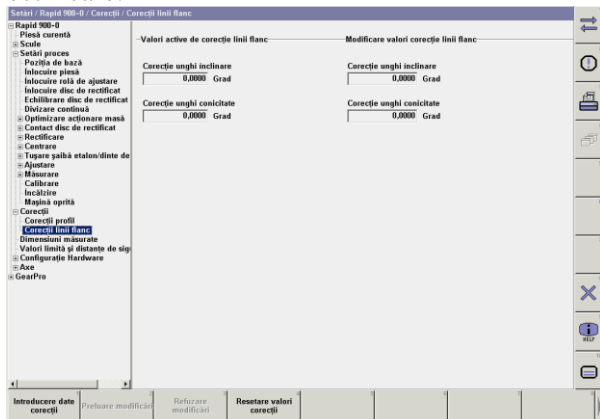


Fig. 17. Introducerea corecțiilor

Această fereastră oferă o privire de ansamblu asupra corecțiilor liniei flancului active și a acelor care tocmai au fost efectuate, dar încă nu au fost preluate.

După introducerea datelor, se acționează butonul “Calculare valori corecții”.

Valorile de corecție calculate apar la punctul “Modificare valori corecție linii flanc”.

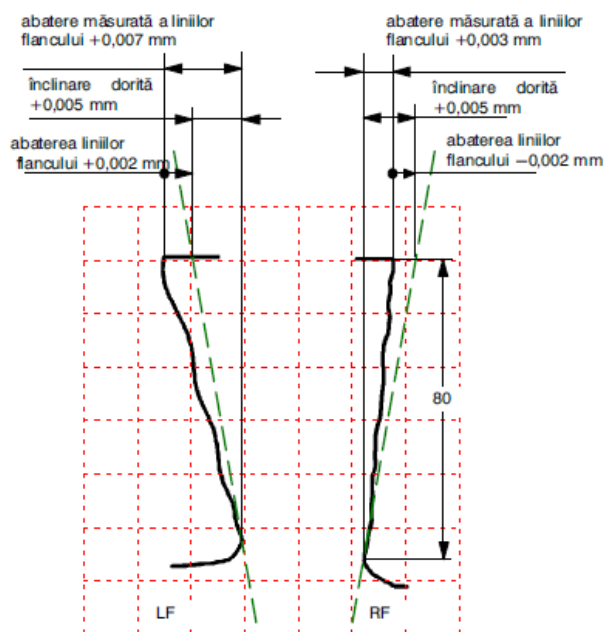


Fig. 18. Corecții linii flanc

După efectuarea corecțiilor, următoarea măsurare se face pe o mașină de măsurat în coordonate, datorită preciziei care se dorește a fi obținută.

#### 4 CONCLUZII

Pe baza rezultatelor obținute în urma studiilor și încercărilor care stau la baza elaborării lucrării „Aspecte tehnico – economice privind rectificarea roților dințate prelucrate pe mașini CNC”, pot enunța următoarele concluzii și observații:

Rectificarea danturilor roților dințate cilindrice cu dinți drepecți, prelucrate pe o mașină CNC de tipul Klingelberg Hoffer HELIX 400k are un grad de productivitate foarte mare datorită complexității mașinii și a multitudinii de tipuri de operații pe care aceasta le poate realiza.



Fig. 19. Klingelberg Hoffer HELIX 400K

Pe viitor, pentru studiul cât mai mult despre rectificarea roților dințate, voi alege domeniul rectificării roților dințate conice cu dantură curbă.

Pentru măsurarea și controlul roților dințate conice se folosesc aceleași tipuri de aparate ca și pentru roțile dințate cilindrice, cu excepția evoltventmetrelor (profilometrelor) și pasametrelor pentru măsurarea pasului de bază, care se întâlnesc mai rar. Aparatele pentru măsurarea roților dințate conice se deosebesc de cele pentru roți dințate cilindrice, în special, prin poziția relativă a suportului de măsurare și a axei roții de controlat.

#### 5 MULȚUMIRI

Conf.dr.ing. Doru BARDAC  
SC TURBOMECANICA SA

#### 6 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Amza, Gh. ș.a. (2000), „Așchiera și microașchiera materialelor”, București, Ed. Bren.
- [2]. Botez, E. (1962) “Angrenaje” Editura Tehnică, București,.
- [3]. Frumușanu, G. (2008), „Utilaje și echipamente pentru prelucrări mecanice”, Universitatea “Dunărea de Jos”, Galați
- [4]. <http://www.hofler.com/en/products/gear-grinding-machines/helix-400.html>
- [5]. <http://www.ttonline.ro/articole/ma%C5%9Fin-i-de-rectificat-geibel-hotz-%E2%80%93-germania>
- [6]. [http://www.micronz.co.uk/prodfiles/HOEFLE\\_RAPID\\_650-1250\\_EN\\_2009-09.pdf](http://www.micronz.co.uk/prodfiles/HOEFLE_RAPID_650-1250_EN_2009-09.pdf)