

## PRELUCREA ANGRENAJELOR PRECESIONALE CU DISCURI DIN MATERIALE DURE

Alexandru MAZURU

Universitatea, Facultatea Inginerie Mecanică Industrială și transporturi, Departamentul Ingineria Fabricației,  
Chișinău, Moldova

Alexandru Mazuru, [alexandru.mazuru1987@gmail.com](mailto:alexandru.mazuru1987@gmail.com)

**Rezumat.** *To provide the increased resistance and efficiency of mechanical transfers, it is necessary to change technology of final processing of cogwheels. For grinding it is offered to use disks from cubic nitride of a pine forest with normal resistance such as LO and TO. Use of these disks on a metal sheaf allows to increase productivity of a way of grinding of wheels on 1,5-2 times in comparison with disks from electro corundum, providing the increased resistance, resistance and durability of cogwheels.*

**Cuvinte cheie:** *differential change gears, index change gears, gear-cutting machine, kit.*

### Introducere

Fiabilitatea angrenajelor este afectată considerabil de prelucrarea finală a danturii roților dințate, caracterizată printr-un cost de producție sporit (în unele cazuri ea constituie cca 30÷60% din cheltuielile totale pentru prelucrarea mecanică). Ca să asigurăm o durabilitate și eficacitate înaltă a transmisiilor mecanice, este necesar de a perfecționa tehnologia prelucrării finale a angrenajelor.

Unul din cel mai răspândit procedeu de prelucrare finală a transmisiilor de putere și de precizie, la care se formează rugozitatea, precizia și proprietățile fizico-mecanice a stratului exterior, o constituie rectificarea danturii. La utilizarea discurilor abrazive în zona de așchiere apare o temperatură ridicată, care condiționează schimbările structurale în stratul exterior a dinților, ca urmare se micșorează simțitor rezistența la oboseală și de contact [1-5].

Ca continuare a celor expuse pentru o serie de mașini unelte de tip MAAG au fost elaborate discuri din nitrură cubică de bor de o rezistență obișnuită de tip LO și KO (1, 2). Aceasta permite a spori productivitatea rectificării angrenajelor de 1,2 ori prin micșorarea trecerilor de finisare, iar pentru discuri cu granule cu agregare și strat dublu – până la 1,5 ori datorită sporirii adâncimii de așchiere și asigurării preciziei și calității necesare de rectificare a danturii. Una din particularitățile a acestor discuri abrazive din NBC o constituie degajarea mică a căldurii și lipsa pe suprafața rectificată a urmelor de arsuri, caracteristice discurilor din electrocorund alb. Se micșorează și forțele de așchiere, iar adaosul de prelucrare înlăturat de discuri din NBC, în marea măsură corespunde avansului de pătrundere indicat, față de rectificarea cu discuri abrazive. Dacă să luăm în considerație, că la rectificarea danturilor cheltuielile pentru discuri din electrocorund constituie aproximativ 1%, iar pentru cele din NBC – 3% din costul operației de rectificare este necesar de a majora eficiența de funcționare a discurilor din materiale extrem de dure. Una din căile pentru astfel de discuri o are metalizarea granulelor. Discurile metalizate din NBC nu pot funcționa fără lichid de ungere răcire altfel apar arsuri. De acest neajuns sunt lipsite discurile pe suprafața granulelor cărora se depune un strat ne metalizat. Metodica acoperirilor este elaborată și încercată (3) și permite de a spori rezistența de menținere a granulelor în liant fără ca temperatura în zona de așchiere să se majoreze [4-10].

Din cauza că, funcționarea discurilor din materiale dure depinde de rezistența granulelor abrazive, s-a cercetat procesul de rectificare a danturii precesionale cu discuri din NBC cu rezistență sporită de marca KR cu un strat ne metalizat a granulelor.

Se folosesc foarte reușit discurile de tip T225, 275, 340, 400 mm: sporește productivitatea rectificării danturii cu 20% față de discurile din NBC tip KR, se asigură precizia necesară de

prelucrare și calitatea superioară de rectificare a suprafeței. Discurile din NBC tip KR cu acoperire ne metalică asigură obținerea unei mai prielnice din punct de vedere a capacității portante a microgeometriei suprafeței. Parametrii  $v$  și  $b$ , care determină suprafața de reazem și capacitatea portantă, pentru tipul KR parametrii au tendința spre creștere față de discurile din NBC tip KO.

Trebuie să menționăm, că diferite adaosuri antifricționale îmbunătățesc eficacitatea utilizării sculei abrazive cu liant organic. Aceste adaosuri solide sunt niște lubrifianți, care îmbunătățesc condițiile de rectificare prin micșorarea forțelor de frecare în zona de așchiere. La introducerea în stratul exterior 10% nitrid de bor hexagonal se micșorează consumul de abraziv, scade temperatura de la 430 până la 280°C. Introducerea acestor adaosuri permite împreună cu micșorarea coeficientului de frecare să micșorăm și degajarea de căldură.

La rectificarea pe mașini-unelte de tip Nilles cu discuri 14EE1X 240x40° GA 250/20 B11 100% se exclude rebutul – arsurile și crăpăturile se mărește productivitatea cu 1,5 ori față de prelucrarea cu discuri cu electrocorund (4). Eficacitatea rectificării în cazul dat poate fi sporită prin: folosirea unor scule care au caracteristici optime (acoperire în combinație cu lubrifianți), optimizarea dimensiunilor stratului activ și elaborarea tipuri de dimensiuni a discurilor funcție de parametrii roților dințate prelucrate.

Din cauza că, funcționarea discurilor din materiale dure depinde de rezistența granulelor abrazive, s-a cercetat procesul de rectificare a danturii precesionale cu discuri din NBC cu rezistență sporită de marca KR cu un strat ne metalizat a granulelor.

Se folosesc foarte reușit discurile de tip T225, 275, 340, 400 mm: sporește productivitatea rectificării danturii cu 20% față de discurile din NBC tip KR, se asigură precizia necesară de prelucrare și calitatea superioară de rectificare a suprafeței. Discurile din NBC tip KR cu acoperire ne metalică asigură obținerea unei mai prielnice din punct de vedere a capacității portante a microgeometriei suprafeței. Parametrii  $v$  și  $b$ , care determină suprafața de reazem și capacitatea portantă, pentru tipul KR parametrii au tendința spre creștere față de discurile din NBC tip KO.

Trebuie să menționăm, că diferite adaosuri antifricționale îmbunătățesc eficacitatea utilizării sculei abrazive cu liant organic. Aceste adaosuri solide sunt niște lubrifianți, care îmbunătățesc condițiile de rectificare prin micșorarea forțelor de frecare în zona de așchiere. La introducerea în stratul exterior 10% nitrid de bor hexagonal se micșorează consumul de abraziv, scade temperatura de la 430 până la 280°C. Introducerea acestor adaosuri permite împreună cu micșorarea coeficientului de frecare să micșorăm și degajarea de căldură [10-15].

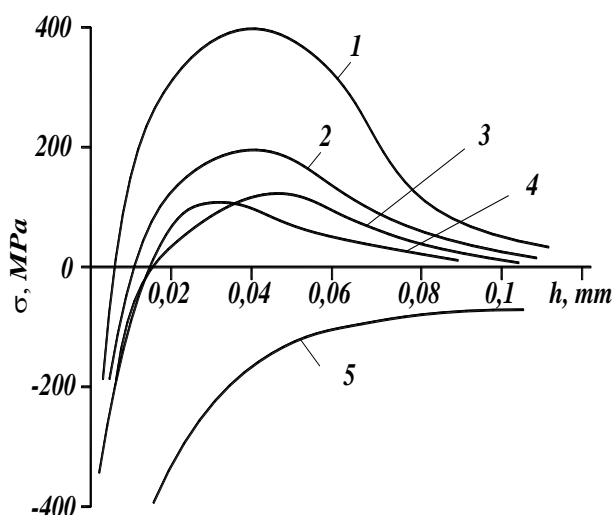
### Cercetările experimentale

A doua metodă este descrisă în lucrarea (5), unde optimizarea discurilor permite simțitor să reducă volumul stratului activ a sculei.

Cu scopul de a determina caracteristica optimală a eficacității rectificării pe mașina-unealtă Nilles s-a cercetat funcționarea discurilor la prelucrarea roților dințate cu numărul de dinți  $z = 24$ , modulul  $m = 5$  mm și lățimea coroanei dințate  $B = 30$  mm din oțel 18HGT cu  $HRC > 58$ . Prelucrarea se execută pe mașina-unealtă model 5831 cu discuri tip 14EE1X 240x40° NBC acoperite cu un strat ne metalic și electrocorund 24A25 CM2 6K5 la o viteză de așchiere 28 m/s la două regimuri. La primul regim R1 avansul transversal  $S_t = 0,1$  mm, viteza de rulare  $S_o = 127$  mm/min și numărul curselor duble a sculei pe minută  $n = 140$ , iar la al doilea R2 corespunzător  $S_t = 0,02$  mm, viteza de rulare  $S_o = 52$  mm/min și numărul curselor duble a sculei pe minută  $n = 140$  min<sup>-1</sup>. În calitate de lichid de ungere-răcire s-a folosit ulei “industrial 12” [15-19].

Varietățile structurale și de tensiuni sunt cauzate de acțiunea temperaturii și forței de așchiere și sunt determinate de parametrii tehnologici ai procesului. Factorii de temperatură și de forță într-o măsură considerabilă depind de caracteristica discurilor.

Cercetările roentgenografice [3] (fig. 1) efectuate au arătat că dinții prelucrați cu discurile NBC au schimbări minimale în structură. Aceleași concluzii s-au obținut și în urma analizei metalografice a roților prelucrate cu scule abrazive prezentate în tabelul de mai sus.



**Fig. 1.** Repartizarea tensiunilor remanente la o adâncime a stratului superficial, după operația de rectificare. ( $V_d=30\text{m/s}$ ,  $S_o=52\text{ mm/min}$ ,  $n=140\text{ min}^{-1}$  și  $t = 0,1\text{ mm}$ ) cu discuri:

- 1 - 24A25 CM2 6K5;
- 2 – GAC 250/200 BST 100;
- 3 – KRS 160/125 B11 100;
- 4 – KRS 160/125 MO16 100;
- 5 – până la rectificare.

Tabelul 1

### Rezultatele cercetărilor experimentale

Caracteristica sculei	Consumul specific, mg/g		Rugozitatea suprafeței, $R_a$ , $\mu\text{m}$	
	R1	R2	R1	R2
GAC 250/200 BST 100	3,52	0,67	1,60	0,95
KRS 160/125 B11 100	2,43	0,39	1,39	0,9
KRS 160/125 M08 100	0,48	0,09	1,84	1,15
24A25 CM2 6K5	27,32	4,85	1,44	0,74

La rectificarea danturilor cu discuri din NBC cu adâncimi de așchiere ( $t=0,015-0,02\text{ mm}$ ), caracteristicile trecerilor de finisare, nu aduc schimbări structurale în stratul exterior și nu formează tensiuni remanente de comprimare (până la 200 MPa), fapt care este un rezerv al sporirii calității, fiabilității și durabilității transmisiilor dințate.

Cercetările la durabilitate pe stand special cu contur închis de încărcare la o forță  $P = 60\text{ kN}$  și o frecvență de rotire  $n = 1400\text{ min}^{-1}$  au prezentat, că rezistența la uzură a roților dințate, rectificate cu discuri din NBC a sporit de 1,2 ori. Conform cercetărilor experimentale industriale a discurilor din NBC cu granulația 160/125, liant metalizat M08, regimurile optime de rectificare a danturii, care îndeplinesc condițiile tehnice după precizie și calitate a suprafeței dinților sunt viteza de așchiere 30 - 35 m/s, viteza de rulare a semifabricatului la faza de degroșare 186 – 370, faza de finisare 76 – 150 mm/min, numărul curselor duble a deplasării sculei pe minută 50 – 140, adâncimea de rectificare la faza de degroșare 0,05 – 0,15, la faza de finisare – 0,01 – 0,02 mm.

Datorită stabilității și capacității înalte de așchiere a discurilor abrazive considerabil se reduce timpul staționării mașinii-unelte, legat de verificarea petei de contact și măsurărilor geometriei dintelui [20-29].

### Referințe

- [1] Klocke F and Eisemblätter G1997 *Dry cutting* CIRP Annals 46 (2) 519-526.
- [2] Brinksmeier E, Mutlugunes Y, Aurich JC and Shore P 2010 *Ultra precision grinding* CIRP Annals 59 (2) 652-671.
- [3] Aurich JC Brinksmeier E Blum H and Brecher C 2009 Modelling and simulation of process: machine interaction in grinding Production Engineering 3 (1) 111-120.
- [4] Stingaci I. Grinding of the gears with high depth processing. MATEC Web of Conferences 112:01019, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201019>. 2017
- [5] Casian M. The processing accuracy of the gear. MATEC Web of Conferences 112:01019, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201026>. 2017

- 
- [6] Bostan I. Dulgheru V. Glușco C. Mazuru S. and Vaculenco M. *Antologia invențiilor Vol 2 Transmisii planetare precesionale (Chișinău Bons Offices)* 2011.
- [7] Mazuru S. , Vaculenco M *Issues technology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating* IX international congress “Machines Technologies Materials 2012” Varna Bulgaria Vol I.
- [8] Vlase A. Scaticailov S. *Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat*, Chișinău Tehnica-UTM. 2014.
- [9] Mazuru S and Scaticailov S. *Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate* Univ. Tehn A Moldovei Chișinău Tehnica-UTM, 2018.
- [10] Mazuru S. , Cernov A. 2004 *Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției*. Buletinul institutului politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc. Iași 749–752.
- [11] Mazuru S. , Scaticailov S. *L'efficacité de la rectification de la force et de la vitesse*. Buletinul institutului politehnic Iași, tomul XLVIII, Supliment I Iași 237 – 240. 2002.
- [12] Laurențiu S Coteață M Pop N and Coelho A *Impact phenomena at the abrasive jet machining*. Nonconventional technologies Review No 1 96-99, 2009.
- [13] Mazuru S. Mechanism of training component kinematics error gears in operation technology hardening chemical – heat (Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX) Fasc 2a) 2010.
- [14] Bostan I. Mazuru S. and Botnari V. Kinetic process of teeth grinding (The 15 th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation ModTech Vadul lui Voda Moldova România. 2011.
- [15] Mazuru S. System reliability and optimization processing parametr for its accuracy of elements, First part. The 14 the International Conference Modern Technologies, Quality and Innovation Slănic Moldova Romania 2010.
- [16] Slatineanu L Dodun O & Coteata M 2008 *Theoretical Model of the Surface Roughness at the End Milling with Circular Tips* Annals of DAAAM for 2008 & Proceedings of the 19th International DAAAM Symposium Editor B. Katalinic Vienna Austria 1273-1274.
- [17] Mazuru S. and Scaticailov S. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1018 012010, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1018/1/012010>, 2021.
- [18] Mazuru S., Trifan.N. and Mazuru A. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1018 012011, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1018/1/012011>, 2021.
- [19]. Mazuru S. Technological processes generating non-standard profiles of precessional gear. Thesis for doctor of technical sciences, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19477.76005>, 2019.
- [20]. Botnari V., Mazuru S. Influence of Processing Parameters on the Quality of the Superficial Layer after Processing Surfaces with Plastic Deformation Processes. *Applied Mechanics and Materials* Vol 657, 2014, pp. 147-153.
- [21]. Casian M. Mazuru S. Theoretical and experimental aspects concerning elastic behavior in the grinding technological system, *Advanced Materials Research* Vol 1036 pp 286-291
- [22]. Casian M. Mazuru S. 2014 A study concerning the workpiece profile after grinding process of precessional gear wheels *Advanced Materials Research* Vol 1036, 2014, pp. 292-297.
- [23]. Stanislav DUER, Radoslav DUER, Sergiu MAZURU. "Determination of the expert knowledge base on the basis of a functional and diagnostic analysis of a tehcnical object" . *Neconventional Tehnologies revive* volume XX no.2/2016.
- [24]. Bostan Ion, Mazuru Sergiu & Casian Maxim. Axial adjustment method for precessional transmissions, *TEHNOMUS jurnal*. Nr. 17.2017.
- [25]. Bostan Ion, Mazuru Sergiu. Processes generating non-standard profiles variable convex- concav of precessional gear. *Journal of Engineering Sciences and Innovation*. Volume 5, Issue 2 / 2020, pp. 111-122.
- [26]. Bostan Ion, Mazuru Sergiu & Scaticailov Serghei. Technologies for precessional planetary transmissions toothing generation. *TEHNOMUS jurnal*. Nr. 20.2013. p.226-233.
- [27]. Laurențiu Slătineanu, Margareta Coteață, Nicolae Pop, Sergiu Mazuru, Antonio Coelho, Irina Beșliu. *Impact phenomena at the abrasive jet machining*. *Nonconventional technologies Review* , nr. 1, 2009, 96-99.
- [28]. Mazuru S., Metelski V. Constructive methods to ensure the accuracy of technological-quality indicators gears. The 16<sup>th</sup> International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation. ModTech 2012, 24-26 May, 2012, Sinaia, Romania.
- [29]. Mazuru S., Technological processes generating non-standard profiles of precessional gear. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19477.76005>, 2019.
-