



Technical Sciences
Academy of Romania
www.jesi.astr.ro

Journal of Engineering Sciences and Innovation

Volume 5, Issue 2 / 2020, pp. 111-122

A. Mechanical Engineering

Received 5 May 2020

Accepted 19 June 2020

Received in revised form 11 June 2020

Processes generating non-standard profiles variable convex-concav of precessional gear

ION BOSTAN*, SERGIU MAZURU, SERGHEI SCATICAILOV

Technical University of Moldova, Bd. Ștefan cel Mare, 168, MD-2004, Chișinău,
Republic of Moldova

Abstract. The main issues are discussed in this thread: design, implementation and operation of the technological processes of manufacturing gears, mathematical modeling of the kinematics of the processing to evaluate the accuracy of the tooth profiling, presented the research methodology, will identify a number of technological factors that affect the quality indicators of precessional transmission. Scientific issues have been investigated: elaboration of the kinematic concept of the technological process of generating by rolling of precession gears with variable and non-standard profile with peripheral profile tool; elaboration of the physico-mathematical model of the rolling process of the convex-concave profile with spherical-disk movement tool; elaboration of the physical model of realizing the process of generating the convex-concave profile with the "disk-tool" with the sphero-spatial motion; the determination of the surface quality indexes processed depending on the shape of the tool peripheral shape, the tool movement kinematics and the rectification procedures; Determination of geometric deviations and determination of admissible technological errors of toothed gear teeth; identifying the nature of technological errors and geometric deviations according to the precision of machining the gears; developing practical recommendations to ensure the quality and precision of the dental flanks of the treacherous planetary transmissions.

Keywords: precessional transmission, gear non-standardized, profile, tooth, technology tooting, grinding, error, cinematic technology system, stiffness, roller, contact line, speed, cutting depth, cinematic process.

1. Introducere

Prin rectificare pe mașini--unelte pot fi prelucrate diferite tipuri angrenaje [1, 2, 3].

Sunt cunoscute zeci de sisteme de rectificare, care se divizează în două grupe:

a) mașinile-unelte, care lucrează prin metoda de copiere; b) mașinile, care lucrează prin metoda de rulare totală sau parțială.

Este cunoscut că metoda de copiere cu disc profilat este mai productivă. Dar ea totuși nu a găsit o utilizare pe scară largă din motive că au dispozitive complicate de

*Correspondence address: ion.bostan@cmts.utm.md

profilare a discului sau șabloane speciale care au profilul dintelui rectificat mărit de câteva ori. Totodată precizia de rectificare, mai ales pentru roți cu diametrul mare pe aceste mașini este redusă față de cele care lucrează prin metoda rulării.

Mașinile unelte care prelucreză dantura după metoda de rulare funcționează de particularitățile de realizare a procedurii sunt și ele repartizate pe grupe: MAAG 0°, MAAG 15°, Reishauer, Orkut, Niles. Fiecare din aceste sisteme are locul său. Unele sisteme asigură o precizie ridicată de prelucrare ridicată în limita treptei de precizie 3...4 și a rugozității R_a în limita de 1,0 ... 0,3 μm (MAAG pentru danturi mici) dar au o productivitate de cca trei ori mai mică față de alte sisteme.

Productivitatea și prețul de cost al prelucrării danturii depinde foarte mult de sistemul ales, de înălțimea dintelui, diametrul roții, lățimea dintelui și forma sculei folosite la prelucrare (disc tip taler, disc profilat sau melc).

2. Cinematica sistemului de generare a danturii

În lucrările [1, 2, 3] sunt descrise procedeele de generare prin rulare a danturilor roților conice cu profil convex-concav al dinților, realizate pe mașini-unelte de danturat cu mișcare sferospațială a sculei în formă de trunchi de con și de cilindru. Prin procedeele respective nu se pot fabrica danturi cu dinți de dimensiuni mici, deoarece scula așchietoare trebuie să reproducă geometria bolțurilor conice din dantura satelitului (în cazul procedurii cu sculă "trunchi de con") sau diametrul sculei cilindrice trebuie să fie egal cu diametrul rolei din coroanele satelitului (în cazul procedurii de generare cu sculă în formă de cilindru). Dezavantajele acestor procedee constau în productivitatea de generare mică și imposibilitatea de a fabrica danturi cu dinți de dimensiuni mici. De asemenea, aceste procedee necesită un control riguros al dimensiunilor și formei geometrice a sculei, care au o durată mică de lucru.

Pentru a asigura generarea suprafețelor flancurilor dinților cu dimensiuni mici și majorarea productivității procesului tehnologic, se propune procedeul de generare prin rulare cu sculă de forma unui disc profilat periferic în arc de cerc cu mișcare sferospațială a conturului generator.

Schema cinematică a procesului de generare prin rectificare [2, 3, 10] cu sculă-disc profilat periferic în arc de cerc este prezentată în figurile 3.1 a (varianta I) și 3.1. b (varianta II). Cinematica procedurii în varianta I include următoarele mișcări: 1. *Mișcarea autonomă* – mișcarea principală de așchiere – rotirea sculei cu frecvența n_1 , care determină viteza de așchiere sau de rectificare $V=\pi Dn_1$, unde D este diametrul traiectoriei de așchiere (diametrul traiectoriei punctului de contact al sculei cu semifabricatul). De valoarea vitezei acestei mișcări depinde productivitatea procesului, calitatea suprafeței prelucrate (rugozitatea), existența sau lipsa arsurilor și intensitatea uzurii sculei abrazive.

2. *Mișcarea de așchiere auxiliară* – reprezintă o mișcare liniară a sculei de-a lungul dintelui în direcția generatoarei conului roții imaginare cu viteza avansului transversal. Această mișcare se realizează cu avansul S_{EO} . De valoarea vitezei mișcării de avans transversal S_{EO} esențial depinde: rugozitatea suprafeței prelucrate,

existența sau lipsa arsurilor, intensitatea uzurii sculei abrazive. Totodată, este necesar de a lua în considerație faptul că în cazul dat viteza sumară se determină ca:

$$V_r = \sqrt{V^2 + S_{EO}^2}. \quad (1)$$

3. *Mișcarea de rulare* – rotirea discretă a semifabricatului la un unghi $\Delta\psi$, coordonată prin cinematica lanțului mașinii-unelte ”ax principal – masă rotativă”. Valoarea unghiului de rotire a semifabricatului în mișcarea de rulare se stabilește prin calculul acestui lanț cinematic.

4. *Mișcarea oscilatorie coordonată cu rularea roții* – deplasarea capului portsculă pe direcția vectorului vitezei mișcării relative ”sculă – semifabricat” în punctul lor de contact (este asigurată de construcția dispozitivului).

Mișcările de rulare 3 și 4 în ansamblu determină forma profilului flancului dintelui generat, precum și precizia generării, caracterizată prin valoarea poligonalității suprafeței flancului dintelui, formate drept consecință a mișcărilor discrete ale sculei în procesul de generare a danturii.

5. *Mișcarea de avans a sculei pe direcția axială S_{OO}* a semifabricatului (de pătrundere a sculei în semifabricat).

Totalitatea acestor mișcări ale conturului generator al sculei în raport cu semifabricatul în rotație conduce la formarea suprafeței flancului dintelui. În rezultatul mișcării sferospațiale a sculei, centrul conturului generator al acestuia descrie o traiectorie, înfășurătoarea familiei de contururi ale sculei cu centrele plasate pe această traiectorie reprezintă profilul dintelui. Cu alte cuvinte, înfășurătoarea contururilor generatoare poziționate în spațiu la o tură completă a arborelui conducător al dispozitivului reprezintă forma integră a unui dinte.

Cinematica procedurii în varianta II diferă de varianta I prin mișcarea 2:

Această mișcare se efectuează pe mașinile-unelte care asigură efectuarea mișcării rectilinii alternative a portsculei 2. *Mișcarea alternativă de așchiere auxiliară* – S_{EO} , este o mișcare alternativă a sculei-disc pe direcția generatoarei conului roții imaginare cu un ciclu ”dute-vino” la fiecare avans $\Delta\psi$ al semifabricatului.

3. Linia de contact teoretică dintre sculă și roata dințată la generarea profilului nestandardizat

Studiul traiectoriei punctului (liniei) de contact dintre sculă și roata dințată în procesul de generare a profilului dinților rezumă următoarele constatări și descrieri analitice.

La rectificarea sau frezare, pentru diferite adâncimi de așchiere t în direcția axei semifabricatului, condițiile de prelucrare diferă pe durata prelucrării unui dinte [2, 3]. Din schemele de prelucrare (fig. 1) se constată că cele mai lejere condiții predomină la prelucrarea vârfului dintelui. Contactul liniar dintre sculă și profilul convex-concav al dintelui trece dintr-o formă în alta. Scula în pozițiile 1–2 lucrează în condițiile de rectificare cilindrică interioară, în poziția 2 (punctul de inflexiune) – de rectificare plană, în pozițiile 2–3 – de rectificare cilindrică exterioară. Din

figura 2 se observă că adâncimea aşchierii t în direcţia axei semifabricatului este diferită de cea în direcţia normalei pe profilul dintelui t_n .

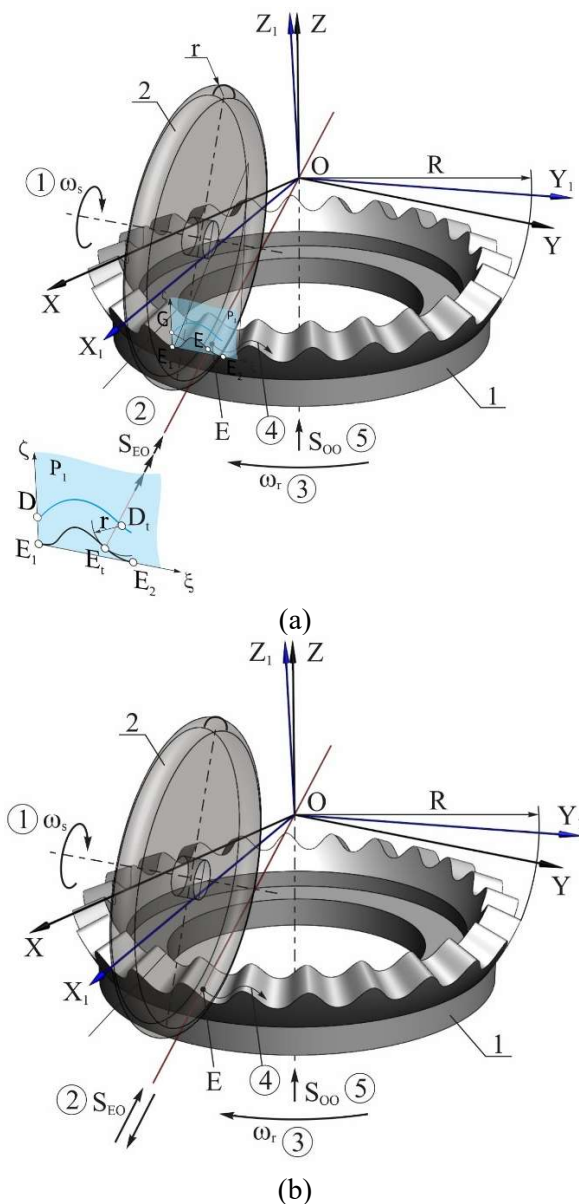


Fig. 1. Schema cinematică a procedurii de generare prin rectificare cu sculă-disc profilat periferic, varianta I (a) și variația II (b).

Pentru studiul contactului liniar, descriem forma profilului dintelui cu ecuații parametrice pentru diferite adâncimi de aşchiere t . În acest scop, inițial descriem traiectoria mișcării centrului conturului generator al sculei identificat prin punctul

D [2, 7, 8, 9, 12], în funcție de unghiul de rotire ψ a arborelui principal, prin ecuațiile:

$$\begin{aligned} X_D &= R \cos \delta (-\cos \psi \sin(Z_1 \psi / Z_2) + \sin \psi \cos(Z_1 \psi / Z_2) \cos \theta) - R \sin \delta \sin \psi \sin \theta; \\ Y_D &= -R \cos \delta (\sin \psi \sin(Z_1 \psi / Z_2) + \cos \psi \cos(Z_1 \psi / Z_2) \cos \theta) + R \sin \delta \cos \psi \sin \theta; \\ Z_D &= -R \cos \delta \cos(Z_1 \psi / Z_2) \sin \theta - R \sin \delta \cos \theta, \end{aligned} \quad (2)$$

unde: ψ – unghiul (precesie) de rotire a axului principal al mașinii-unelte; θ – unghiul (nutație) de înclinare a arborelui cotit al dispozitivului; δ – unghiul de înclinare a axei sculei față de suprafața mesei mașinii-unelte (axoidei conice); r – raza de profilare a sculei (conturului generator). Pentru a identifica linia de contact *sculă – profil*, în sistemul de coordonate $OXYZ$ la diferite adâncimi de prelucrare, deducem ecuațiile ce descriu forma profilului roții dințate.

Punctul D (centrul conturului generator al sculei) se mișcă pe suprafața sferică cu raza R cu centrul în punctul de precesie $O_t(0,0,+t)$. Cunoșcând traiectoria mișcării punctului D , găsim poziția punctului E_t de contact al sculei cu profilul dintelui roții dințate. Punctul de contact E_t pentru un oarecare unghi ψ se află la distanța razei conturului generator al sculei r pe planul normal la vectorul vitezei punctului $D - V_D$ (care coincide cu centrul conturului generator al sculei). Pentru descrierea profilului suprafeței generate de sculă în procesul de prelucrare a roții dințate, găsim proiecțiile vectorului vitezei punctului $D - V_D$.

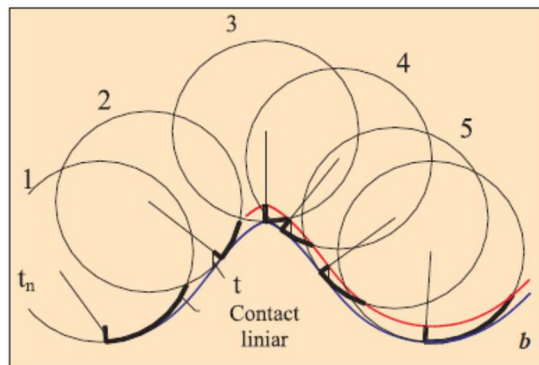


Fig. 2. Schema interacțiunii sculei în formă de disc abraziv cu suprafața dintelui în procesul de generare și variația contactului liniar.

4. Cercetări experimentale

Cercetările au fost realizate pe o mașină de danturat *53A30P*, modificată pentru a rectifică danturi. Caracteristica tehnică: lungimea dintelui rectificat $s = 20-100$ mm, numărul de curse duble $n=100-315 \text{ min}^{-1}$, valoarea avansului mesei $p_o = 80-800$ mm/min.

Mașina-unealtă a fost echipată cu un dispozitiv de îndreptare a pietrei abrazive. În calitate de disc abraziv a fost utilizat discul tip *ΠΟ*, $D = 20\text{--}100\text{ mm}$, lățimea discului $H = 5\text{--}15\text{ mm}$, granula abrazivă 99A: mărimea granulei 60–80; duritatea H, I, J, K, L, M ; structura 5, 7, 8, 25; liant V. Echilibrarea dinamică a discului a avut loc pe mașina *K300BR Rava Torno*. Valoarea dezechilibrului a fost determinată pe un aparat electronic cu compensarea momentului.

Precizia dezechilibrului discului abraziv a fost în limita bății de $1\text{ }\mu\text{m}$. Viteza la echilibrare a fost de 10000 min^{-1} . Discul abraziv a fost îndepărtat și echilibrat după fiecare turație a roții; adâncimea de îndreptare a fost stabilită de $0,05\text{ mm}$ la o viteză de $0,1\text{ mm/min}$.

Au fost rectificat roțile dințate conice cu profil nestandardizat cu dinți drepți, înălțimea dintelui $h = 10\text{--}15\text{ mm}$, lungimea dintelui $b = 10\text{--}25\text{ mm}$, cu un număr de dinți $z = 20\text{--}32$, executate din oțel *40H, 45H, 12H2N4A, 20H2N4A*, cu o duritate $40\text{--}62\text{ HRC}$ [1, 6, 12]. Adâncimea rectificării dintelui a fost de $0,03\div 0,12\text{ mm}$, iar adaosul pe o parte a dintelui – în limite de $0,12\div 0,35\text{ mm}$. În calitate de LUR s-a utilizat ulei cu emulsie ER, cu un raport de 1:40, care a fost transportat în zona de rectificare cu viteza de $15\text{ dm}^3/\text{min}$, cu o valoare admisibilă de poluare de $40\text{ }\mu\text{m/l}$. Analiza stării stratului exterior au arătat că după rectificarea dinților roților dințate pot fi observate [3, 11] (figurile 3-8): abateri de la pasul circular și abateri de la profilul dintelui.

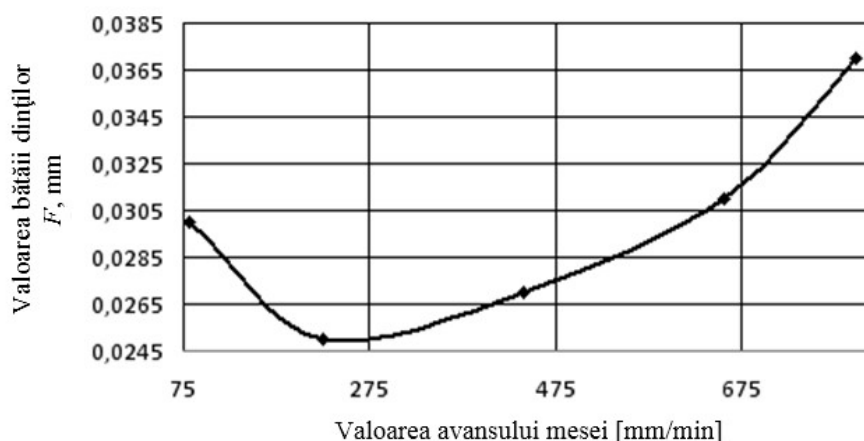


Fig. 3. Influența avansului mesei asupra valorii bății dinților (oțel *40H*): $n = 280\text{ min}^{-1}$, $a = 0,06\text{ mm}$.

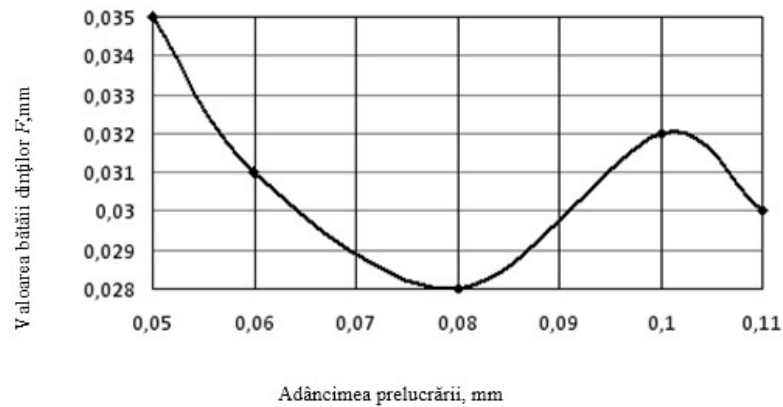


Fig. 4. Influența adâncimii de rectificare asupra valorii bății dinților (oțel 40H):
 $n = 280 \text{ min}^{-1}$, $p = 225 \text{ mm/min}$.

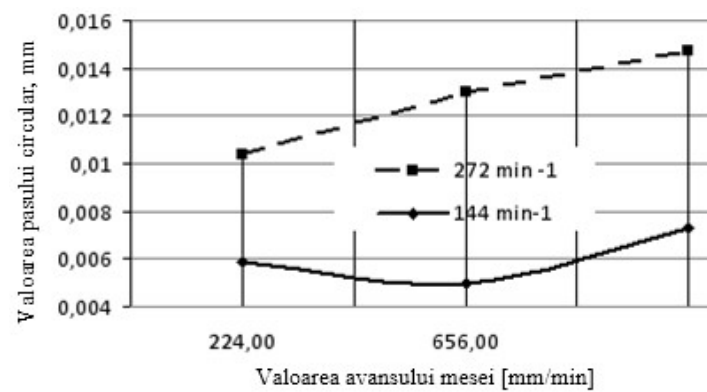


Fig. 5. Influența valorii avansului mesei și numărului curselor duble ale sculei asupra valorii abaterii de la pasul circular al dinților (oțel 40H).

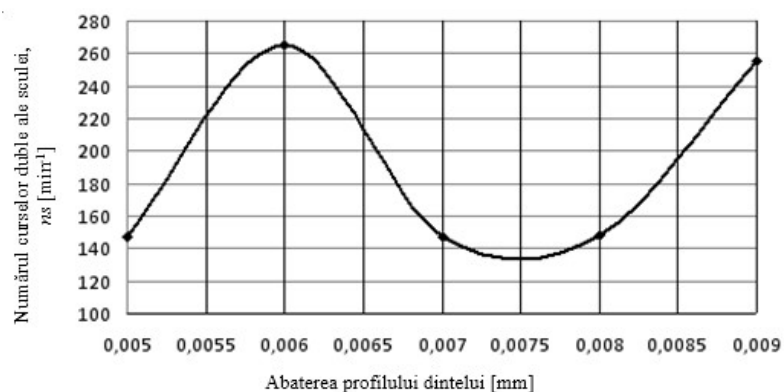


Fig. 6. Influența numărului curselor duble ale sculei asupra valorii abaterii profilului dintelui (oțel 40H).

Bătaia dinților roților dințate se formează diferit, în funcție de parametrii de rectificare utilizați (figurile 3-8). Creșterea numărului de curse duble ale discului abraziv micșorează bătaia dinților roților dințate, dar analiza dependenței logaritmice arată că această tendință se reduce treptat. Această legitate se demonstrează prin valoarea R_a , calculată în procesul analizei de regresie.

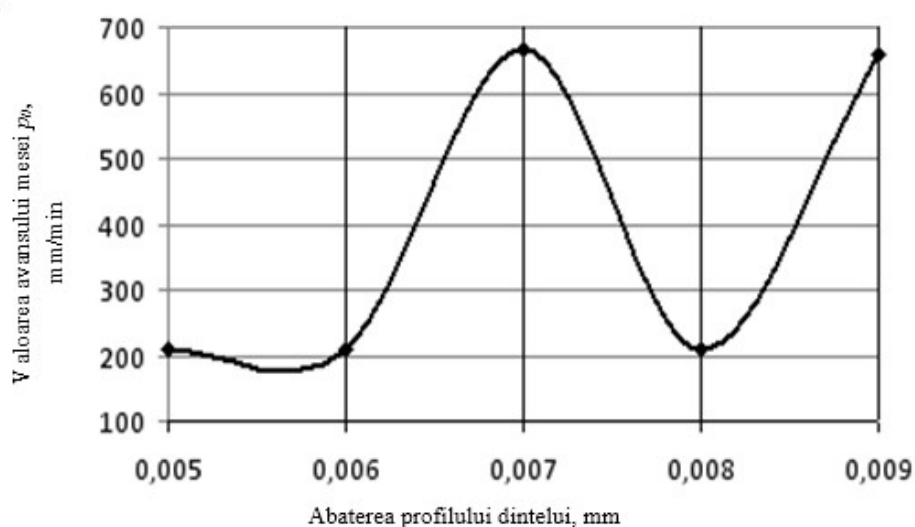


Fig. 7. Influența valorii avansului mesei asupra valorii abaterii de la profilul dintelui (oțel 40H).

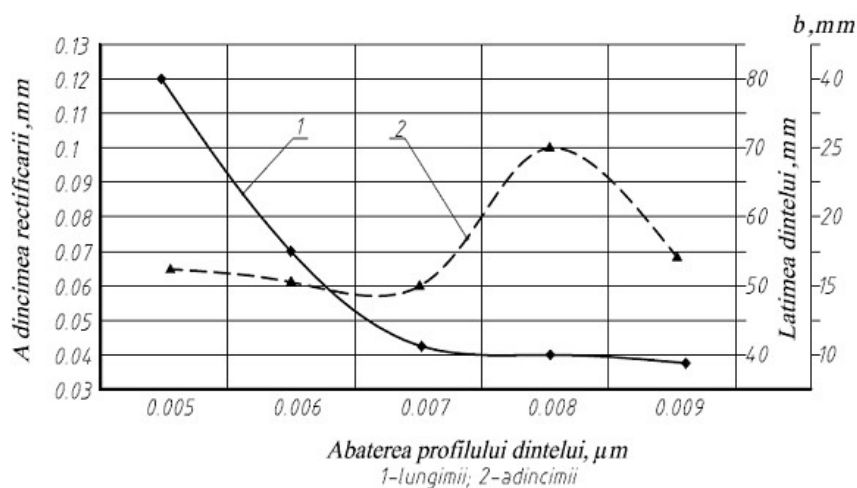


Fig. 8. Influența adâncimii rectificării și a lungimii dintelui asupra valorii abaterii profilului dintelui (oțel 40H).

Influența valorii avansului asupra bătaii dinților roților are un alt caracter. Valoarea bătaii dinților roților dințate la o valoare minimă a avansului mesei constituie 0,03

mm, și odată cu creșterea avansului mesei această bătaie se micșorează până la 0,02 mm. Sporirea ulterioară a avansului mesei provoacă majorarea valorii bătaii dinților roților dințate, care obține valori maxime aproape de 0,035 mm, la un avans al mesei de 800 mm/min.

Asupra modificării valorii bătaii dinților roților dințate are o influență considerabilă și adâncimea de rectificare.

În principiu, valoarea bătaii dinților roților dințate se micșorează odată cu creșterea adâncimii de rectificare. Dar la o adâncime mai mare de 0,08 mm, valoarea bătaii dinților roților dințate se mărește până la 0,032 μm . Putem presupune că la rectificare cu adâncimi mai mici ($< 0,08$ mm) predomină procesul de frecare și mai puțin cel de aşchiere, majorând astfel instabilitatea lui și provocând sporirea bătaii dinților.

Creșterea adâncimii de rectificare peste 0,11 mm nu provoacă o mărire considerabilă a bătaii dinților roților dințate.

Modificările care au loc în stratul exterior al dinților roții dințate sunt legate și de apariția abaterii pasului circular și depind de modificările parametrilor procesului de rectificare a danturii.

După cum demonstrează rezultatele cercetărilor realizate, valoarea abaterii pasului de bază depinde de acțiunea comună a avansului mesei și a curselor duble ale discului rectificator și sunt maxime atunci când avansul depășește valoarea de 225 mm/min. Totodată, la valori considerabile ale avansului discului rectificator (650 mm/min) observăm o abatere înaltă a pasului circular, atât la un număr mic de curse duble, cât și la un număr mai mare al acestora.

Parametrii procesului de rectificare a danturii (curse duble ale discului rectificator, valoarea avansului mesei și adâncimea rectificării) exercită influență și asupra abaterii de la profilul dintelui roții dințate.

Analiza influenței numărului curselor duble ale discului rectificator asupra abaterii profilului dintelui demonstrează că odată cu creșterea valorii numărului curselor duble ale discului rectificator peste 270 [min^{-1}] crește și abaterea profilului dintelui de până la 0,003 mm. Caracterul curbei dependenței specificate și exprimarea ei matematică confirmă faptul că creșterea ulterioară a numărului de curse duble ale discului rectificator poate fi cauza sporirii abaterii profilului dintelui (figura 5). Ca să minimizăm această valoare a abaterii, numărul curselor duble ale discului rectificator adus la un nivel de cca 150 [min^{-1}].

Asupra abaterii de la profilul dintelui exercită influență analogică și avansul mesei; creșterea acestuia până la 200 mm/min duce la sporirea abaterii indicate în limita de 0,005–0,008 mm (la un avans de 650 mm/min). Astfel, se observă o oarecare stabilitate a procesului de rectificare a danturii la avansuri mari (figura 5).

Analizând influența adâncimii de rectificare, s-a stabilit că trebuie luată în considerare și acțiunea pe care o are lungimea dintelui roții dințate. O creștere a lungimii dintelui generează o valoare considerabilă a abaterii de la profilul dintelui (figura 4). La o lățime a roților de până la 40 mm, valoarea abaterii de la profilul dintelui este constantă. Adâncimea rectificării nu joacă, în cazul dat, un rol hotărâtor, deoarece rectificarea cu o adâncime de 0,06 mm provacă o abatere a

profilului dintelui de la 0,005 până la 0,009 mm. Dar creșterea adâncimii de rectificare peste 0,1 mm creează posibilitatea abaterii profilului dintelui până la 0,008 mm.

Astfel după, cum au arătat rezultatele cercetărilor procesului tehnologic de rectificare a danturii, acesta este însoțit de modificări considerabile în stratul exterior al dinților roților dințate. Se modifică nu numai caracteristicile stereometrice ale profilului dintelui roții dințate, dar și caracteristicile de formă și dimensiuni, totodată, modificându-se și proprietățile mecanice și fizice ale stratului exterior al dinților roților dințate. Cunoscând aceste proprietăți și caracteristici, putem dirija procesul de rectificare printr-o alegere optimă a parametrilor de lucru.

5. Concluzii

S-a constatat că precizia geometriei danturii roților dințate prelucrate prin rectificare se caracterizează prin abateri de la pasul circular, bătaii radiale și axiale ale dinților roților dințate, abateri de la profilul nominal ale dintelui, și se recomandă de a lua în considerație că:

Bătaia dinților roților dințate se formează diferit, în funcție de parametrii de rectificare utilizați:

- creșterea numărului de curse duble ale discului abraziv reduce bătaia dinților roților dințate, influența valorii avansului asupra bătaii dinților roților are un alt caracter: la o valoare minimă a avansului mesei este de 0,03 mm, iar odată cu creșterea avansului mesei, această bătaie se micșorează până la 0,02 mm;
- asupra modificării valorii bătaii dinților roților dințate are influență considerabilă și adâncimea de rectificare, care se micșorează odată cu creșterea adâncimii de rectificare;
- la o adâncime mai mare de 0,08 mm, valoarea bătaii dinților roților dințate se mărește până la 0,032 mm.

Valoarea abaterii pasului de bază depinde de:

- acțiunea comună a avansului mesei și a curselor duble ale discului rectificator și au valoare maximă când avansul depășește 225 mm/min;
- la valori considerabile ale avansului discului rectificator de cca 650 mm/min observăm o abatere mare a pasului circular, atât la un număr mic de curse duble, cât și la un număr mai mare al acestora;

Abaterii profilului depinde de următoarele:

- la creșterea valorii numărului curselor duble ale discului rectificator de peste 270 min^{-1} crește și abaterea profilului dintelui de până la 0,003 mm;
- valori minime ale abaterii profilului se obțin la un nivel de cca $n_s = 150 \text{ min}^{-1}$;
- asupra abaterii profilului dintelui influențează și avansul mesei, creșterea acestuia până la 200 mm/min duce la sporirea abaterii indicate în limita de 0,005-0,008 mm, astfel, se constată o oarecare stabilitate a procesului de rectificare a danturii la avansuri mari;
- s-a stabilit că influența adâncimii de rectificare trebuie luată în considerare în funcție de lungimea dintelui roții dințate, și anume: o creștere a lungimii dintelui

generează o valoare considerabilă a abaterii de la profilul dintelui, și anume pentru lăţimea roţilor de până la 40 mm, valoarea abaterii de la profil a dintelui este constantă, iar adâncimea rectificării nu influenţează considerabil, deoarece rectificarea la adâncimi de cca 0,06 mm provoacă o abatere a profilului dintelui de la 0,005 până la 0,009 mm, iar creşterea adâncimii de rectificare de peste 0,1 mm măreşte abaterea profilului dintelui până la 0,008 mm.

Rectificarea roţilor dinţate precesionale tratate termic conduce la sporirea preciziei finale a acestora, şi anume:

- toleranţa abaterii profilului dintelui f_f – cu 34%;
- toleranţa băţii frontale a dintelui F_f – cu 49%;
- abaterea-limită a pasului de angrenare f_{pb} – cu 29%, ceea ce a confirmat utilitatea metodei propuse de prelucrare finală a angrenajului precesional; astfel, prin procedeul propus de rectificare se obţin roţi dinţate precesionale cu precizia 5-6.

Bibliografie

- [1] Bostan I., Dulgheru V., Gluşco C., Mazuru S., Vaculenco M., *Antologia invenţiilor*, Vol. 2. *Transmisii planetare precesionale*, Chişinău, Bons Offices, 2011.
- [2] Mazuru S., S. Scaticailov, *Tehnologii şi procedee de danturare a roţilor dinţate*, Univ. Tehn. a Moldovei, Fac. Inginerie Mecanică, Industrială şi Transporturi, Dep. Tehnologia Construcţiilor de Maşini, Chişinău, Tehnica-UTM, 2018.
- [3] Mazuru S., Vlase A. şi Scaticailov S., *Tehnologii de prelucrare pe maşini de danturat*, Chişinău, Tehnica-U.T.M. 2014.
- [4] Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, *Technologies for precessional planetary transmissions tooth generation*, TEHNOMUS jurnal, **20**, 2013, p.226-233.
- [5] 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, Switzerland, **657**, 2014, p. 147-153.
- [6] Mazuru S. and Casian M., *Theoretical and experimental aspects concerning elastic behavior in the grinding technological system*, Applied Mechanics and Materials, Switzerland, **1036**, 2014, p. 286-291.
- [7] Bostan I., Mazuru Sergiu, *Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer*, Proceedings of The 13th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau, 2009.
- [8] Mazuru S., *System reliability and optimization processing parametrs for its accuracy of elements*, First part. The 14th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation, 2010, Slănic Moldova, Romania.
- [9] Mazuru S., *Mechanism of training component kinematics error gears in operation tehnology hardening chemical – heat*, Buletinul Institutului Politehnic din Iaşi, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iaşi Tomul **LVI** (LX). Fasc. 2a, 2010.
- [10] Bostan I., Mazuru S., Botnari V., *Cinetic process of teeth grinding*, The 15th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation, ModTech 2011, Vadul lui Voda, Moldova, România.
- [11] Bostan I., Mazuru S., Vaculenco M., Scaticailov S., *Issues tehnology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating*, IX international congress “Machines, Technologies, Materials 2012”, Varna, Bulgaria, 2012, Vol. I.
- [12] Sergiu Mazuru, Maxim Casian, and Serghei Scaticailov, *The processing accuracy of the gear*, Advanced Materials Researc., 112. 01026. (2017). 21st Innovative Manufacturing Engineering & Energy International Conference – IManE&E 2017, p. 122-127.

- [13] Sergiu Mazuru, Maxim Casian, and Serghei Scaticailov, *Grinding of the gears with high depth processing*, 112. 01019. (2017), 21st Innovative Manufacturing Engineering & Energy International Conference – IManE&E 2017, p. 1.