

GENERAREA DANTURILOR ANGRENAJELOR PRECESIONALE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

N. Trifan, dr. în tehnică
Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Esența procesului de deformare plastică constă în atribuirea unei forme aliajelor sau metalelor, în urma căreia se modifică proprietățile mecanice și structura lor. Procesele de deformare plastică în unele cazuri încep să înlocuiască alte metode de prelucrare a roților dințate [1, 5]. Dezvoltarea în continuare a proceselor de deformare plastică este axată pe direcția de majorare a productivității, economia de metal, micșorarea prețului de cost și majorarea calității de fabricare pe baza proiectării asistate de calculator și prin dirijarea proceselor tehnologice.

1. DETERMINAREA FORȚELOR LA DEFORMAREA PLASTICĂ CU SCULĂ PRECESIONALĂ

Un factor important pentru calculul utilajului de deformare plastică a roților dințate este cunoașterea forțelor necesare pentru formarea dinților [8-11]. De menționat că în toate schemele conceptuale elaborate scula de deformare plastică efectuează mișcare sfero-spațială, fapt ce reduce cu aproximativ 60% valoarea forțelor, necesare pentru deformarea dinților, datorită reducerii suprafeței instantanee de contact a sculei cu semifabricatul [2-4, 6]. Deformarea plastică progresivă are ca obiectiv diminuarea presiunii de deformare prin divizarea lățimii de deformare în câteva sectoare. În acest scop rolele de deformare (figura 1) sunt executate cu caneluri circulare care divizează suprafața de lucru a roților în sectoare lucrătoare și nelucrătoare. În continuare se examinează varianta utilajului de deformare plastică a dinților cu sculă precesională cu i role de deformare. În figura 2 (a) acțiunea roților de deformare asupra semifabricatului este înlocuită cu o rolă echivalentă. Transmiterea momentului de torsiune (forțelor) de la arborele principal se efectuează prin intermediul brațelor $F_{hi}=f(e)$ (figura 2 (b)), măsurate în planele, care trec prin punctele de aplicare ale forțelor F_{rhi} , și

cuplul de brațe L_1 și L_2 : $F_{rhi} \cdot L_1 = R_m \cdot L_2$.

Forțele de deformare, care acționează asupra semifabricatului, când procesul de deformare este deja stabilizat, sunt prezentate în figura 2 (c). Asupra roților de deformare acționează forța normală F_n și forța tangențială F_t , iar R_m este rezultanta lor. Forța normală, fiind de fapt însumarea forțelor elementare raportate la unitatea de suprafață a zonei de deformare, rezultă din relația: $F_n = AP_m$, în care A este suprafața de contact în zona de deformare, iar P_m – presiunea medie în zona de deformare. Din figura 2 (c) rezultă:

$$R_m = \frac{F_n}{\cos(\beta_1 + \varphi_f)} \quad (1)$$

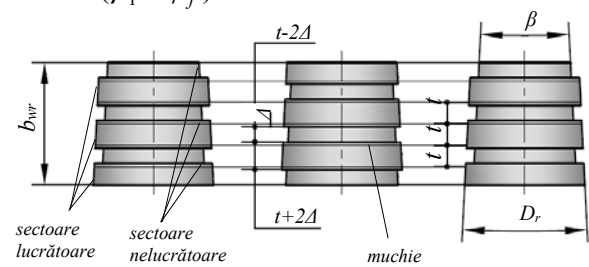


Figura 1. Role de deformare plastică cu caneluri de deformare progresivă.

având valori mici, se poate aproxima: $R_m = F_n$, rezultând relația: $R_m = AP_m$. Presiunea medie P_m , în cazul deformării la cald, cum este indicat în literatură de specialitate, variază în limite foarte largi: $P_m = (0,5...9)\tau_r$, în care τ_r este rezistența la tracțiune a materialului semifabricatului supus deformării. Momentul de torsiune T , necesar pentru deformarea materialului, se determină din relația:

$$T = R_m H = AP_m \frac{d_{mm}}{2} \sin(\beta_1 + \varphi_f) \quad (2)$$

Momentul de torsiune aplicat la arborele manivelă se determină din relațiile, care decurg din figura 2. Forța F_{rh} se determină din relațiile:

$$F_{rh} L_1 = R_m \cos(\beta_1 + \varphi_f) L_2,$$

$$F_{rh} = \frac{R_m \cos(\beta_1 + \varphi_f) L_2}{L_1} \quad (3)$$

Din figura 2 (b) rezultă: $T_h = F_{rh} e$. Înlocuind expresia pentru F_{rh} , de asemenea, $L_2 = R_{m2}$ (lungimea conică medie a roții fabricate) și $L_1 = e / \text{tg}\theta$ obținem relația:

$$T_h = R_m \cos(\beta_1 + \varphi_f) R_{m2} \text{tg}\theta \approx AP_m R_{m2} \text{tg}\theta \quad (4)$$

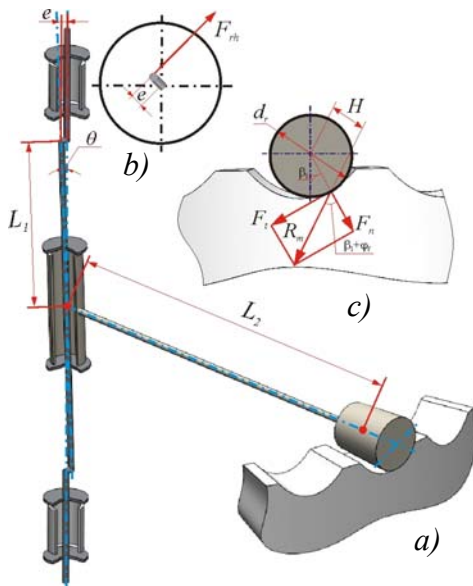


Figura 2. Schema pentru determinarea momentului de torsiune aplicat la arborele principal.

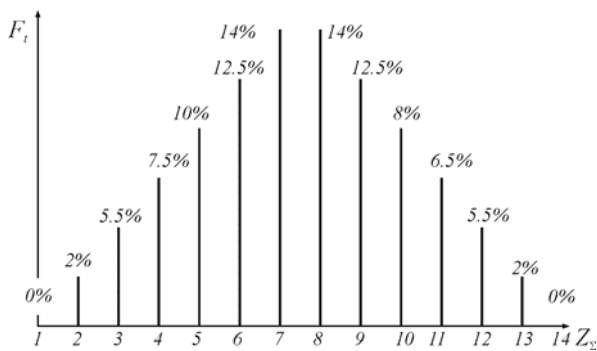


Figura 3. Distribuția forței de deformare între rolele, care participă simultan în procesul de deformare plastică a semifabricatului ($Z_1 = 29$, $Z_2 = 30$ role).

În relația obținută R_m reprezintă forța rezultantă echivalentă, cu care acționează asupra dinților semifabricatului rola echivalentă. În realitate, grație numărului mare de role, care participă simultan în procesul de deformare plastică a dinților semifabricatului ($Z_2 - 1$)/2, sarcina, care revine unei role de deformare este mai mică. Conform cercetărilor efectuate sarcina maximă, care revine

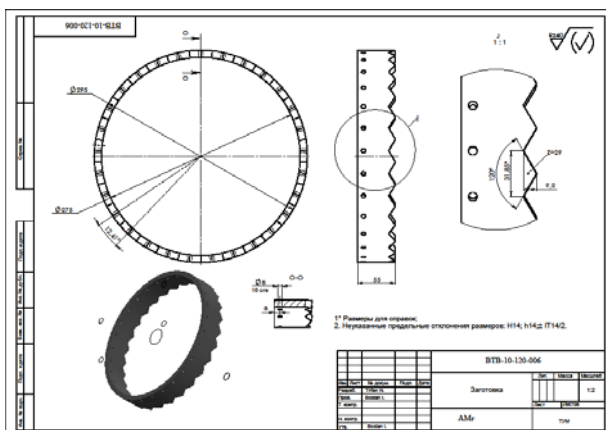
unei role de deformare, nu depășește 20-30% din cea totală, fiind luată în considerare și neuniformitatea distribuirii forței de deformare între rolele, care participă simultan în procesul de deformare plastică a dinților, caracterizată de posibilele erori de fabricare și deformarea pieselor utilajului tehnologic (figura 3).

2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND GENERAREA DANTURILOR ANGRENAJELOR PRECESIONALE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

În vederea simplificării construcției nodului de deformare plastică și a reducerii timpului de prelucrare dinții roții au fost prelucrați, în prealabil, prin rabotare. În acest scop, a fost proiectat semifabricatul roții dinate cu dinți drepti liniari (triunghiulari) (figura 4 (a)). Profilul prealabil al dinților a fost ales din condiția minimizării timpului de prelucrare finală a dinților prin deformare plastică și micșorării forțelor la deformarea plastică. Astfel, profilul dinților, care urma a fi obținut prin deformare plastică, a fost aproximat la un profil triunghiular.

Semifabricatul pentru roata dinată experimentală a fost executat la uzina "Reupies SA", din aliajul de aluminiu AMr 4 GOST 4784-74 (figura 4 (b)). Pentru executarea dinților cu profil prealabil triunghiular cu unghiul la vârf de 120° au fost reprofile două cuțite de rabotare cu unghiul la vârf de 60° . În baza modelului computerizat al dispozitivului de deformare plastică a roților dinate, au fost analizate cursele de lucru (avansul vertical al mesei), numărul de turații ale arborelui principal al mașinii-unelte, pentru a asigura viteza de deformare prescrisă de literatura de specialitate [7]. Determinarea avansului sumar vertical al mesei este necesar pentru formarea completă a dinților. În acest scop au fost utilizate relațiile analitice obținute anterior. În corespundere cu recomandările din literatura de specialitate pentru formarea totală a profilului dinților avansul sumar a fost împărțit în 32 de pași, măsurați prin intermediul unui indicator digital. Pentru asigurarea vitezei relative "sculă-semifabricat" conform valorilor recomandate în literatura de specialitate și valorilor obținute pentru diferiți parametri ai angrenajului precesional, au fost măsurate turațiile la arborele principal al mașinii-unelte de frezat, pe care a fost instalat dispozitivul de deformare plastică a dinților cu sculă de deformare plastică. În acest scop a fost utilizat

aparatajul de laborator modern model PT 500.4, înzestrat cu senzor de referință 1 Baumer OZDK 10 P5101/35A al firmei GUNT, aflat în dotarea Laboratorului de Mecanică Fină al catedrei „Bazele Proiectării Mașinilor”. Viteza liniară de deformare plastică a roții dințate a fost determinată cu considerarea regimurilor de prelucrare recomandate [7]. Viteza liniară la deformarea plastică este funcție de parametrii geometrici ai angrenajului precesional. În baza măsurărilor efectuate asupra turățiilor la arborele-manivelă și turățiilor nodului de deformare plastică au fost calculate vitezele liniare relative ale „sculei-semifabricat”.



a)



b)

Figura 4. Proiectarea și fabricarea semifabricatului pentru roata dințată experimentală: a) desenul de execuție al semifabricatului; b) semifabricatul în ansamblu cu flanșa de prindere și bușca de ghidare a arborelui-manivelă.

Calcululele au fost efectuate pentru diferiți parametri geometrici ai angrenajului precesional: număr de dinți Z_1, Z_2 unghiul de conicitate a roților β ; unghiul de nutație θ ; unghiul axoidei conice δ ; multiplicitatea angrenajului ε și lungimea conică



a)



b)

Figura 5. Roata dințată obținută prin deformare plastică: a) roata dințată cu bavură; b) roata dințată debavurată.

exterioară R_{ext} . Au fost executați prin deformare plastică cu sculă precesională dinții roții dințate experimentale, cu parametrii respectivi, utilizând regimurile calculate. În figura 5 (a) este prezentată roata dințată obținută prin deformare plastică. În procesul deformării plastice, pe partea interioară și cea exterioară a coroanei danturate se formează bavuri prin curgerea metalului în interior și în exterior. Bavurile formate sunt eliminate printr-o operație ulterioară. Roata dințată debavurată este prezentată în figura 5 (b).

3. ANALIZA CALITĂȚII DE PRELUCRARE A SUPRAFETEI DINȚILOR PRIN DEFORMARE PLASTICĂ CU SCULĂ PRECESIONALĂ

Pentru analiza calității suprafețelor de lucru ale dinților roților dințate a fost utilizat profilometrul form Talysurf 50 produs de firma “Taylor Hobson”, procurat în cadrul grantului CRDF SUA RESC 998. În cadrul cercetărilor a fost apreciată precizia formării profilului dinților prin moletare, în comparație cu profilul teoretic descris prin ecuațiile parametrice [1], utilizând metoda suprapunerii acestora, prezentată în [1]. Utilizând metoda măsurărilor jocurilor în contact prin intermediul calibrelor de interstiții, a fost identificată existența

multiplicității absolute a angrenării ($\epsilon=100\%$) rolurilor sculei cu profilul dinților roții moletate. Indicatorii de calitate a suprafeței flancurilor dinților moletați au constituit: rugozitatea Ra 1,25 μm , măsurată la profilometrul-profilograf Form Talysurf 50, iar adâncimea stratului ecruizat (1,2–1,8 mm). Deoarece forțele la deformarea plastică sunt relativ mari, materialele ce se folosesc ca semifabricate sunt executate din aliaje ușor deformabile de aluminiu, alamă și bronz. Pentru a avea economii însemnate de materiale la executarea roților dințate prin deformare plastică de rulare în urma calculelor făcute în vederea obținerii unui coeficient înalt de utilizare a materialului, partea de semifabricat supusă deformării este executată din materiale ușor deformabile, iar placa de prindere pe masa dispozitivului se execută din oțel.

Metoda și aparatura de măsurări trebuie să satisfacă următoarele condiții:

- precizie înaltă a măsurărilor;
- simplitate și universalitate;
- necesitatea excluderii influenței factorilor secundari (poziția reciprocă “palpator–piesă”).

În acest scop instrumentul de măsurare utilizat a fost profilograf-profilometrul UK LE4 9JQ al firmei TAYLOR HOBSON dotat cu calculator personal cod 4ZJRO1J, care permite așezarea lui direct pe piesa de prelucrat. Rezultatele înregistrării sunt prezentate în figura 6.

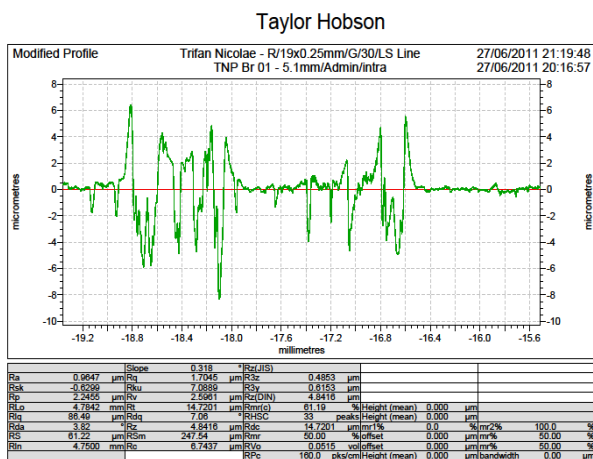


Figura 6. Profilograma de măsurare a rugozității suprafeței dinților.

4. CONCLUZII

A fost elaborat procedeu de generare a danturii angrenajului precesional prin deformare plastică cu sculă precesională și realizată schema conceptuală a dispozitivului, în baza căreia a fost elaborat sistemul tehnologic de deformare plastică prin rulare, în condiții de laborator, a roților dințate din angrenajul

precesional, care a permis varierea parametrilor regimurilor de deformare, în vederea prelucrării roților dințate cu diferiți parametri geometrici ai angrenajului și pentru obținerea unor performanțe ridicate ale stratului superficial al dinților.

Bibliografie

1. **Bostan I.; Dulgheru V.; Glușco C.; Mazuru S.; Vaculenco M.** Antologia invențiilor. Volumul 2. Transmisii planetare precesionale: teoria generării angrenajelor precesionale, control dimensional, proiectare computerizată, aplicații industriale, descrieri de invenții. Ch.: Ed. Bons Offices, 2011. 537 p. ISBN 978-9975-4100-9-0-4.
2. Brevet de invenție. 2704 C2, MD, Dispozitiv de moletare a profilurilor dințate pe semifabricate inelare / **Bostan I., Mazuru S., Trifan N.** (MD). Publ. 28.02.2005, BOPI nr. 2/2005.
3. **Trifan N.** Determinarea dimensiunilor semifabricatului supus deformării plastice. În: Intellectus. Chișinău: AGEPI, 2013, nr. 3, p. 88-92. ISSN 1810-7079.
4. **Trifan N.** Determination of blank size manufacturing by plastic deformation analysis. În: The 16th ModTech International Conference Modern Technologies, Quality and Innovation. Tezele conf. internaționale. Sinaia: Universitatea Tehnică Iași, 2012. Vol. II, p. 973-976. ISSN 2069-6736.
5. **Trifan N.** Sistem tehnologic de generare a danturilor roților angrenajelor precesionale prin deformare plastică cu sculă precesională. În: Meridian Ingineresc. Chișinău: Universitatea Tehnică a Moldovei, 2011, nr. 3, p. 33–36. ISSN 1683-853X.
6. **Chelu Gh., Bendic V.** Tehnologii neconvenționale de matrițare și forjare. București: Tehnică, 1996, 160 p. ISBN 973-31-0741-7.
7. **Storozhev M., Popov E.** Teoriya obrabotki metallav davleniem. Moskva: Mashinostroenie, 1977. 424 p.
8. **Gromov N.** Teoriya obrabotki metallov davleniem. Moskva: Metalurghiya, 1978. 360 p.
9. **Gubkin S.** Plasticheskaya deformatsiya metallov. Moskva: Metallurgizdat. 1961. 416 p.
10. **Kalashnikov S., Kalashnikov A.** Zubchaty'e kolyosa i ix izgotovlenie. Moskva: Mashinostroenie, 1983. 264 p.
11. **Yashhericzy'n P., Pyatosin E., Volchuga V.** Necotory'e osobennosti formirovaniya kontakta rolika s detal'yu pri obkatty'vanii. În: Vestnik mashinostroitelya, №. 10, Moskva: Mashinostroenie, 1986. p. 57-59.

Recomandat spre publicare: 16.07.2014.