

CERCETĂRI PRIVIND COMPORTAREA RANDAMENTULUI ANGRENALUI MELCAT CU CORPURI DE ROSTOGOLIRE CU VARIAȚIA PARAMETRILOR DE FUNCȚIONARE

Conf.dr.ing. R. Cotețiu – Universitatea de Nord Baia-Mare, România

Abstract: *Taking in account the lower values of classical wormgears efficiency, the studies of the wormgears with rolling elements is important. The paper presents theoretical and experimental results regard the values of efficiency in various function conditions.*

Cuvinte cheie: *angrenaje melcate speciale, frecare de rostogolire, randament.*

1. Introducere

Soluțiile propuse pentru ameliorarea valorii randamentului angrenajului melcat sunt dintre cele mai diverse. Acestea constau în utilizarea deplasărilor de profil în mod convenabil, astfel încât câmpul de angrenare să se deplaseze în zona de retragere a angrenajului (orientarea Buckingham – Rysel), alegerea flancurilor în contact cu profiluri curbe – de obicei arce de cerc – realizând o cuplă de tip convex / concav, astfel obținându-se suprafețe de angrenare închise, cu două drepte nodale (orientarea Litvin – Niemann) sau elaborarea de soluții constructive care conduc la crearea de condiții mai bune în ceea ce privește contactul.

Printre aceste soluții constructive este și soluția prin care, între suprafețele active ale melcului și ale roții, s-au intercalat corpuri de rostogolire, astfel încât, la contactul celor două elemente, mișcarea de rostogolire să devină preponderentă.

2. Considerații teoretice privind randamentul angrenajului melcat

Studiul teoretic al randamentului angrenajului melcat cu rostogolire a fost realizat ținând seama de condițiile specifice în care s-a desfășurat experimentul (domeniul de sarcini aplicate, turații, ungere).

Distribuția forțelor în angrenajul melcat este cunoscută din [2], [3], [5] etc. Specific pentru valorile forțelor tangențiale este influența unghiului de înclinare al elicei melcului, care are o mărime variabilă; maximă în secțiunea de strangulare a melcului și minimă pentru diametrul maxim al acestuia.

Astfel, randamentul se poate calcula cu relația:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{F_n \cdot (\cos \alpha_n \cdot \cos \gamma_0 - \mu \cdot \sin \gamma_0) \cdot d_2 n_2}{F_n \cdot (\cos \alpha_n \cdot \sin \gamma_0 + \mu \cdot \cos \gamma_0) \cdot d_1 n_1} = \frac{(\cos \alpha_n \cdot \cos \gamma_0 - \mu \cdot \sin \gamma_0) \cdot d_2}{(\cos \alpha_n \cdot \sin \gamma_0 + \mu \cdot \cos \gamma_0) \cdot d_1 i_{12}} \quad (1)$$

Dacă se împarte cu $\cos \alpha_n$, expresia randamentului devine:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\left(\cos \gamma_0 - \frac{\mu}{\cos \alpha_n} \cdot \sin \gamma_0 \right) \cdot d_2}{\left(\sin \gamma_0 + \frac{\mu}{\cos \alpha_n} \cdot \cos \gamma_0 \right) \cdot d_1 i_{12}} \quad (2)$$

Calculul numeric a fost realizat ținând seama de valorile geometrice și de stare ale suprafeței, de ungere, de caracteristicile funcționale (turații și domenii de încărcare) și de materialul angrenajului real supus măsurătorilor experimentale. Astfel, pentru experimente s-a utilizat pentru ungere unsoare minerală *RUL 100 Ca3 STAS1608-84*.

Pentru *angrenajul melcat cu bile* s-au utilizat următorii parametri experimentali ai cuplelor de frecare, în concordanță cu modelul real: rugozitatea suprafețelor bilelor R_z 0,4 μ m, rugozitatea căii de rulare a melcului R_z 1,6 μ m, rugozitatea căii de rulare a roții R_z 1,6 μ m, diametrul bilelor 9,525 mm, unghiul de înclinare al elicei variază în domeniul determinat experimental ($4^\circ - 6^\circ$), unghiul de contact al bilelor cu căile de rulare (40°), numărul de bile active diametrul de rostogolire al melcului în secțiunea de strangulare $d_{01}=40$ mm, diametrul de rostogolire al roții $d_{02}=96$ mm materialul căilor de rulare și ale bilelor – oțel – cu modulul de elasticitate $E=2,3 \times 10^5$ MPa

Calculul teoretic al randamentului, pe baza relației (2), presupune luarea în considerare a coeficientului de frecare pentru condițiile în care s-au desfășurat încercările experimentale, condiții prezentate mai sus, dar și de tipul de contact: contact cu rostogolire. Calculul pentru diferite situații a fost realizat conform [8], [9], [7] cu ajutorul aplicației MathCAD.

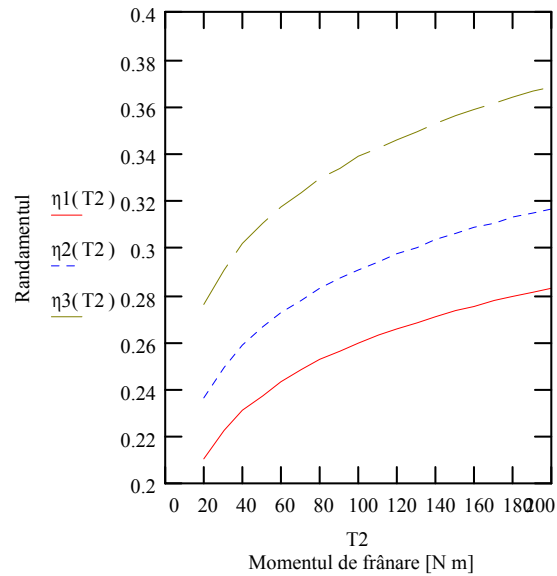


Fig.1
*Randamentul angrenajului cu rostogolire
 pentru diametrul maxim al melcului*

Randamentul, pentru varianta cu rostogolire, a fost calculat și reprezentat grafic pentru domeniul de încărcare utilizat în timpul experimentului. Variația acestuia este prezentată în figura 1, pentru cele trei turații de lucru utilizate.

3. Descrierea condițiilor și a modului de experimentare

Pentru confirmarea practică a rezultatelor teoretice privind randamentul angrenajelor cu bile s-a urmărit comportarea acestora, pentru diferite regimuri de încărcare și diferite turații, pentru angrenajul melcat cu rostogolire. Condițiile de experimentare au fost dintre cele mai severe, ajungându-se până la deteriorarea căilor de rulare. (Momente rezistente cuprinse între 20 și 300 N m; proces staționar în condiții diferite de ungere cu unsoare minerală; mișcare de rotație cu turații de $0,541 \text{ min}^{-1}$, $0,772 \text{ min}^{-1}$ și $1,082 \text{ min}^{-1}$).

Modelul utilizat permite măsurarea directă, într-un mod simplu, a pierderilor prin frecare care apar în angrenajul melcat cu rostogolire.

Principiul metodei constă în măsurarea deformațiilor unghiulare ale cuplelor torsionometrice, care apar în urma aplicării de sarcini torsionale cuprinse într-un domeniu de valori prestabilit.

Determinarea practică a pierderilor în rulmenți și a rezistențelor generate de etanșări a fost realizată prin scoaterea din angrenare a angrenajului și rotirea în gol a arborelui de intrare, respectiv de ieșire. Pentru fiecare caz cuplele tensiometrice au transmis tensiometrelor deformația produsă de cuplul generat de forțele de frecare din lagăre și etanșări. Această valoare a fost scăzută din valoarea deformației liniare măsurate în timpul angrenării.

4. Rezultate experimentale

Rezultate experimentale au fost sintetizate în graficele prezentate în figura 2. Figura 2 prezintă variația randamentului angrenajului melcat cu bile cu variația sarcinii și cu variația turației arborelui melcat.

Se observă concordanța dintre curbele experimentale și cele teoretice care descriu variația randamentului în timpul experimentului, pentru domeniul de încărcare aplicat. Și în cazul experimental s-a obținut creșterea continuă a valorii acestuia.

Din compararea celor două figuri 1 și 2 constată o variație diferită a curbelor randamentelor pentru varianta teoretică și cea experimentală. Dacă se face analiza diagramelor de variație a randamentului determinate teoretic, se constată confirmarea tendințelor curbelor determinate experimental. Se observă, pentru ambele variante de lucru, creșterea randamentului cu creșterea turației de intrare, tendință explicabilă prin crearea de condiții de ungere mai bune prin creșterea turației și, implicit, a vitezei periferice.

Valorile mici ale randamentelor se explică prin unghiul de înclinare mic al elicei melcului (care variază între 6° și 4°), precum și datorită vitezelor de alunecare reduse (0,001 la 0,003 m/s). Cu toate acestea, valorile se încadrează în diagramele de variație pentru angrenajele melcate prezentate în [5], [6], [7]. Totodată se poate observa și scăderea randamentului cu scăderea turației.

Aceste tendințe se pot constata și în diagramele ridicate pentru angrenajul cu bile, în funcție de încărcare, diagrame ridicate pe baza relațiilor prezentate la punctul 2. Analizând comportarea coeficientului de frecare, Zak arată scăderea valorii acestuia concomitent cu creșterea vitezei de alunecare în cupla de alunecare. Acest fenomen a fost observat și în cazul frecării cu rostogolire. Această evoluție este motivată de crearea unor condiții de ungere mai bune cu creșterea vitezei în cupla de frecare cu rostogolire. Scăderea valorii coeficientului de frecare se face în limite relativ restrânse, fapt pentru care alura generală de creștere a randamentului nu este afectată. Valoarea forței normale pe contact fiind preponderentă, în

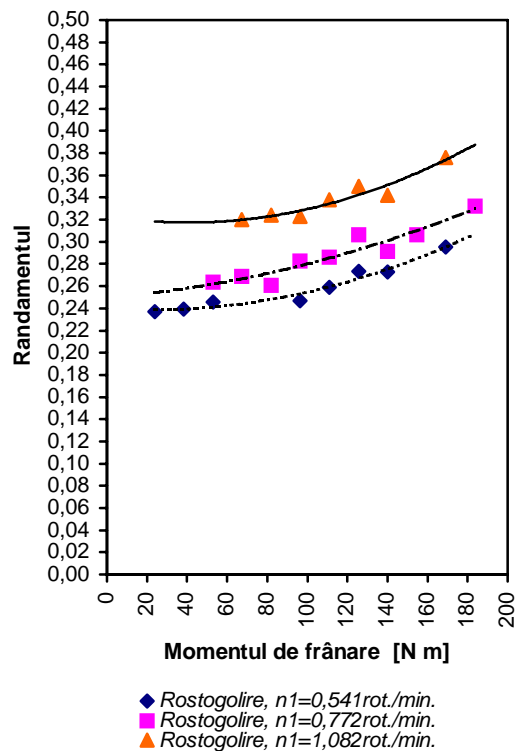


Fig.2
*Variația randamentului cu sarcina și turația
 pentru angrenajul melcat cu rostogolire*

valoarea forțelor de frecare această variație a coeficientului de frecare are o influență minoră. Această influență fiind mai pregnantă pentru încărcări mici pe contact, a condus la alura descrescătoare a randamentului. Deasemenea, tendința de scădere a valorii coeficientului de frecare, odată cu creșterea valorii sarcinii, este prezentă pentru valori relativ mici de încărcare a cuplei. Acest fenomen a fost observat și de Halteman în lucrarea [4].

Măsurătorile efectuate în cadrul acestei lucrări au confirmat tendința dată de Halteman. Rezultatul măsurătorilor este prezentat în figura 2. Datorită limitelor practice de încărcare a cuplei nu a fost atinsă zona cu tendință crescătoare a randamentului.

Privind dintr-un alt unghi de vedere, variația coeficientului de frecare de rostogolire, care implicații posibile în variația valorii randamentului, se poate explica creșterea acestuia, când sarcina aplicată tinde spre valori mari, prin formarea, datorită deformațiilor elastice la nivelul contactului, a valului de material în fața bilelor. Acesta determină creșterea rezistenței la înaintare a corpurilor de rostogolire. Deasemenea, variația valorii rugozității în timpul funcționării conduce la modificarea valorii coeficientului de frecare, pentru una și aceeași cuplă de frecare.

Crearea valului de material din fața bilelor pe căile de rulare determină modificarea locală a conformității contactului, cu implicații asupra valorii lucrului mecanic de deformație în domeniu elastic și a variației distribuției presiunii pe contact.

5. Concluzii

Rezultatele experimentale privind randamentul angrenajelor melcate cu corpuri de rostogolire conduc la concluzia că valoarea acestuia este mai mare cu aproximativ 50%, față de valoarea randamentului angrenajelor cu alunecare în aceleași condiții de exploatare. Curbele experimentale concordă cu cele teoretice, cu excepția alurii curbelor, în ambele situații se observă creșterea randamentului cu creșterea sarcinii.

Bibliografia

1. **Buzdugan, Gh.** *Rezistența materialelor, Editura tehnică, București, 1980.*
2. **Chișiu, Al., ș. a** *Organe de mașini, Editura Didactică și Pedagogică, 1980.*
3. **Cotețiu, R.** Cercetări și soluție constructivă pentru îmbunătățirea comportării tribologice și creșterii randamentului la angrenajele melcate necilindrice cu bile. Universitatea Tehnică Cluj Napoca, 1998.
4. **Gafițanu, M., ș. a.** *Organe de mașini, vol. II, Ed. Tehnică, București, 1983*
5. **Halteman, M., ș. a.** *Un model general pentru determinarea globală a momentelor de frecare în rulmenții radiali - axiali cu bile. Construcția de mașini nr. 10/ 1990.*
6. **Manea, Gh., ș. a.** *Organe de mașini, vol. II, Ed. Tehnică, București, 1958.*
7. **Maros, D., ș.a.** *Csigahaitasok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.*
8. **Maroș, D., ș. a.** *Angrenaje melcate. Ed. Tehnică, București, 1966.*
9. **Olaru, N. D.** *Tribologie. Elemente de bază asupra frecării, uzării și ungerii. Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iași, 1992.*
10. **Tudor, A., ș.a.** *Durabilitatea și fiabilitatea sistemelor mecanice. Editura tehnică. București, 1988.*
11. **Zak, P.S.** *Globoidnaia peredacia, Mașghiz. Moskva. 1962.*