A XIV-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2014

ANALIZA DURATEI DE VIAȚĂ A BILELOR DE RULMENT DE DIMENSIUNI MICI

Tiberiu MĂNESCU jr.

ANALYSIS OF ENDURANCE LIFETIME FOR SMALL BEARING BALLS

In order to determine the lifetime of bearing balls we need to proceed to their fatigue test. The machine for fatigue testing has a special construction, with several spaces for simultaneous tests. The contact between the ball to test and the plate is plane. During the test, the machine's number of revolutions and the loading force are constant. An important parameter during testing is represented by the environment conditions (with or without lubrication).

Keywords: bearing ball, fatigue test, endurance, lifetime
Cuvinte cheie: bila rulment; încercare la oboseală; durata de viață

1. Aparatura utilizată

În figura1, a este prezentată maşina de încercat la oboseală a bilelor de rulment.

După cum se poate observa, maşina este formată din trei părţi diferite (camere de încercat), care lucrează independent una față de cealaltă. Se pot testa deci, concomitent, mai multe bile (câte 6 în cadrul fiecărei camere de încercat, 18 în total). Fiecare cameră de încercat are un display propriu (Yokogawa), pentru a putea monitoriza încercările în desfăşurare.

Figura 1, b prezintă conceptul de funcţionare a unei camere de încercat.

Motorul care angrenează bilele se afla în partea stânga, iar în partea dreaptă se află un agregat hidraulic care are rolul de a încărca bilele cu o forță axială.

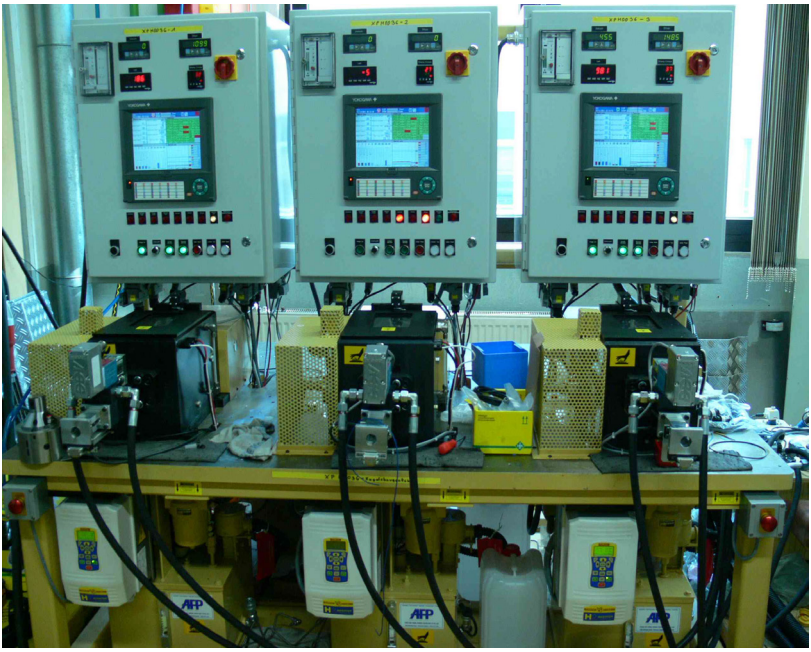

Fig. 1, a Maşină de încercat la oboseală cu trei camere

Carcasa este montată pe arborele motorului, iar în interior se află un receptor (conductor) care transmite mişcarea de la motor la restul pieselor din ansamblu. Această piesă are și rolul de a împărţi lagărul în două, simulându-se practic doi rulmenţi a câte trei bile pe fiecare parte. Pe receptor și în carcasă sunt montate patru şaibe, care sunt de fapt suprafeţele de rulare ale bilelor. Bilele sunt aşezate într-o colivie specială din bronz.

2. Durata de viață a rulmenților

Conform standardelor internaționale, durata de viață a rulmenților se calculează cu ajutorul formulelor specifice prezentate pe larg în DIN ISO 281. În această normă, la efectuarea calculului duratei de viață a unui rulment nu se ține cont de corpurile de rulare, ci doar de

restul pieselor din ansamblul unui rulment (inelul interior, inelul exterior, colivie).

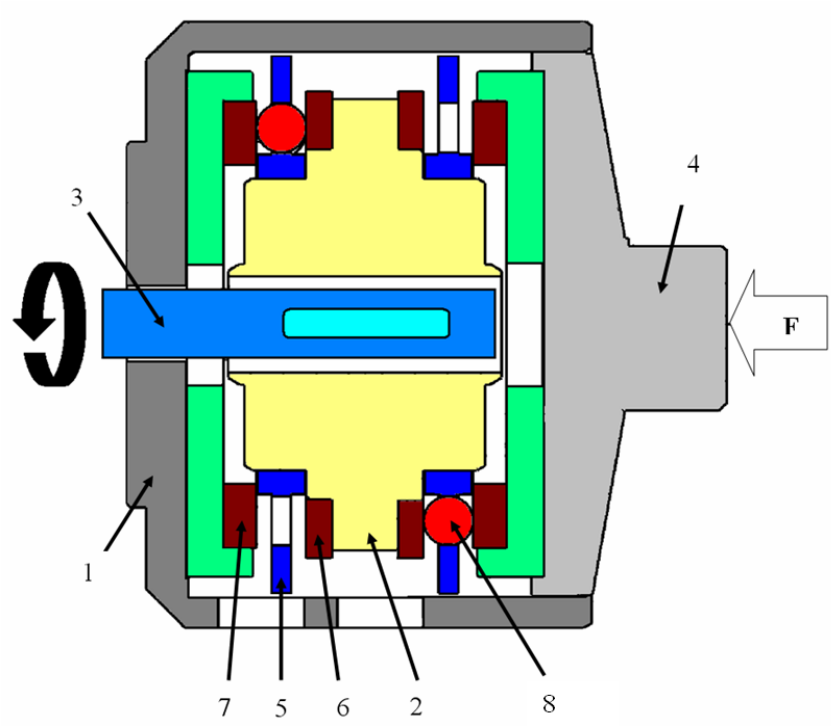

Fig. 1, b Camera de încercat
Legenda: *1-carcasa; 2-receptor (conductor); 3-arbore; 4-flansa; 5-colivie; 6-șaiba receptor; 7-șaiba carcasă ; 8-bila Ø12,7 mm*

Acest lucru se datorează faptului ca într-un rulment, corpurile de rulare rezistă cel mai mult la oboseală, uzura remarcându-se de cele mai multe ori la restul pieselor din ansamblu (ex. fisuri ale inelului interior). Scopul prezentei lucrări este de a analiza efectul corpurilor de rulare asupra duratei de viață a unui rulment, în cazul în care acestea au diferite greșeli de fabricație. Aceste greșeli sunt de multe ori foarte greu de găsit și există riscul asamblării acestor corpuri de rulare în rulmenți care vor fi mai apoi utilizați în diverse aplicații. Se va prezenta calculul duratei de viață a unui rulment cu 3 bile. Este de menționat faptul că în practică rulmenții au de regulă mai multe bile (exemplu, 8), acest calcul fiind util doar pentru a stabili durata de viață teoretică ale

unor corpuri din ansamblul mașinii cu care se efectuează simulările (exemplu, durata de viață teoretică a șaibelor). De asemenea, în practică, rulmentul are o altă construcție, în mașină încercându-se simularea unui lagăr axial, dar dorindu-se a analiza la final doar corpurile de rulare.

3. Exemplu de calcul

Parametri pentru efectuarea calculului**,** cât și pentru conceptul de funcționare a mașinii sunt:

Forța F: **3740** N
Turație: **4000** rot/min
Număr bile: **3** (6/camera de încercat, 3 bile pentru lagărul A și 3 bile pentru lagărul B)
Presiunea hertziana: **4200** MPa

Durata de viață nominală se notează cu L_{10}, fiind dată de relația (1)

$$L_{10}=(C_a/P_a)^3 \qquad (1)$$

unde:C_a este încărcarea axială dinamică admisibilă (relatia 2) și P_a este încărcarea axială dinamica echivalentă (relatia 3), măsurate în [N].

$$C_a=b_m \times f_c \times Z^{2/3} \times D_w^{1,8} \qquad (2)$$

formula valabila pentru D_w =<25,4 mm și α=90°, unde :

- b_m o valoare anexă pentru încărcare, corespunde cu diversele cerințe de execuție și material și este diferită la alte tipuri de rulmenți;
- f_c factor care depinde de geometria pieselor din ansamblul unui rulment, de precizia de execuție și de material;
- Z este numărul de corpuri de rulare aflate pe un rând în ansamblul unui rulment;
- D_w este diametrul unei bile, în [mm].

Cu valorile de mai sus extrase din tabelele de specialitate, relația (2), devine :

$$C_a=1,3 \times 77,4 \times 3^{2/3} \times 12,7^{1,8} =20148 \text{ N}$$

$$P_a = F_a \qquad (3)$$

unde F_a este sarcina axială, deci P_a= 3740 N.

Cu valorile calculate din relațiile (2) și (3) durata de viață L10 din relația (1),pentru exemplul dat devine:

$$L_{10}= (20148/3740)^3 = 156 \cdot 10^6 \text{ rotații} = 650 \text{ h}$$

Observație: transformarea valorii L_{10} în ore se face împărțind la turația mașinii n = 4000 rot/min și la t = 60 min.

4. Încercările unui lot de bile cu diametru 12,7 mm

Au fost analizate mai multe grupuri de bile de diametru 12,7 mm. Pentru a stabili punctul de plecare a unei cercetări, bilele alese nu prezintă defecte de fabricație. Fisa de observație prezintă structura încercărilor preliminare, din care rezultă durata de viață a bilelor. Se poate constata faptul că problemele principale apărute se datorează deteriorării șaibelor pe care aceste bile rulează. Așa cum era de așteptat, bilele, prin geometria lor și prin contactul punctiform cu căile de rulare nu prezintă urme de oboseală semnificative, nici după depășirea a 650 de ore de funcționare (timp calculat analitic).

Fișa de observație

Sunt prezentate rezultatele testelor pentru 18 bile. Mașina este programată să se oprească după 720 de ore de funcționare.

Camera 1

22.02.2012 – **START**
21.03.2012 – **STOP** (720 h, 172.640.000 rotații)
– **START** (resetarea timpului)
26.03.2012 – **Alarma vibrații** (815 h, 195.531.000 rotații)
– Defect șaibă, înlocuire piesa defectă, START
23.04.2012 – **Alarma vibrații** - bile: 1260 h, 302.030.000 rotații
- șaibe: 445,87 h, 106.499.000 rotații
– defect șaibă
23.04.2012 – **STOP (‚Suspension‘)**

Camera 2

17.02.2012 - **START**
19.03.2012 – **STOP** (720 h, 172.493.000 rotații)
– **START** (resetarea timpului)
26.03.2012 – **Alarma vibrații** (785 h, 188.041.000 rotații)
– Defect șaibă, defect bilă
28.03.2012 – STOP **(‚Failure‘)**

Camera 3

17.02.2012 – **START**
07.03.2012 – **Alarma vibrații** (449 h, 108.372.000 rotații)
– Defect șaibă, înlocuire piesă defectă, START

26.03.2012 – **STOP** – bile: 720 h, 173.730.000 rotații
– șaibe : 271 h, 65.358.000 rotații
– **START** (resetarea timpului)
27.03.2012 – **Alarma vibrații** – bile: 733 ore., 176.822.000 rotații
– șaibe: 284 h, 68.450.000 rotații
– defect șaibă, înlocuire piesă defectă, START
02.04.2012 – **Alarma vibrații** – bile 812 h, 198.750.000 rotații
– șaibe: 79 h, 18.836.000 rotații
– defect șaibă
24.04.2012 – **STOP (‚Suspension‘)**

5. Concluzii

Datele obținute în ”Fișa de observație” ne arata că bilele au rulat mai mult de 650 de ore fără să fie vorba de oboseala materialului, respectiv de desprinderi de material în timpul testelor. În schimb, șaibele au fost de mai multe ori schimbate, acestea prezentând defecte în locul în care se află căile de rulare ale bilelor. Acest lucru confirmă calculul analitic al duratei de viață al rulmenților, anume că bilele de o calitate normală care nu au defecte de fabricație, nu influențează durata de viață a unui rulment.

Un element important care influențează durata de viață a ansamblului unui rulment este ungerea. Testele au fost efectuate în condiții de salubritate maxime, piesele fiind spălate înainte de montaj, iar camerele de încercări fiind închise etanș cu ajutorul unui capac. La testele prezentate s-a folosit ulei vâscos, care creează un film între bile și șaibe, acest lucru diminuând contactul metal pe metal. Se poate analiza și posibilitatea utilizării unui alt ulei, mult mai fluid, care ar scurta durata de viață în ansamblu, dar utilizat în practică în proporție de 90 %, fiind mai ieftin.

BIBLIOGRAFIE

[1] Babeu, D.T., Dumitru, I., Marşavina, L., Babeu, S., Olaru, M., *Analize şi încercări pentru evaluarea duratei de viaţă a utilajelor*, Editura Mirton, Timişoara, 1999.
[2] Mănescu, T. jr**,** *Consideration on the contact pressure that develops between a ball of a bearing, made of 100Cr06, and a flat surfacen*, Revista Metalurgia Internaţional, Nr. 1, 2013, pag. 74-76, ISSN 1582-2214

Drd.Ing. Tiberiu MĂNESCU
Universitatea”Eftimie Murgu” Reșița
e-mail: tibijunior@yahoo.com