ROMÂNIA

(19) OFICIUL DE STAT
PENTRU INVENȚII ŞI MĂRCI
Bucureşti

(11) RO 127562 A2

(51) Int.Cl.
G01N 19/02 (2006.01);
G01N 3/56 (2006.01)

(12) # CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 01229**

(22) Data de depozit: **29.11.2010**

(41) Data publicării cererii:
29.06.2012 BOPI nr. **6/2012**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAŞI**,
BD. PROF. D. MANGERON NR. 67, IAŞI, IS, RO

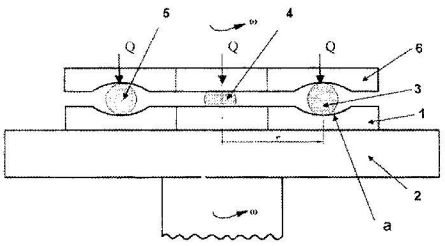
(72) Inventatori:
• **OLARU DUMITRU**, *STR. SFÂNTUL LAZĂR NR. 51, BL. A2, SC. A2, ET. 5, AP. 19, IAŞI, IS, RO;*
• **STAMATE VASILE CIPRIAN**, *BD. ŞTEFAN CEL MARE, BL. M4, SC. E, ET.1 A, AP. 41, TĂRGU NEAMȚ, NT, RO;*
• **PRISĂCARU GHEORGHE**, *STR. MAIOR POPESCU NR.17, BL. 329, SC. B, ET. 4, AP. 17, IAŞI, IS, RO;*
• **IANUŞ GELU**, *STR. VOVIDENIEI NR. 23, SC. B, ET. 2, AP. 6, IAŞI, IS, RO*

(54) # PROCEDEU ŞI MICROTRIBOMETRU INERȚIAL PENTRU STUDIUL FENOMENULUI DE FRECARE DE ROSTOGOLIRE

(57) **Rezumat:**

Invenția se referă la un procedeu şi la un microtribometru inerțial cu 3 microbile, care permite studierea fenomenului de frecare prin determinarea mărimii coeficientului de frecare la nivelul unui singur microcontact de rostogolire, prin folosirea efectului de inerție a unui disc antrenat în mişcarea de rotație. Procedeul conform invenției constă în determinarea duratei de oprire a unui disc (**6**) superior, amplasat pe trei microbile (**3**, **4** şi **5**) care rulează în nişte căi de rulare practicate atât în discul (**6**) superior, cât şi în discul (**1**) inferior, după ce în prealabil cele două discuri au fost aduse la aproximativ aceeaşi turație, prin antrenarea discului inferior într-o mişcare de rotație în plan orizontal, folosind o masă (**2**) rotitoare prin exploatarea efectului de inerție la rotirea discului (**6**) superior. Microtribometrul conform invenției este alcătuit dintr-o masă (**2**) rotativă pe care este aşezat un disc (**1**) prevăzut cu o cale de rulare, în care sunt aşezate, echidistant, nişte microbile (**3**, **4** şi **5**) peste care este aşezat un alt disc (**6**) având o cale de rulare similară cu cea a discului (**1**).

Revendicări: 5
Figuri: 1



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).

RO 127562 A2

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2010 01229
Data depozit 29.11.2010

PROCEDEU ŞI MICROTRIBOMETRU INERȚIAL PENTRU STUDIUL FENOMENULUI DE FRECARE DE ROSTOGOLIRE

Prezenta invenție se referă la un procedeu şi la un microtribometru inerțial utilizabile pentru determinarea mărimii coeficientului de frecare şi a momentului de frecare de rostogolire la nivelul unui singur contact din sisteme cu microbile ce functioneaza la incărcări mici.

Sunt cunoscute procedee de determinare a coeficientului de frecare la rostogolire care implică determinarea timpilor în care elemente aflate în rostogolire parcurg distanțe ce se determină pe cale experimentală. Aceste procedee sunt aplicate pentru determinarea mărimii coeficientului de frecare global, la nivelul ansamblului de contacte din cazul unor sisteme cu microbile ce funcționează la încărcări de valori mici.

Sunt, totodată, cunoscute tribometre care utilizeaza 3 bile inferioare, apăsate cu o bilă superioara, în cazul aşa-numitelor maşini cu 4 bile, tribometre care se folosesc pentru studiul proceselor de uzare şi, in mod special, pentru studiul comportării la presiuni ridicate a lubrifianților. In cazul acestor tribometre, cele 3 bile inferioare sunt fixe. Se cunosc încă tribometre cu 3 bile inferioare rotitoare, dar apăsate de o bilă superioară; dezavantajul acestor tribometre este legat de faptul că ele pot fi utilizate doar pentru studiul rezistenței la uzare de oboseală de contact a căii de rulare pe care se rostogolesc cele 3 bile.

Sunt cunoscute, de asemenea tribometre, pentru determinarea frecării din rulmenti, dar ele prezintă dezavantajul de a permite studiul frecarii globale din rulment, fara a se putea stabili doar frecarea la nivelul unui singur contact dintre o bila si calea sa de rulare.

Problema pe care o rezolvă invenția este stabilirea unui procedeu şi a unui microtribometru care să ofere posibilitatea studierii fenomenului de frecare la nivelul

unui singur contact cu rostogolire specific microsistemelor, prin încărcărea uniformă a microcontactelor de rostogolire dintre elementele microtribometrului.

Procedeul pentru determinarea coeficientului de frecare şi a momentului de rostogolire conform invenţiei înlătură dezavantajele menţionate mai sus prin aceea că ia în considerare durata de oprire a unui disc superior amplasat pe trei bile ce rulează în căi de rulare practicate atât în discul superior, cât şi în discul inferior, după ce în prealabil cele două discuri au fost aduse aproximativ la aceeaşi turaţie, prin antrenarea discului inferior într-o mişcare de rotaţie în plan orizontal, folosind o masă rotitoare, prin exploatarea efectului de inerţie la rotirea discului superior.

Microtribometrul conform invenţiei înlătură dezavantajele menţionate anterior, prin aceea că foloseşte un disc inferior, antrenat în mişcare de rotaţie de către o masă rotitoare orizontală, în calea de rulare de formă parţial toroidală, existentă pe suprafaţa superioară a discului inferior având posibilitatea să ruleze trei microbile, amplasate la 120 ° una faţă de cealaltă, microbile pe care se sprijină un disc superior, de asemenea prin intermediul unei căi de rulare de formă asemănătoare celei existente în discul inferior, discul superior creând o forţă de apăsare gravitaţională, contactele dintre microbile şi discuri fiind situate aproximativ în acelaşi plan orizontal, în timp ce prin amplasarea unor greutăţi suplimentare pe discul superior poate fi modificată, în condiţii simple, sarcina de încărcare a contactelor cu rostogolire, iar în cazul înlocuirii discului superior metalic cu un disc din material transparent, cum ar fi, de exemplu, sticla devine posibilă observarea şi înregistrarea mişcării microbilelor, pentru verificarea cinematicii în funcţionarea microtribometrului, iar dacă se menţine discul inferior si se schimbă geometria sau materialul de la discul superior, păstrând constante sarcina normală, momentul de inerţie la discul superior si turaţia discului superior, se poate studia separat momentul de frecare dintre cele 3 microbile si discul superior, momentul de frecare dintre microbile si discul inferior fiind considerat constant, intrucât contactul dintre cele 3 microbile si discul inferior nu se schimbă.

Microtribometrul inerţial cu 3 bile prezintă următoarele avantaje:

- simplitate constructivă;
- construcţia cu 3 puncte de sprijin, de natură să materializeze un plan şi care face ca cele 3 microcontacte de rostogolire să fie supuse unor condiţii identice de încărcare si de viteze, care permit reducerea studiului fenomenelor de frecare la nivelul unui singur contact de rostogolire;

- aplicabilitatea rezultatelor obținute la microrulmenți cu bile, microşuruburi cu bile şi microghidaje cu bile.

Se dă în continuare un exemplu de aplicare a invenției, în legătură cu figura 1, care reprezintă o secțiune axială prin microtribometru.

Procedeul conform invenției constă în determinarea duratei de oprire a unui disc superior, amplasat pe trei bile ce rulează în căi de rulare practicate atât în discul superior, cât şi în discul inferior, după ce în prealabil cele două discuri au fost aduse aproximativ la aceeaşi turație, prin antrenarea discului inferior într-o mişcare de rotație, folosind o masă rotitoare, prin luarea în considerare a efectului de inerție la rotirea discului superior.

Microtribometrul inerțial conform invenției are în componență un disc inferior 1, aşezat pe o masa rotitoare 2 a unui stand de încercări (nefigurat) şi de la care discul 1 primeşte o mişcare de rotație cu o turație prestabilită si constantă.

În discul **1** este prevăzută o cale de rulare **a** în care sunt poziționate trei microbile **3**, **4** şi **5**, amplasate la 120° una față de cealaltă, în raport cu axa discului 1. Pe cele trei microbile **3, 4** şi **5** se aşează un disc **6**, de greutate cunoscută şi care are o cale de rulare similară celei din discul **1**. In calitate de asemenea discuri **1** şi **6** pot fi utilizate, de exemplu, cele două inele de la un microrulment axial cu bile. Fiecare microbilă este încărcată cu o sarcină normală de contact egală cu o treime din valoarea greutății discului **6**. Cele trei microbile sunt dispuse la o rază de valoare cunoscută față de axa de rotație a discului **1**. Pentru modificarea sarcinii normale de contact se pot ataşa discuri suplimentare pe discul **6,** având dimensiunile astfel determinate încât să se poată determina momentul de inerție în mişcare de rotație pentru intreg pachetul de discuri, iar pentru observarea directă şi înregistrarea mişcărilor microbilelor **3, 4** şi **5**, discul metalic **6** poate fi înlocuit cu un disc (nefigurat), din material transparent, de exemplu din sticlă.

Inițial, discul **1** este antrenat într-o mişcare de rotație cu o viteza unghiulară constantă, de către masa rotitoare **2**. La pornirea discului **1**, discul **6** este inițial staționar, dar, de îndată ce microbilele **3, 4** si **5** încep să aibă o mişcare de rostogolire pe calea de rulare de la discul rotitor 1, ca urmare a forțelor de frecare dintre cele trei microbile si discul superior **6**, acesta incepe treptat sa se rotească cu o turație care ajunge la un moment dat egala cu turația discului **1**. Cu ajutorul unei camere video (nefigurate), se monitorizeaza miscările de rotație ale discului inferior **1** si ale discului superior **6**. In momentul in care miscarea discului **6** devine o mişcare

cu turație constantă, ajungându-se la un sincronism al mişcărilor de rotație corespunzătoare discurilor **1** şi **6,** se opreşte brusc masa rotitoare **2**, pe care se afla discul **1** si se monitorizează mişcarea de rotație numai a discului **6**, mişcare afectată de un proces de decelerare, ca urmare a pierderii de energie in contactele dintre cele trei microbile si cele două discuri, neglijând frecarea cu aerul. Monitorizarea are loc pana la oprirea completă a discului **6**.

Cele trei forțe tangențiale care se dezvoltă la contactul celor trei microbile cu discul **6** trebuie să creeze un moment față de axa de rotație a discului **6** capabil să echilibreze momentul de inerție la rotire a discului **6** (în ipoteza că se neglijează frecarea discului **6** cu aerul) şi, prin urmare, se poate scrie relația (1):

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = 3 \cdot Ft \cdot r \,, \qquad (1)$$

în care J este momentul de inerție al discului **6**, ω – viteza unghiulară a discului 6, t – timpul, Ft - forța tangențială, r – raza la care sunt amplasate microbilele.

Forta tangentiala Ft poate fi exprimata astfel:

$$Ft = \mu_r \cdot Q \,, \qquad (2)$$

în care μ_r este coeficientul de frecare în mişcarea de rostogolire a bilelor peste calea de rulare din discul **6**, iar Q este forța normală aplicată ce;or trei microbile prin intermediul discului **6**.

Din relațiile (1) şi (2) rezultă expresia coeficientului de frecare la rostogolirea microbilelor pe discul **6** , relația (3):

$$\mu_r = \frac{3 \cdot r \cdot Q}{J} \cdot \frac{d\omega}{dt} \qquad (3)$$

Pentru determinarea accelerației unghiulare a discului **6,** se foloseşte înregistrarea video a mişcării de rotație a discului **6**. Prin prelucrarea inregistrarii video cadru cu cadru, se determina variația în timp a unghiului de rotire φ a discului **6**, de la momentul în care s-a oprit discul antrenor **1** si până la oprirea discului **6**. Rezultatele experimentale sunt ulterior prelucrate matematic.

Dacă se scriu ecuațiile de echilibru ale forțelor şi ale momentelor ce acționează asupra unei microbile in procesul de decelerare a discului 6 şi se neglijează efectul de inerție al microbilelor **3**, **4** şi **5**, ca urmare a dimensiunilor mici ale lor in comparație cu dimensiunile discurilor **1** si **6**, se poate obtine expresia forței

tangenţiale Ft care include momentele de frecare de rostogolire din contactele unei microbile cu cele doua discuri:

$$Ft = \frac{(M1 + M6)}{d}, \qquad (4)$$

în care d este diametrul microbilei, iar M1 si M6 sunt momentele de frecare la rostogolirea microbilelor **3, 4** şi **5** pe căile de rulare de la discul **1** şi, respectiv, de la discul **6**.

Din relatiile (1) si (4) rezultă expresia sumei momentelor de frecare de rostogolire pe cele doua contacte:

$$M1 + M6 = \frac{J \cdot d}{3 \cdot r} \cdot \frac{d\omega}{dt} \qquad (5)$$

Dacă discurile **1** si **6** au căi de rulare identice, iar greutatea unei microbile este neglijabilă în raport cu sarcina normală aplicată de către discul **6**, atunci se poate considera că cele două momente de frecare de rostogolire sunt identice, adică M1 = M6 = Mr şi din relatia (5) rezultă expresia analitică a momentului de frecare de rostogolire Mr:

$$Mr = \frac{J \cdot d}{6 \cdot r} \cdot \frac{d\omega}{dt} \qquad (6)$$

Revendicări

1. Procedeu pentru determinarea mărimii coeficientului de frecare şi a momentului de rostogolire din cazul unui sistem cu microbile ce functioneaza la incărcări mici, **caracterizat prin aceea că** ia în considerare durata de oprire a unui disc superior amplasat pe trei microbile ce rulează în căi de rulare practicate atât în discul superior, cât şi în discul inferior, după ce în prealabil cele două discuri au fost aduse aproximativ la aceeaşi turaţie, prin antrenarea discului inferior într-o mişcare de rotaţie în plan orizonatal, folosind o masă rotitoare, prin exploatarea efectului de inerţie la rotirea discului superior.

2. Microtribometru inerţial utilizabil pentru determinarea mărimii coeficientului de frecare şi a momentului de frecare de rostogolire din cazul unor microsisteme cu bile ce functioneaza la incărcări mici, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** foloseşte un disc inferior (1), antrenat în mişcare de rotaţie de către o masă rotitoare orizontală (2), în calea de rulare *a* de formă parţial toroidală, existentă pe suprafaţa superioară a discului inferior (1), având posibilitatea să ruleze trei microbile (3), (4) şi (5), amplasate la 120° una faţă de cealaltă, microbile pe care se sprijină un disc superior (6), de asemenea prin intermediul unei căi de rulare de formă asemănătoare celei existente în discul inferior (1), discul superior (6) creând o forţă de apăsare gravitaţională, contactele dintre microbile şi discuri fiind situate aproximativ în acelaşi plan orizontal.

3. Microtribometru inerţial conform revendicărilor 1 şi 2, **caracterizat prin aceea că** prin amplasarea unor greutăţi suplimentare pe discul superior (6) poate fi modificată în condiţii simple sarcina de încărcare a contactelor cu microbile.

4. Microtribometru inerţial conform revendicărilor 1, 2 şi 3, **caracterizat prin aceea că** în cazul înlocuirii discului metalic superior (6) cu un disc din material transparent, cum ar fi, de exemplu, sticla, devine posibilă observarea şi înregistrarea mişcării microbilelor, pentru verificarea cinematicii în funcţionarea microtribometrului.

5. Microtribometru inerţial conform revendicărilor 1, 2 , 3 şi 4, **caracterizat prin aceea că** daca se mentine discul inferior (1) si se schimba geometria sau materialul de la discul superior (6), păstrând constante sarcina normală, momentul de inertie la discul (6) si turatia discului (1), se poate studia separat momentul de frecare dintre microbilele (3), (4) şi (5) si discul superior (6), momentul de frecare

dintre microbile si discul inferior (1) fiind considerat constant, intrucat contactul dintre microbilele (3), (4) şi (5) si discul (1) nu se schimbă.

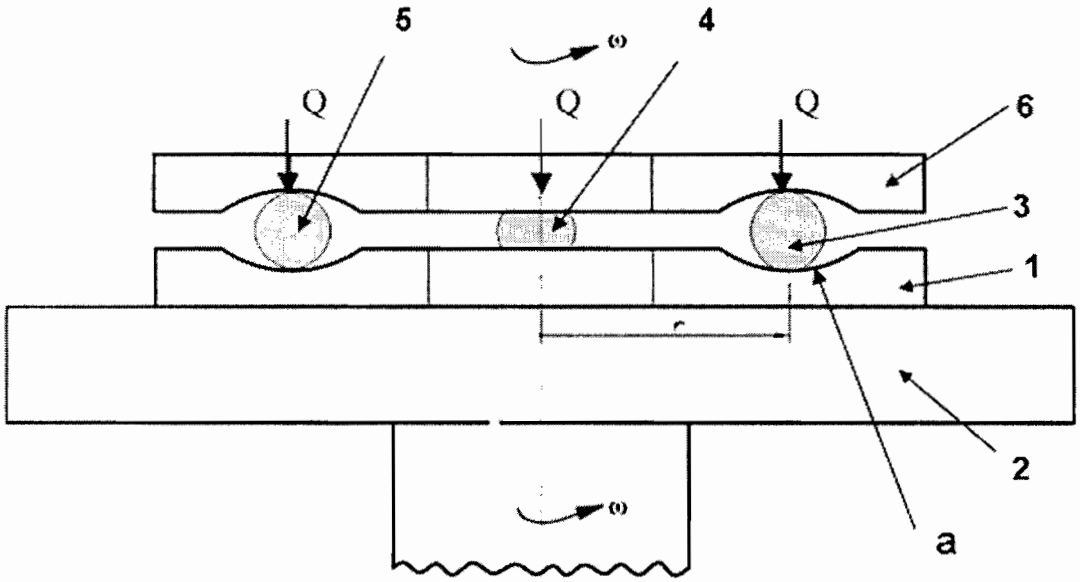


Figura 1