



(12)

BREVET DE INVENȚIE

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

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29.11.2013** BOPI nr. **11/2013**

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

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI,**
*BD.PROF.D.MANGERON NR.67, IAȘI, IS,
RO*

(72) Inventatori:
• **OLARU DUMITRU, STR.SFÂNTUL LAZĂR
NR.51, BL.A 2, SC.A 2, ET.5, AP.19, IAȘI,
IS, RO;**

• **STAMATE VASILE- CIPRIAN,**
*BD.ȘTEFAN CEL MARE, BL.M 4, SC.E,
ET.1, AP.41, TÂRGU NEAMȚ, NT, RO;*
• **PRISĂCARU GHEORGHE,**
*STR.MAIOR EREMIJA POPESCU NR.17,
BL.329, SC.B, ET.4, AP.17, IAȘI, IS, RO;*
• **IANUȘ GELU, STR.VOVIDENIEI NR.23,**
SC.B, ET.2, AP.6, IAȘI, IS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
WO 2006/063597 A1; JP 59013944 (A)

(54) **PROCEDEU ȘI MICROTRIBOMETRU INERȚIAL PENTRU
STUDIUL FENOMENULUI DE FRECARÉ DE ROSTOGOLIRE**



RO 127562 B1

1 Invenția se referă la un procedeu și la un microtribometru inerțial pentru determinarea
mărimii coeficientului de frecare și a momentului de frecare de rostogolire la nivelul unui
3 singur contact din sisteme cu microbule ce funcționează la încărcări mici.

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

11 Sunt cunoscute totodată tribometre care utilizează 3 bile inferioare, apăsate cu o bilă
superioară, în cazul așa-numitelor mașini cu 4 bile, tribometre care se folosesc pentru studiul
13 proceselor de uzare și, în mod special, pentru studiul comportării la presiuni ridicate a
lubrifianților. În cazul acestor tribometre, cele 3 bile inferioare sunt fixe. Se cunosc de
15 asemenea tribometre cu 3 bile inferioare rotitoare, apăsate de o bilă superioară.

17 Dezavantajul acestor tribometre este legat de faptul că ele pot fi utilizate doar pentru
studiiul rezistenței la uzare de oboseală de contact a căii de rulare pe care se rostogolesc
19 cele 3 bile.

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

25 Documentul **WO 2006/063597 A1** prezintă de asemenea o metodă de determinare
a coeficientului de frecare al unui material cu un tribometru format din două discuri paralele
27 cu trei bile între ele, dispuse circular-simetric în niște căi de rulare circulare cu secțiuni în
V din discul inferior, discul superior care se sprijină pe acestea având suprafața de contact
29 cu bilele realizată din materialul al cărui coeficient de frecare și moment de rostogolire
trebuie determinat, apăsarea produsă de discul superior cu epruveta de studiu asupra bilelor
31 fiind reglată cu un sistem cu pârghie, rulment și greutate adițională de apăsare pe direcție
axială asupra discului superior, care îi permite rotire liberă, discul inferior fiind rotit cu viteză
33 prestabilită de un motor electric cu transmisie prin curea a mișcării de rotație.

35 Conform metodei de determinare a coeficientului de frecare, discul inferior este rotit
cu viteză de rotație determinată împreună cu discul superior după care este determinată
37 durata de rotație până la oprire a acestuia și coeficientul de frecare al materialului, rotația de
pivotare a bilelor fiind redusă sau anulată prin reglarea valorii unghiului secțiunii în V a căii
39 de rulare a bilelor.

41 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în stabilirea unui procedeu și a
unor particularități tehnice ale unui microtribometru cu bile și discuri, care să ofere
43 posibilitatea studierii fenomenului de frecare la nivelul unui singur contact cu rostogolire
specific microsistemelor, prin încărcarea uniformă a microcontactelor de rostogolire dintre
45 elementele microtribometrului.

47 Procedeu pentru determinarea coeficientului de frecare și a momentului de
rostogolire conform invenției înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că ia în
49 considerare durata de oprire a unui disc superior amplasat pe trei bile ce rulează în căi de
rulare practicate atât în discul superior, cât și în discul inferior, după ce în prealabil cele două
51 discuri au fost aduse aproximativ la aceeași rotație, prin antrenarea discului inferior într-o
mișcare de rotație în plan orizontal, folosind o masă rotitoare, prin exploatarea efectului de
53 inerție la rotirea discului superior.

55 Microtribometrul conform invenției rezolvă această problemă tehnică prin aceea că
folosește un disc inferior, antrenat în mișcare de rotație de către o masă rotitoare orizontală,
57 pe suprafața superioară a discului inferior existând o cale de rulare de formă parțial toroidală,

RO 127562 B1

pentru rularea a trei microbile amplasate la 120° una față de cealaltă, microbile pe care se	1
sprijină un disc superior având de asemenea o cale de rulare identică cu cea de la discul	
inferior, discul superior creând o forță de apăsare gravitațională, contactele dintre microbile	3
și discuri fiind situate aproximativ în același plan orizontal. Prin amplasarea unor greutateți	
suplimentare pe discul superior, poate fi modificată, în condiții simple, sarcina de încărcare	5
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 și înregistrarea	7
mișcării microbilor, pentru verificarea cinematicii în funcționarea microtribometrului. De	
asemenea, dacă se menține discul inferior și se schimbă geometria sau materialul de la	9
discul superior, păstrând constante sarcina normală, momentul de inerție la discul superior	
și turația discului superior, se poate studia separat momentul de frecare dintre cele 3	11
microbile și discul superior, momentul de frecare dintre microbile și discul inferior fiind	
considerat constant, întrucât contactul dintre cele 3 microbile și discul inferior nu se schimbă.	13
Microtribometrul inerțial cu 3 bile prezintă următoarele avantaje:	
- simplitate constructivă;	15
- construcția cu 3 puncte de sprijin, de natură să materializeze un plan și care face	
ca cele 3 microcontacte de rostogolire să fie supuse unor condiții identice de încărcare și de	17
viteze, care permit reducerea studiului fenomenelor de frecare la nivelul unui singur contact	
de rostogolire;	19
- aplicabilitatea rezultatelor obținute la microrulmenți cu bile, microșuruburi cu bile și	
microghidaje cu bile.	21
Invenția este prezentată pe larg în continuare printr-un exemplu de aplicare a	
invenției în legătură și cu figura care reprezintă o secțiune axială prin microtribometru.	23
Procedeele conform invenției constă în determinarea duratei de oprire a unui disc	
superior, realizat din materialul de studiat, amplasat pe trei bile ce rulează în căi de rulare	25
practicate atât în discul superior, cât și pe suprafața superioară a unui disc inferior, după ce	
în prealabil cele două discuri au fost aduse aproximativ la aceeași turație, prin antrenarea	27
discului inferior într-o mișcare de rotație folosind o masă rotitoare, prin luarea în considerare	
a efectului de inerție la rotirea discului superior.	29
Fiecare bilă a sistemului tribometric are un singur punct de contact cu suprafața căii	
de rulare, sarcina de încărcare a punctelor de contact menționate fiind modificată prin	31
amplasarea unor greutateți suplimentare pe discul superior.	
Microtribometrul inerțial conform invenției are în componență un disc inferior 1 , așezat	33
pe o masă rotitoare 2 a unui stand de încercări (nefigurat) și de la care discul 1 primește o	
mișcare de rotație cu o turație prestabilită și constantă.	35
În discul 1 este prevăzută o cale de rulare a în care sunt poziționate trei microbile 3 ,	
4 și 5 , amplasate la 120° una față de cealaltă, în raport cu axa discului 1 . Pe cele trei	37
microbile 3 , 4 și 5 , se așează un disc 6 , de greutate cunoscută și care are o cale de rulare	
similară celei din discul 1 . În loc de asemenea discuri 1 și 6 pot fi utilizate, de exemplu, cele	39
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	41
dispuse la o rază de valoare cunoscută față de axa de rotație a discului 1 . Pentru modificarea	
sarcinii normale de contact, se pot atașa discuri suplimentare pe discul 6 , având dimensiunile	43
astfel determinate încât să se poată determina momentul de inerție în mișcare de rotație	
pentru întreg pachetul de discuri, iar pentru observarea directă și înregistrarea mișcărilor	45
microbilor 3 , 4 și 5 , discul metalic 6 poate fi înlocuit cu un disc (nefigurat) din material	
transparent, de exemplu din sticlă.	47

RO 127562 B1

1 Inițial, discul 1 este antrenat într-o mișcare de rotație cu o viteză unghiulară
constantă, de către masa rotitoare 2. La pornirea discului 1, discul 6 este inițial staționar, dar,
3 de îndată ce microbilele 3, 4 și 5 încep să aibă o mișcare de rostogolire pe calea de rulare
de la discul rotitor 1, ca urmare a forțelor de frecare dintre cele trei microbile și discul
5 superior 6, acesta începe treptat să se rotească cu o turație care ajunge la un moment dat
egala cu turația discului 1. Cu ajutorul unei camere video (nefigurată), se monitorizează
7 mișcările de rotație ale discului inferior 1 și ale discului superior 6. În momentul în care
mișcarea discului 6 devine o mișcare cu turație constantă, ajungându-se la un sincronism
9 al mișcărilor de rotație corespunzătoare discurilor 1 și 6, se oprește brusc masa rotitoare 2,
pe care se află discul 1 și se monitorizează mișcarea de rotație numai a discului 6, mișcare
11 afectată de un proces de decelerare, ca urmare a pierderii de energie în contactele dintre
cele trei microbile și cele două discuri, neglijând frecarea cu aerul. Monitorizarea are loc
13 până la oprirea completă a discului 6.

Cele trei forțe tangențiale care se dezvoltă la contactul celor trei microbile cu discul
15 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
17 aerul) și, prin urmare, se poate scrie relația (1):

$$19 \quad J \cdot \frac{d\omega}{dt} = 3 \cdot F_t \cdot r, \quad (1)$$

21 în care J este momentul de inerție al discului 6; ω - viteza unghiulară a discului 6;
t - timpul; F_t - forța tangențială; r - raza la care sunt amplasate microbilele.
23 Forța tangențială F_t poate fi exprimată astfel:

$$25 \quad F_t = \mu_r \cdot Q, \quad (2)$$

27 în care μ_r este coeficientul de frecare în mișcarea de rostogolire a bilelor peste calea
de rulare din discul 6, iar Q este forța normală aplicată celor trei microbile prin intermediul
29 discului 6.

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

$$33 \quad \mu_r = \frac{3 \cdot r \cdot Q}{J} \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (3)$$

35 Pentru determinarea accelerației unghiulare a discului 6, se folosește înregistrarea
video a mișcării de rotație a discului 6. Prin prelucrarea înregistrării video cadru cu cadru, se
37 determină variația în timp a unghiului de rotire φ a discului 6, de la momentul în care s-a oprit
discul antrenor 1 și până la oprirea discului 6. Rezultatele experimentale sunt ulterior
39 prelucrate matematic.

Dacă se scriu ecuațiile de echilibru ale forțelor și ale momentelor ce acționează
41 asupra unei microbile în procesul de decelerare a discului 6 și se neglijează efectul de inerție
al microbilelor 3, 4 și 5, ca urmare a dimensiunilor mici ale lor în comparație cu dimensiunile
43 discurilor 1 și 6, se poate obține expresia forței tangențiale F_t care include momentele de
frecare de rostogolire din contactele unei microbile cu cele două discuri:

$$45 \quad F_t = \frac{(M_1 + M_6)}{d} \quad (4)$$

RO 127562 B1

În care d este diametrul microbii, iar M_1 și M_6 sunt momentele de frecare la rostogolirea microbii 3, 4 și 5 pe căile de rulare de la discul 1 și, respectiv, de la discul 6. 1

Din relațiile (1) și (4) rezultă expresia sumei momentelor de frecare de rostogolire pe cele două contacte: 3

$$M_1 + M_6 = \frac{J \cdot d}{3 \cdot r} \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (5) \quad 5$$

Dacă discurile 1 și 6 au căi de rulare identice, iar greutatea unei microbii 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 $M_1 = M_6 = M_r$ și din relația (5) rezultă expresia analitică a momentului de frecare de rostogolire M_r : 7 9 11

$$M_r = \frac{J \cdot d}{6 \cdot r} \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (6) \quad 13$$

RO 127562 B1

Revendicări

1

3

1. Procedeu pentru studiul fenomenului de frecare de rostogolire, prin utilizarea unui sistem cu microbule ce funcționează la încărcări mici, format din un disc superior amplasat pe trei microbule ce rulează în căi de rulare practicate atât în discul superior, cât și într-un disc inferior pe care sunt amplasate, prin antrenarea discului inferior într-o mișcare de rotație în plan orizontal, prin exploatarea efectului de inerție de rotație, **caracterizat prin aceea că** fiecare bilă a sistemului tribometric are un singur punct de contact cu suprafața căii de rulare, sarcina de încărcare a punctelor de contact menționate este modificată prin amplasarea unor greutate suplimentare pe discul superior, iar determinarea mărimii coeficientului de frecare și a momentului de rostogolire a microbulei este realizată prin determinarea duratei de rotație până la oprire a discului superior realizat din materialul de studiat, după ce în prealabil cele două discuri au fost aduse la aproximativ aceeași rotație.

13

15

17

19

21

23

25

2. Microtribometru inerțial pentru studiul fenomenului de frecare de rostogolire, care pentru determinarea coeficientului de frecare și a momentului de frecare de rostogolire din cazul unor microsisteme cu bile ce funcționează la încărcări mici, este alcătuit din un disc inferior (1) preferabil metalic, antrenat în mișcare de rotație de către o masă rotitoare orizontală (2), discul inferior (1) având o cale de rulare (a) pe suprafața superioară, în care sunt dispuse trei microbule (3, 4 și 5) amplasate la 120° una față de cealaltă, pe aceste microbule (3, 4, 5) sprijinindu-se un disc superior (6) având o cale de rulare similară discului inferior (1), discul superior (6) creând o forță de apăsare gravitațională, iar contactele dintre microbulele (3, 4, 5) și discurile (1 și 6) fiind situate aproximativ în același plan orizontal, **caracterizat prin aceea că** discul inferior (1) și discul superior (2) au căile de rulare (a) de formă parțial toroidală, iar discul superior (6) este realizat din materialul de studiat și are încărcarea masică în rotație liberă pe microbulele (3, 4 și 5).

27

29

3. Microtribometru inerțial, conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** discul superior (6) este un disc din material transparent precum sticla, pentru observarea și înregistrarea mișcării microbulelor (3, 4 și 5) și verificarea cinematicii în funcționarea microtribometrului.

