



(11) RO 132447 A2

(51) Int.Cl.

G01N 3/26 (2006.01).

G01M 13/00 (2006.01)

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENTIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00684**

(22) Data de depozit: **29/09/2016**

(41) Data publicării cererii:  
**30/03/2018** BOPI nr. **3/2018**

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

(72) Inventator:  
• GOANȚĂ VIOREL, STR.SUCIDAVA NR.5, BL.259A, SC. TR.1, ET.5, AP.18, IAŞI, IS, RO

### (54) DISPOZITIV PENTRU ÎNCERCAREA LA OBOSEALĂ PRIN RĂSUCIRE, ADAPTAT PENTRU MAŞINILE UNIVERSALE DE ÎNCERCAT-PULSATOARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv pentru determinarea limitei la oboseală prin răsucire, care se poate monta pe o mașină universală de încercat, de tip pulsator. Dispozitivul conform inventiei conține două mecanisme, având fiecare câte două brațe articulate, mecanismele fiind dispuse antisimetric în raport cu secțiunea transversală a unei probe de încercat, astfel încât se pot introduce la capetele probei două momente de răsucire egale în mărime, și de sensuri contrare.

Revendicări: 2

Figuri: 7

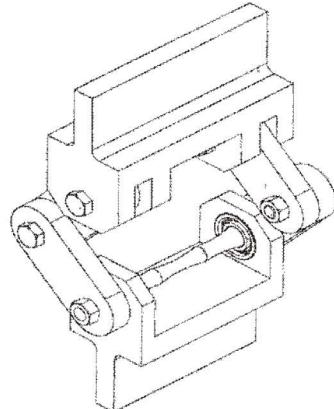
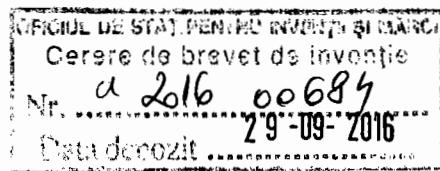


Fig. 1

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





## DISPOZITIV PENTRU ÎNCERCAREA LA OBOSEALĂ PRIN RĂSUCIRE ADAPTAT PENTRU MAȘINILE UNIVERSALE DE ÎNCERCAT - PULSATOARE

Dispozitivul descris prin prezenta invenție se utilizează pentru determinarea limitei la oboseală prin răsucire,  $\tau_R$ , prin trasarea diagramei Wöhler.

Sunt cunoscute metode experimentale, și ca urmare, mașini și dispozitive, pentru determinarea limitei la oboseală pentru solicitările de tracțiune (compresiune), de încovoiere și răsucire. Limita la oboseală este notată, în general, cu  $\sigma_R$ ,  $\sigma_{R1}$  sau  $\tau_R$ , în funcție de solicitare. Pentru încovoiere se utilizează  $\sigma_R$ , pentru tracțiune (compresiune) se utilizează  $\sigma_{R1}$  iar pentru răsucire se utilizează  $\tau_R$ . Indicele  $R$  reprezintă coeficientul de asimetrie al ciclului de solicitare și este definit de relația:  $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ .

Așadar, limita la oboseală se determină pentru fiecare solicitare în parte iar pentru o solicitare fixată se determină pentru un anumit coeficient de asimetrie al ciclului de solicitare. Este cunoscut faptul că, *pentru solicitarea de tracțiune-compresiune* se utilizează, în general, **mașini universale de încercat** numite și **pulsatoare**, care, din dotare, sunt prevăzute a putea face o mișcare alternantă în vederea introducerii sarcinilor ciclice de oboseală mecanică. Variindu-se, de exemplu, forța medie și amplitudinea solicitării, se vor obține diferite valori ale coeficientului de asimetrie. Se poate modifica, de asemenea și prin consecință, și forța maximă și, ca urmare, tensiunea maximă de solicitare, ce permite solicitarea diferitelor probe la valori diferite ale tensiunii maxime. Valoarea tensiunii maxime împreună cu numărul de cicluri de solicitare până la rupere pentru o probă, formează un punct de coordonate pe diagrama Wöhler. Pentru *solicitarea de încovoiere plană*, se utilizează, de asemenea, același tip de **pulsator**. Modificarea parametrilor de încercare, pe baza cărora să se obțină tensiuni maxime diferite de solicitare dar și coeficienți diferenți de asimetrie a ciclului de solicitare se face, în același mod descris mai sus pentru solicitarea de tracțiune-compresiune. Atât pentru solicitarea de tracțiune-compresiune cât și pentru solicitarea de încovoiere plană, se utilizează și **mașini special construite în acest scop**. Pentru *solicitarea de încovoiere rotativă* sunt cunoscute și se utilizează **mașini speciale de încercat**, cu acționare proprie, având unu, două sau chiar patru posturi de lucru. Modificarea tensiunii maxime se face prin modificarea greutăților adăugate pentru solicitare. În general, solicitarea de încovoiere rotativă prin oboseală se face după un ciclu alternant-simetric, respectiv coeficientul de asimetrie al ciclului este:  $R=-1$ . Modificarea

parametrului R pe aceste mașini este mai greu de făcut. Nu se cunosc **mașini universale** de încercat care să aibă și posibilitatea de efectuare a încercării de încovoiere rotativă.

Pentru solicitarea de **oboseală prin răsucire**, se cunosc atât **mașini speciale** dedicate acestui scop cât și **mașini de încercat universale** prevăzute și cu partea de răsucire. La ambele variante există posibilitatea modificării atât a valorilor tensiunii maxime cât și a coeficientului de asimetrie al ciclului de solicitare, R, pentru prima variantă modificarea R fiind mai greoie și făcându-se cu dispozitive speciale.

*Invenția rezolvă problema determinării limitei la oboseală prin răsucire,  $\tau_R$ , utilizând un dispozitiv simplu, special construit în acest scop și care poate fi atașat unei mașini universale de încercat de tip pulsator.*

Invenția de față se referă la un dispozitiv construit pentru a putea solicita la **oboseală prin răsucire** probe cilindrice, în aceste condiții putându-se determina limita la oboseală  $\tau_R$ . Noutatea acestei invenții o constituie modul de construcție al dispozitivului, conceput în aşa fel încât să poată fi atașat unei mașini universale de încercat de tip pulsator. Astfel, se combină simplitatea dispozitivului, nemaifiind necesare mașini de încercat speciale cu acționare proprie, cu facilitățile oferite de mașina universală de încercat (pulsator). În aceste condiții, toți parametrii privind încărcarea, deplasarea, frecvența și numărul de cicluri sunt stabiliți pe baza softului specializat în acest sens și care conduce mașina de încercat. Pe de altă parte, rezultatele sunt stocate în fișierele din cadrul calculatorului de proces.

Procedeul conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- Dispozitivul este simplu și adaptabil *mașinii universale de încercat* de tip pulsator, conținând două mecanisme, fiecare având câte două brațe articulate, cele două mecanisme fiind așezate **antisimetric** în raport cu secțiunea transversală a probei, în acest fel putându-se introduce la capetele probei două momente de răsucire egale în mărime și de sensuri contrare;
- Se elimină posibilitatea utilizării de *mașini special construite* în acest scop, acestea fiind scumpe și trebuind să fie prevăzute cu toate sistemele de preluare, achiziție și stocare a datelor privitoare la valoarea încărcării, a frecvenței și a numărului de cicluri de solicitare. Chiar și așa, respectivii parametri, atât cei de la intrare cât și cei preluati nu sunt întotdeauna foarte precisi.
- Se elimină posibilitatea utilizării **mașinilor universale** care sunt dotate și cu varianta pentru răsucire. Acestea au, în majoritatea cazurilor, și acționarea la tracțiune-compresiune, astfel că, adăugarea și a posibilității de rotire a axei pentru realizarea răsucirii prin oboseală conduce la costuri destul de mari pentru un astfel de utilaj;
- Dispozitivul descris prin această invenție combină avantajul utilizării unei mașini universale de încercat, la care parametrii introduși pentru solicitare și cei preluati pentru calculele ulterioare sunt precisi, cu avantajul unui dispozitiv simplu și nu foarte costisitor.

Dezavantajul metodelor prezentate în cadrul stadiului actual al tehnicii este acela că, pentru determinarea limitei la oboseală prin răsucire se utilizează fie mașini special construite în acest scop, care sunt scumpe iar parametrii introdusi și cei preluati nu sunt întotdeauna foarte exacti, fie se utilizează mașini universale care au, din dotare, și posibilitatea solicitării de răsucire prin oboseală, pe lângă cea de tracțiune-compresiune. În cel de-al doilea caz parametrii introdusi și cei preluati sunt precisi dar costul pentru o astfel de mașină este destul de mare.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției conform figurilor:

- În figura 1 se prezintă desenul de ansamblu al dispozitivului utilizat pentru încercarea la oboseală prin răsucire;
- Figura 2 prezintă o schemă a dispozitivului în care se pun în evidență forțele introduse în dispozitiv prin mașina universală de încercat și transformarea acestora în momente de răsucire precum și deplasările punctelor de articulație;
- În figura 3 sunt reprezentate reacțiunile din cuplurile cinematice și articulații pentru a ne ajuta la determinarea unei formule de calcul a momentului de răsucire în raport cu forța introdusă de mașina de încercat și deplasarea bacului mobil al acesteia;
- Figura 4 prezintă deplasarea pe verticală a bacului mașinii de încercat,  $dV$ , care este stocată în fișierul de date al mașinii și deplasarea pe orizontală,  $dH$ , a articulației centrale;
- În figura 5 sunt reprezentate curbele de deplasare pe verticală a bacului mașinii de încercat și pe orizontală a articulației centrale, ambele în raport cu timpul;
- În figura 6 se prezintă un exemplu de trasare a curbei Wöhler în vederea determinării limitei la oboseală;
- Figura 7 prezintă tipul de epruvetă posibilă a fi utilizată pentru acest dispozitiv;

In continuare se prezintă un exemplu de determinare a momentului de răsucire aplicat la fiecare din capetele epruvetei, în vederea determinării tensiunii tangențiale maxime introduse în aceasta.

In *figura 1* se poate constata faptul că brațele, aflate la cele două capete ale epruvetei sunt așezate antisimetric, cu articulațiile centrale de-o parte și de alta a axei geometrice a epruvetei. Distanța dintre cele două articulații, măsurată perpendicular pe axa epruvetei este de 87 mm. În aceste condiții, la mișcarea pulsatorie pe verticală a pistonului mașinii de încercat, *figura 2*, cele două perechi de brațe vor executa mișcări de rotație opuse, ce permit introducerea la capetele epruvetei de momente de răsucire, egale și de sens contrar. Astfel, este satisfăcută cerința unei încercări la răsucire pură.

Se are în vedere faptul că, de la mașina de încercat se pot achiziționa cu precizie, valori pentru **forță** introdusă de mașină și **deplasarea** pistonului acesteia, *figura 2*. În vederea determinării tensiunii din epruvetă, trebuie evaluat **momentul de răsucire** aplicat la capetele epruvetei în funcție de **forță și deplasarea** înregistrate pe mașina de încercat. Pentru determinarea unei formule de calcul în acest sens, am reprezentat forțele rezultante din cuplurile cinematice și din articulațiile dispozitivului. Astfel, în *figura 3* avem modul de proiectare și compunere a acestora. Se menționează faptul că poziția de echilibru inițial și montare a epruvetei (forță și momentul sunt zero), este cea prezentată cu linie întreruptă în *figura 3*, cu

unghiul de  $90^0$  între brațe în zona articulației centrale, și, ca urmare, cu unghiul de  $45^0$  între brațe și verticală (direcția de solicitare).

Atunci când, de la mașina de încercat se aplică forță dispozitivului, unghiul brațelor în raport cu verticala devine  $\alpha$ . Forța, ce se înregistrează în fișierul de date, se descompune în brațele dispozitivului în forțele axiale N ce se calculează cu relația:

$$N = \frac{F}{2} \cos \alpha \quad (1)$$

Intr-o singură pereche de brațe se induce forța  $F/2$ , vezi *figura 3*.

În articulația centrală are loc compunerea acestora rezultând forța R, conform relațiilor:

$$R^2 = N^2 + N^2 + 2NN\cos 2\beta; \quad (2)$$

Pe altă parte, unghiul  $\beta$  este:

$$\beta = \pi - \alpha \quad (3)$$

și va rezulta:

$$\cos 2\beta = \cos 2(\pi - \alpha) = \cos 2\alpha \quad (4)$$

Astfel, forța rezultantă R din articulația centrală va fi:

$$R^2 = 2N^2(1+\cos 2\beta) = 2N^2(1+\cos 2\alpha) \quad (5)$$

Având în vedere relațiile (1) și (3), forța rezultantă R va avea forma:

$$R = \frac{F \cos \alpha}{\sqrt{2}} \sqrt{1+\cos 2\alpha} \quad (6)$$

Forța rezultantă R din articulația centrală se descompune pe brațul inferior, *figura 3*, acesta considerându-se a fi încastrat în acest moment, conducând la apariția forței  $F_t$ :

$$F_t = R \cos \alpha = \frac{F \cos^2 \alpha}{\sqrt{2}} \sqrt{1+\cos 2\alpha} \quad (7)$$

In raport cu zona de prindere a epruvetei, forța  $F_t$  creează momentul de răsucire  $M_t$ , care se poate calcula cu relația:

$$M_t = F_t \cdot L = \frac{F \cdot L \cdot \cos^2 \alpha}{\sqrt{2}} \sqrt{1+\cos 2\alpha} \quad (8)$$

In această relație avem:

- F, forță dată de mașina de încercat – cunoscută;
- L, lungimea între articulațiile brațului (brațele au aceeași lungime) – cunoscută;
- $\alpha$ , unghiul momentan al brațelor în raport cu verticala. Acest unghi nu îl putem măsura, dar putem avea de la mașina de încercat deplasarea pe verticală a pistonului.

Observăm că momentul de răsucire se calculează în funcție de forță F, forță care ne este dată de către mașina de încercat, lungimea L a brațului inferior pe care o putem măsura, și unghiul  $\alpha$  dintre axa verticală a dispozitivului și brațele superioare în timpul funcționării. Acest unghi nu putem să îl măsurăm, dar îl putem determina în funcție de deplasarea pe verticală a traversei superioare v, valoare care este dată de către mașina de încercat în fișierul de date achiziționat.

Astfel, s-a recurs la o analiză de tip mecanism, *figura 4*, din care se poate deduce o relație între deplasarea pe verticală  $v$ , a pistonului mașinii de încercat și deplasarea pe orizontală  $h$ , a articulației centrale. Pe baza unui program specializat, se trasează curbele de variație a deplasărilor amintite în raport cu timpul, *figura 5*. Din relațiile pentru cele două deplasări prezentate în *figura 5*, se elimină timpul și se obține relația:

$$h = -3 \cdot 10^{-3} \cdot (v)^2 + 0,49 \cdot v = f(v) \quad (9)$$

Pe de altă parte, din mecanismul aflat în stare de repaus – cu unghiul  $\alpha=45^0$  – se deduce o relație între cateta c, *figura 3*, și lungimea L barei:

$$c = \frac{L}{\sqrt{2}}; \quad (10)$$

Din mecanismul în mișcare se deduce relația :

$$\sin \alpha = \frac{c+h}{L} \quad (11)$$

Având în vedere relațiile (9) și (10) va rezulta:

$$\sin \alpha = \frac{\frac{L}{\sqrt{2}} + (-3 \cdot 10^{-3} v^2 + 0,49 v)}{L} \quad (12)$$

Astfel, unghiul  $\alpha$  este dat de relația de mai jos, care este funcție de deplasarea pe verticală, variabilă, a pistonului mașinii.

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{3 \cdot 10^{-3} v^2 - 0,49 v}{L} \right) \quad (13)$$

Unghiul  $\alpha$  astfel obținut se introduce în relația (8) cu ajutorul căreia se calculează momentul de răsucire  $M_t$ . În aceste condiții, limita la oboseală se va calcula cu relația:

$$\tau_R = \frac{M_t}{W_p} \quad (14)$$

în care  $M_t$  este momentul de răsucire calculat cu relația (8) iar  $W_p$  este momentul de inerție polar care, pentru o secțiune circulară plină de diametru  $d$ , se calculează cu relația:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \quad (15)$$

In tabelul 1, sunt prezentate rezultatele ce se pot obține pentru unghiul  $\alpha$ , cu ajutorul relației (13), în condițiile utilizării fișierului de date pentru deplasarea  $v$  a pistonului mașinii de încercat (aici s-a considerat  $L=60$  mm și  $d=10$  mm).

Tabelul 1

<b>F</b> [N]	<b>v</b> [mm]	<b>α</b> [grade]	<b>sin α</b>	<b>cos 2α</b>	<b>cos α</b>	<b>M<sub>t</sub></b>	<b>τ</b> [N/mm <sup>2</sup> ]
						[N·m]	
0	0.0	45.000	0.707	0.000	0.707	0.000	0.000
25	0.1	45.066	0.708	-0.002	0.706	0.528	2.692
50	0.2	45.132	0.709	-0.005	0.705	1.053	5.365
75	0.3	45.198	0.710	-0.007	0.705	1.574	8.019
100	0.4	45.265	0.710	-0.009	0.704	2.092	10.654
125	0.5	45.331	0.711	-0.012	0.703	2.606	13.272
150	0.6	45.397	0.712	-0.014	0.702	3.116	15.870
175	0.7	45.463	0.713	-0.016	0.701	3.623	18.450
200	0.8	45.529	0.714	-0.018	0.701	4.126	21.012

Așa cum se constată din relația (8), momentul de răsucire aplicat epruvetei este în funcție de forță, dată de mașina de încercat, de lungimea L a brațelor, cunoscută și fixă și de deplasarea pe verticală a pistonului mașinii, v, în relația (8) înlocuindu-se  $\alpha$  cu valorile date de relația (13).

Acum avem toate datele necesare pentru calcularea momentului de răsucire  $M_t$  necesar calculării tensiunii tangențiale  $\tau$ , pentru ca apoi, în urma mai multor încercări efectuate să putem trasa curba Wöhler, *figura 6*. Pentru un ciclu de încărcare, se calculează tensiunea tangențială maximă care, împreună cu numărul de cicluri până la rupere, formează un punct de pe diagrama Wöhler. Valoarea tensiunii tangențiale pentru care epruveta nu se mai rupe după un număr suficient de cicluri de solicitare se consideră a fi limita la oboseală prin răsucire,  $\tau_R$ , *figura 6*. Se precizează faptul că, prezentul dispozitiv poate realiza diferențe valori ale coeficientului de asimetrie R, pe baza preîncărcării cu o forță inițială,  $F_m$ , și solicitării la oboseală cu o amplitudine  $F_a$ , în jurul valorii  $F_m$ . Pe baza calculelor anterior prezentate se obțin diferențe valori pentru  $\tau_{min}$  și  $\tau_{max}$ , ( $R = \tau_{min}/\tau_{max}$ ).

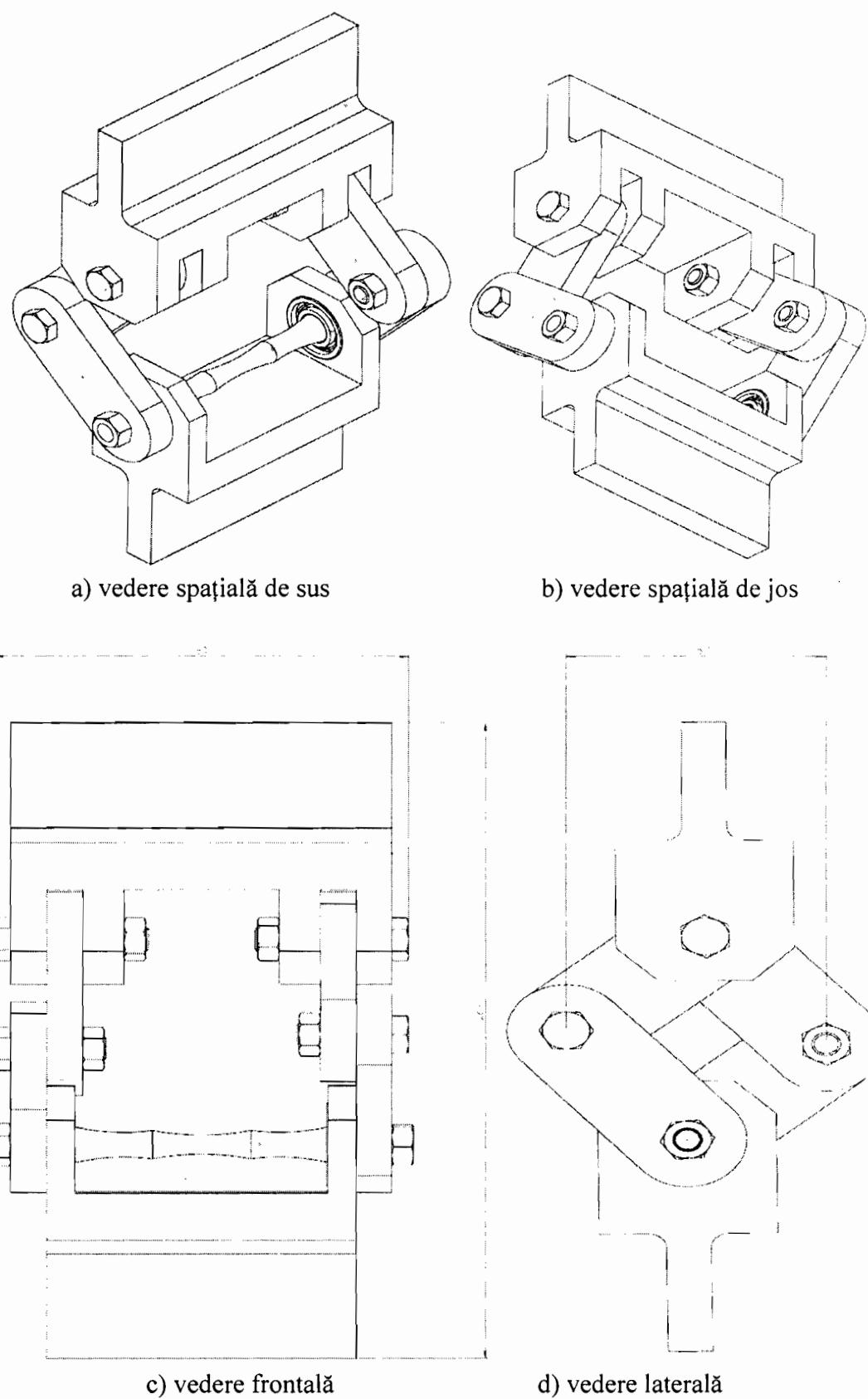
În tabelul 1 sunt date valorile și pentru momentul de răsucire  $M_t$  și tensiunea tangențială  $\tau$ , calculate în funcție de forță F și deplasarea v a pistonului mașinii de încercat. Aici s-a considerat proba ca având diametrul de 10 mm, *figura 8*. Cu ajutorul dispozitivului prezentat în figura 1, s-a reușit să se introducă o tensiune tangențială mare în proba solicitată, astfel încât aceasta să se rupă după un număr mic de cicluri de solicitare. În aceste condiții, cu atât mai mult se vor putea introduce tensiuni mici în probe ce vor rezista un număr mai mare de cicluri.

## Bibliografie

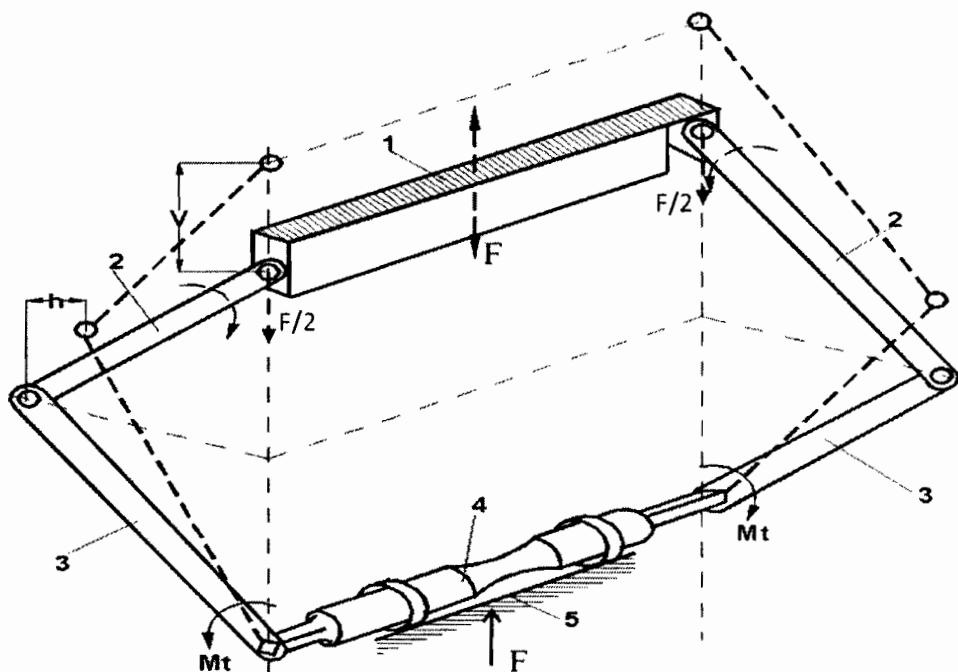
1. Mocanu, D.R. §.a. *Incercarea materialelor*, vol. I, Ed. Tehnică, Bucureşti 1980
2. Andrusca, L., Doroftei, I., Barsanescu, P.D., Goanta, V., *Assessment of Systems for Carrying Out of Planar Biaxial Tensile Test*, Applied Mechanics and Materials, Vol. 658 (2014), pp 3-8.
3. Rajkumar, P., Gore, P.N., *Review the Effect of Specimen Geometry on Torsion Test Results*, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 2, Issue 12, December 2013, pp. 7567-7574.
4. Bayraktar, E., Xue, H., Ayari, F., C. Bathias, C., *Torsional fatigue behaviour and damage mechanisms in the very high cycle regime*, Archive of material science and engineering, Vol. 3. Issue 2, june 2010, pp. 77-86.
5. Peña Bustos, F.M., Alvarez Vargas, C.A., *Design and construction of a torsional fatigue testing machine operated by inertial loads*, Dyna. vol. 79, núm. 172, abril, 2012, pp. 46-55.

## REVENDICĂRI

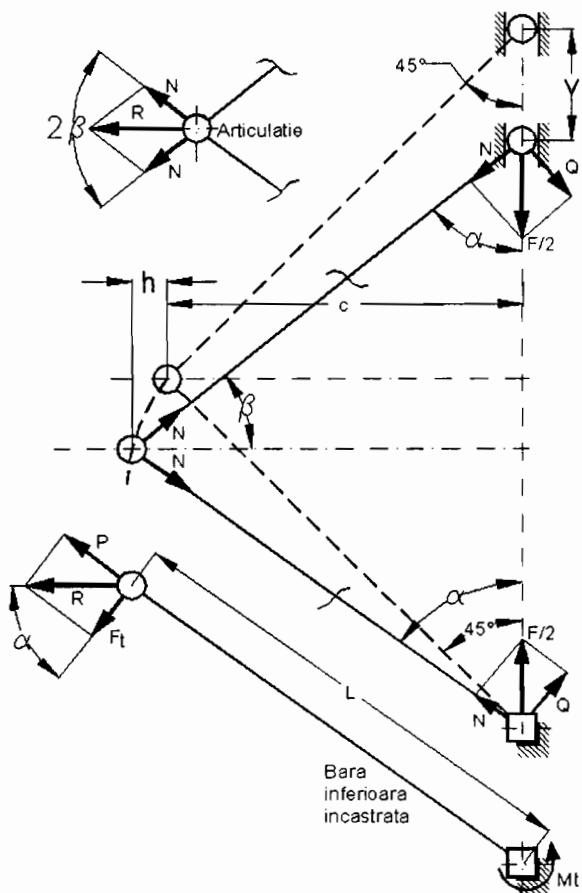
1. Dispozitiv pentru încercarea la oboseală prin răsucire **caracterizat prin aceea că** poate fi utilizat pentru determinarea limitei la oboseală  $\tau_R$  în condițiile în care este adaptat pentru mașinile universale de încercat – pulsatoare, conținând două mecanisme, fiecare având câte două brațe articulate, cele două mecanisme fiind așezate antisimetric în raport cu secțiunea transversală a probei, astfel încât se pot introduce la capetele probei două momente de răsucire egale în mărime și de sensuri contrare;
2. Modalitate de calcul a momentului de răsucire, pe baza relației (8) cu ajutorul relației (13), **caracterizată prin aceea că** rezolvă problema calculului limitei la oboseală  $\tau_R$  pe baza forței și a deplasării furnizate de mașina universală de încercat.



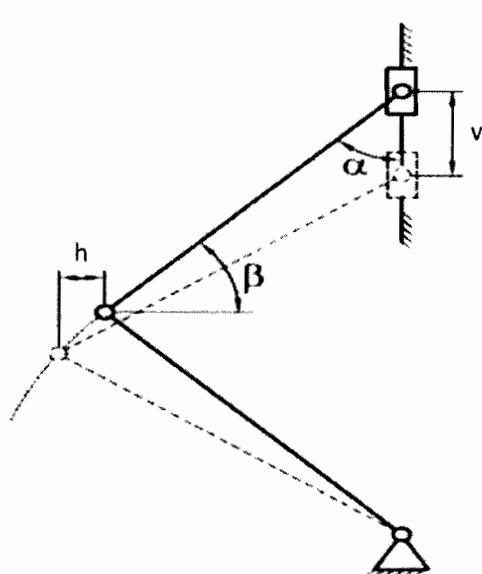
**Figura 1.** Desen de ansamblu al dispozitivului



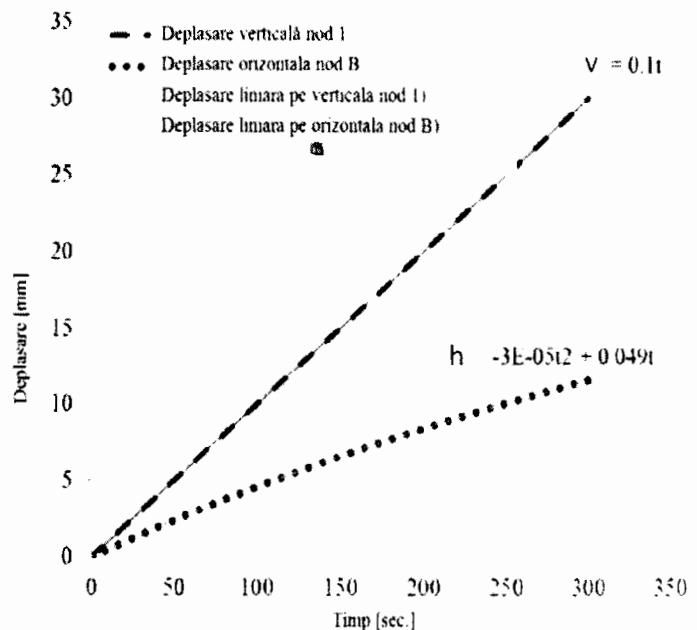
**Figura 2.** Schema dispozitivului – forța  $F$ , deplasarea  $v$  și momentele  $M_t$



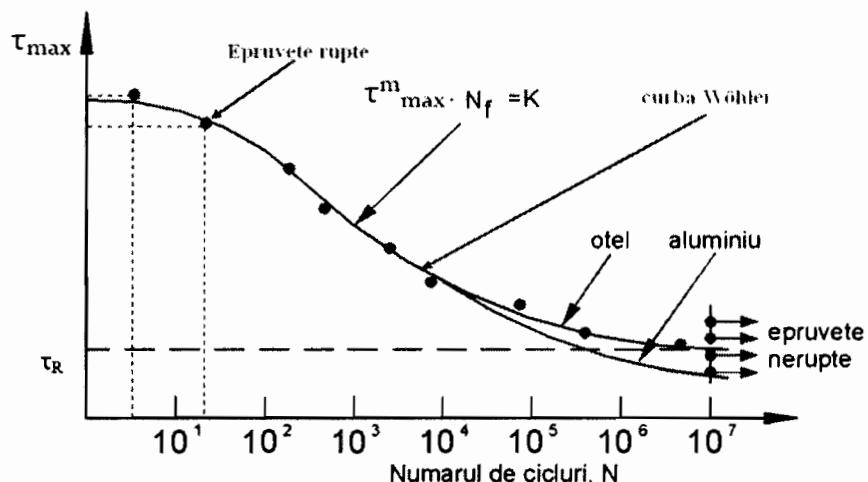
**Figura 3.** Reprezentarea reacțiunilor din couplele cinematice și articulații



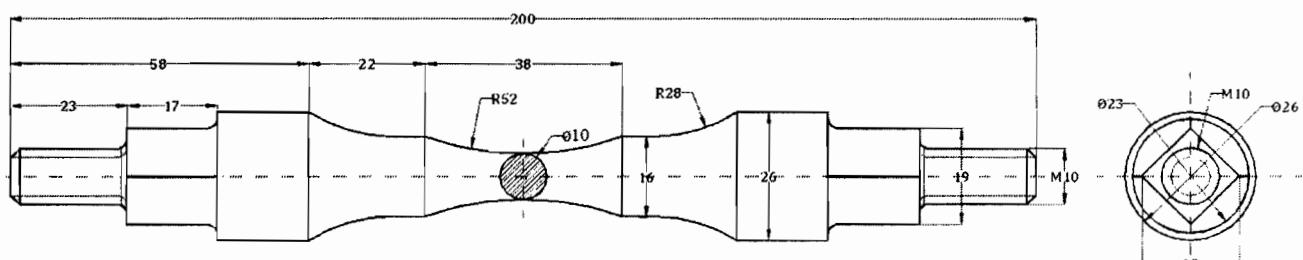
**Figura 4.** Reprezentarea deplasărilor  $v$  și  $h$



**Figura 5.** Diagrama deplasărilor



**Figura 6.** Exemplu de diagramă Wöhler



**Figura 7.** Tipul de epruvetă cu care s-a realizat încercarea