

## APARAT DE INCERCARE LA TRACTIUNE A MICROFIRELOR

Studenti anul I- Facultatea Transporturi: COJOCARU Iancu, LINU Razvan ,NAE Gabriela, NEAGU Livia, ȘERBĂNICA Lorena  
Conducator științific: Prof. Dr. Ing. Plesca Marcel



**REZUMAT:** Ați încercat să măsurați forța la rupere a unui fir de păianjen? Dacă nu găsiți un astfel de fir vă sfătuim să folosiți un fir din aur ultrapur, de 17 microni utilizat în industria electronică la realizarea conexiunilor dintre structura circuitului și grila. Noi am măsurat și am determinat 1.72cN. Lucrarea prezintă un aparat, de concepție proprie, capabil să măsoare forța la rupere și elongația relativă la rupere pentru microfibre utilizate în industria electronică.

**CUVINTE CHEIE:** forța de tractiune, microfibre, elongație, forța de rupere, microni

### 1 INTRODUCERE

Majoritatea firelor utilizate în domeniul electronicii trebuie să prezinte garanția următorilor parametri:

- diametru;
- forța de rupere;
- elongație.

Evident, analiza calitativă și cantitativă a metalului se subînțelege acest aspect fiind luat

în considerare la procesare. Problema care se pune este aceea de control final al microfiredor înainte ambalării acestora.

Aspectul delicat al controlului îl reprezintă determinarea forței de rupere și elongației pentru fire micronice având forța de rupere sub 50cN.

## 2 STADIUL ACTUAL

Cel puțin până în prezent, din documentările existente nu există în țară nici un aparat care să determine cu acuratețe atât forța la rupere cât și elongația pentru forțe sub 50 cN. Practic nu s-a pus această problemă deoarece firele utilizate în domeniul electronic (Au 99,99; Al 99,99; Al 99,999; AISi1; AIMgO,5; AIMgI) erau folosite ca atare fără a avea posibilitatea verificării parametrilor acestora.

Din aceste considerente s-a impus proiectarea unui aparat ce are drept scop determinarea celor doi parametri. Aparatul descris în continuare a fost proiectat și realizat integral în cadrul **Universității Politehnica București, catedra Tehnologia materialelor și sudura**. Este de concepție proprie putând fi utilizat cu mult succes atât în întreprinderile de profil cât și ca material didactic la disciplinele de specialitate.

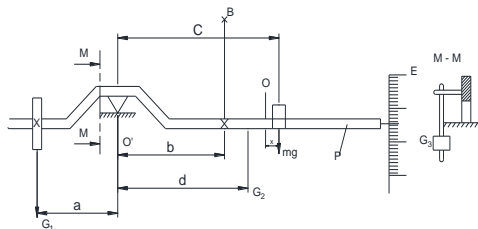


Fig. 1 Schema de principiu a aparatului

- forța necesară solicitării la întindere a firului este realizată prin variația unui moment de rotație introdus în urma deplasării rectilinii a unui cursor ce se poate poziționa în zona gradată a pârghiei.

Notatiile din Fig. I au următoarele semnificații:

O - punctul de sprijin al pârghiei;

G - contragreutate de echilibrare pe orizontală;

G<sub>2</sub> - greutatea pârghiei;

mg - greutatea cursorului;

P - pârghie;

G<sub>3</sub> - contragreutate de echilibrare pe verticală;

o - punctul de nul al cursorului;

AB - firul supus încercării la tracțiune;

C - distanța de la punctul de sprijin al pârghiei la poziția de zero al aparatului;

d - distanța de la punctul de sprijin al pârghiei la centrul de greutate al acesteia;

b - distanța de la punctul de sprijin al pârghiei la firul AB;

E - cadran pentru citirea elongației.

În prima fază are loc reglarea aparatului ce constă în aducerea centrului de greutate al întregului sistem (contragreutate, pârghie, cursor) în punctul de sprijin O.

Din punct de vedere teoretic centrul de greutate al sistemului este foarte apropiat de varful cutitului O, lucru realizat în faza de proiectare dar pentru exactitatea metodei se impune aducerea centrului cât mai exact în punctul de sprijin O. Aceasta se realizează în două etape și anume:

1 - aducerea centrului de greutate al sistemului pe direcția verticală ce trece prin punctul de sprijin O;

2 - poziționarea centrului de greutate în punctul O.

Prima etapă se realizează prin deplasarea contragreutată G<sub>1</sub> pe direcția orizontală până când pârghia rămâne în echilibru în plan orizontal. Cursorul se găsește în punctul O al pârghiei.

În a doua etapă are loc deplasarea contragreutată G<sub>3</sub> pe verticală până când este adus centrul de greutate în varful O. Practic lucrul acesta este realizat în momentul în care rotind pârghia cu un unghi oarecare α, aceasta rămâne în echilibru. Forța necesară probei de întindere și rupere a microfirului se realizează prin deplasarea spre dreapta a cursorului.

În faza inițială (cursorul în poziția O) întregul sistem este în echilibru, ecuația de echilibru fiind dată de expresia:

$$G_1 \cdot a = c \cdot mg + d \cdot G_2 \quad (1)$$

La deplasarea cursorului întregul sistem se dezechilibrează, surplusul de moment de

rotatie, fiind preluat de fir. Considerand "x" de la cursor la pozitia "O" a riglei de pe parghie, F forta preluata de fir, a unghiului de rotatie a parghiei putem considera la echilibru urmatoarea ecuatie:

$$G_1 \cdot a \cdot \cos\alpha + F \cdot b \cdot \cos\alpha = G_2 \cdot d \cdot \cos\alpha + mg \cdot (c + x) \cdot \cos\alpha \quad (2)$$

Sau dupa simplificare:

$$G_1 \cdot a + F \cdot b = G_2 \cdot d + mg \cdot c + mg \cdot x \quad (3)$$

Din (1) si (3) rezulta:

$$F = \frac{mg}{b \cdot x} = k \cdot x \quad (4)$$

Dar m-masa cursorului, g-constanta universală, b-distanta fixa, reprezinta elementele fixe ce intra in constanta aparatului, notate cu k. Rezulta ca F, forta de intindere se poate citi direct prin deplasarea cursorului. Lungimea firului dupa alungirea firului se determina din  $\Delta ABC$ .

$$l^2 = l_0^2 + AC^2 - 2 \cdot l_0 \cdot AC \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi - \alpha}{2}\right) \quad (5)$$

Din triunghiul isoscel O'AC rezulta:

$$AC = 2b \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \quad (6)$$

Substituind aceasta valoare in relatia (5) se obtine:

$$l^2 = l_0^2 + 4 \cdot b^2 \sin^2\frac{\alpha}{2} + 2 \cdot b \cdot l_0 \sin\alpha \quad (7)$$

$$\text{Dar: } \operatorname{tg}\alpha = \frac{y}{L} \quad (8)$$

$$\sin^2\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2}(1 - \cos\alpha) = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{L}{\sqrt{L^2 + y^2}}\right) \quad (9)$$

$$\sin\alpha = \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}} \quad (10)$$

Inlocuind (9) si (10) in (7) se obtine:

$$l^2 = l_0^2 + 2b^2 \left(1 - \frac{L}{\sqrt{y^2 + L^2}}\right) + 2b \cdot l_0 \cdot \frac{y}{\sqrt{y^2 + L^2}} \quad (11)$$

In concluzie expresia elongatiei este:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\sqrt{l_0^2 + 2b^2 \left(1 - \frac{L}{\sqrt{y^2 + L^2}}\right) + 2b \cdot l_0 \cdot \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}} - l_0}{l_0} \quad (12)$$

Unde:

- $l_0$  este lungimea initiala a firului;
- L-lungimea parghiei de la punctul de sprijin O' la cadranul elongatiei (element fix);
- l-lungimea finala a firului inainte de rupere;
- y-lungimea citita pe cadranul elongatiei.

Datele fixe ale aparatului au fost introduse pe calculator, valorile F si  $\varepsilon$  fiind tabelate. Se poate realiza o masuratoare rapida citind pe aparat numai deplasarea x si y.

Din constructie, aparatul prezinta urmatoarele constante si caracteristici:

Conform datelor experimentale, alungirea finala a rezultat  $l=151,70$  mm. Cu ajutorul acestui rezultat vom putea calcula  $\varepsilon$  - alungirea relativa.

$$k=0,49374 \text{ [cN/mm]}$$

$$b=120 \text{ [mm]}$$

$$L=510 \text{ [mm]}$$

$$l_0=120-220 \text{ [mm]}$$

$$y=0-75 \text{ [mm]}$$

$$x=0-200 \text{ [mm]}$$

Fora maxima la tractiune - 82,54 [n]  
(Aceasta nu poate fi modificata prin modificarea greutatii cursorului).

Alungirea specifica maxima-15,55 [%]

Incerari	F(cN)	$\varepsilon$ (%)
1	4,44	0
2	9,87	0
3	14,81	0
4	14,84	0,168
5	24,68	0,33
6	29,62	1
7	32,09	1,34
8	34,561	1,34
9	35,548	1,68
10	36,04	1,68
11	37,03	1,68
12	38,017	2,01
13	39,5	2,35
14	39,99	3,35
15	40,486	4,36
16	40,92	6,03
17	41,47	6,7

**Studiu experimental**

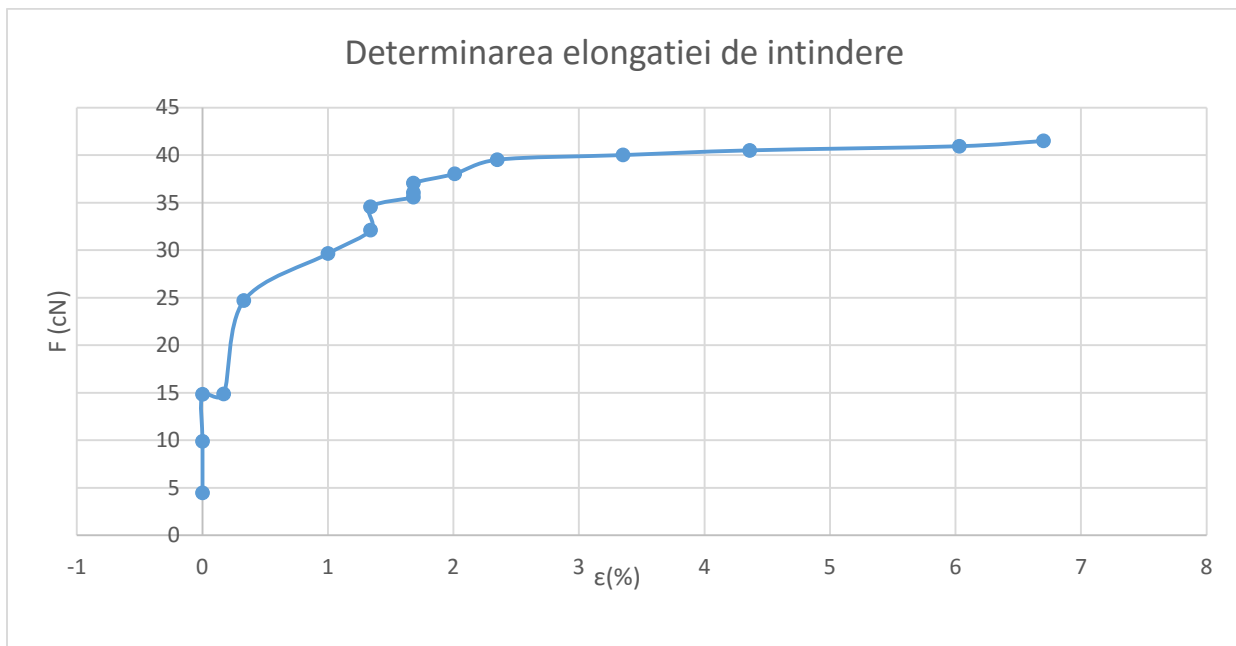
$$\varnothing_{fir} = 50\mu m = 50 \cdot 10^{-3} mm$$

$$\tau_{\tau} = \frac{F}{S} \left[ \frac{daN}{mm^2} \right]$$

$$F = 84 \text{ div} \rightarrow 41,474 \text{ cN} \\ = 41,474 \cdot 10^{-3} daN$$

$$\tau_{\tau} = \frac{41,474 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot \frac{(50 \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 41,474 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{4}{\pi(50 \cdot 10^{-3})^2} \\ = 41,474 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{4}{2500\pi \cdot 10^{-6}} \\ = \frac{41,474 \cdot 10^3}{625\pi} = \frac{41,474 \cdot 10^3}{625 \cdot \pi} \\ = 21,1225 \left[ \frac{daN}{mm^2} \right]$$

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{151,7 - 140}{140} = 8,36\%$$



k= 0.49374										
x	F									
0	0		51	25.18074		101	49.86774		151	74.55474
1	0.49374		52	25.67448		102	50.36148		152	75.04848
2	0.98748		53	26.16822		103	50.85522		153	75.54222
3	1.48122		54	26.66196		104	51.34896		154	76.03596
4	1.97496		55	27.1557		105	51.8427		155	76.5297
5	2.4687		56	27.64944		106	52.33644		156	77.02344
6	2.96244		57	28.14318		107	52.83018		157	77.51718
7	3.45618		58	28.63692		108	53.32392		158	78.01092
8	3.94992		59	29.13066		109	53.81766		159	78.50466
9	4.44366		60	29.6244		110	54.3114		160	78.9984
10	4.9374		61	30.11814		111	54.80514		161	79.49214
11	5.43114		62	30.61188		112	55.29888		162	79.98588
12	5.92488		63	31.10562		113	55.79262		163	80.47962
13	6.41862		64	31.59936		114	56.28636		164	80.97336
14	6.91236		65	32.0931		115	56.7801		165	81.4671
15	7.4061		66	32.58684		116	57.27384		166	81.96084
16	7.89984		67	33.08058		117	57.76758		167	82.45458
17	8.39358		68	33.57432		118	58.26132		168	82.94832
18	8.88732		69	34.06806		119	58.75506		169	83.44206
19	9.38106		70	34.5618		120	59.2488		170	83.9358
20	9.8748		71	35.05554		121	59.74254		171	84.42954
21	10.36854		72	35.54928		122	60.23628		172	84.92328
22	10.86228		73	36.04302		123	60.73002		173	85.41702
23	11.35602		74	36.53676		124	61.22376		174	85.91076
24	11.84976		75	37.0305		125	61.7175		175	86.4045
25	12.3435		76	37.52424		126	62.21124		176	86.89824
26	12.83724		77	38.01798		127	62.70498		177	87.39198
27	13.33098		78	38.51172		128	63.19872		178	87.88572
28	13.82472		79	39.00546		129	63.69246		179	88.37946
29	14.31846		80	39.4992		130	64.1862		180	88.8732
30	14.8122		81	39.99294		131	64.67994		181	89.36694
31	15.30594		82	40.48668		132	65.17368		182	89.86068
32	15.79968		83	40.98042		133	65.66742		183	90.35442
33	16.29342		84	41.47416		134	66.16116		184	90.84816
34	16.78716		85	41.9679		135	66.6549		185	91.3419
35	17.2809		86	42.46164		136	67.14864		186	91.83564
36	17.77464		87	42.95538		137	67.64238		187	92.32938
37	18.26838		88	43.44912		138	68.13612		188	92.82312
38	18.76212		89	43.94286		139	68.62986		189	93.31686
39	19.25586		90	44.4366		140	69.1236		190	93.8106
40	19.7496		91	44.93034		141	69.61734		191	94.30434

41	20.24334		92	45.42408		142	70.11108		192	94.79808
42	20.73708		93	45.91782		143	70.60482		193	95.29182
43	21.23082		94	46.41156		144	71.09856		194	95.78556
44	21.72456		95	46.9053		145	71.5923		195	96.2793
45	22.2183		96	47.39904		146	72.08604		196	96.77304
46	22.71204		97	47.89278		147	72.57978		197	97.26678
47	23.20578		98	48.38652		148	73.07352		198	97.76052
48	23.69952		99	48.88026		149	73.56726		199	98.25426
49	24.19326		100	49.374		150	74.061		200	98.748
50	24.687									

Valori elongatie $\epsilon(\%)$									
		$\epsilon\%$						$\epsilon\%$	
y	L0=120	L0=140	L0=150	L0=200	y	L0=120	L0=140	L0=150	L0=200
1	0.196078	0.168067	0.156862	0.117647	41	8.013841	6.868952	6.411001	4.808195
2	0.392154	0.336132	0.313723	0.235292	42	8.208035	7.035399	6.566349	4.924701
3	0.588225	0.504193	0.47058	0.352935	43	8.402139	7.201768	6.721625	5.041152
4	0.78429	0.672248	0.627432	0.470574	44	8.596151	7.368058	6.876827	5.157547
5	0.980345	0.840296	0.784276	0.588207	45	8.790069	7.534267	7.031953	5.273885
6	1.176389	1.008334	0.941111	0.705834	46	8.983891	7.700393	7.187001	5.390164
7	1.37242	1.17636	1.097936	0.823452	47	9.177615	7.866435	7.341971	5.506384
8	1.568435	1.344373	1.254748	0.941061	48	9.371239	8.032391	7.49686	5.622542
9	1.764432	1.51237	1.411546	1.058659	49	9.564761	8.198258	7.651667	5.738639
10	1.960409	1.680351	1.568327	1.176245	50	9.75818	8.364037	7.80639	5.854673
11	2.156364	1.848312	1.725091	1.293818	51	9.951492	8.529724	7.961028	5.970641
12	2.352294	2.016251	1.881834	1.411375	52	10.1447	8.695318	8.115579	6.086545

13	2.548197	2.184168	2.038557	1.528917
14	2.744071	2.35206	2.195256	1.646441
15	2.939914	2.519925	2.35193	1.763946
16	3.135724	2.687762	2.508577	1.881432
17	3.331498	2.855568	2.665196	1.998895
18	3.527234	3.023341	2.821785	2.116336
19	3.722931	3.191081	2.978341	2.233753
20	3.918585	3.358784	3.134864	2.351144
21	4.114195	3.526449	3.291351	2.468509
22	4.309759	3.694074	3.447801	2.585846
23	4.505274	3.861658	3.604212	2.703153
24	4.700739	4.029198	3.760582	2.82043
25	4.89615	4.196692	3.91691	2.937674
26	5.091507	4.36414	4.073193	3.054886
27	5.286807	4.531538	4.229431	3.172063
28	5.482048	4.698885	4.385622	3.289204
29	5.677227	4.86618	4.541763	3.406308
30	5.872343	5.03342	4.697853	3.523373
31	6.067393	5.200604	4.85389	3.640399
32	6.262376	5.36773	5.009873	3.757384
33	6.457289	5.534796	5.1658	3.874326
34	6.652131	5.7018	5.32167	3.991226
35	6.846899	5.868741	5.47748	4.10808
36	7.041591	6.035616	5.633229	4.224888
37	7.236205	6.202424	5.788915	4.341649
38	7.430739	6.369164	5.944537	4.458362

53	10.33779	8.860818	8.270041	6.202381
54	10.53077	9.026221	8.424414	6.318149
55	10.72364	9.191527	8.578695	6.433848
56	10.9164	9.356733	8.732883	6.549477
57	11.10904	9.521838	8.886976	6.665034
58	11.30155	9.686841	9.040973	6.780518
59	11.49395	9.851739	9.194872	6.895929
60	11.68623	10.01653	9.348673	7.011264
61	11.87837	10.18121	9.502372	7.126523
62	12.0704	10.34579	9.65597	7.241705
63	12.26229	10.51025	9.809463	7.356808
64	12.45405	10.67461	9.962852	7.471831
65	12.64569	10.83884	10.11613	7.586774
66	12.83718	11.00297	10.26931	7.701635
67	13.02855	11.16697	10.42237	7.816413
68	13.21977	11.33086	10.57532	7.931107
69	13.41086	11.49462	10.72817	8.045715
70	13.6018	11.65827	10.88089	8.160237
71	13.7926	11.82179	11.0335	8.274672
72	13.98326	11.98519	11.186	8.389018
73	14.17377	12.14846	11.33837	8.503274
74	14.36413	12.3116	11.49063	8.61744
75	14.55434	12.47461	11.64276	8.731514

39	7.625191	6.535833	6.100093	4.575024
40	7.819559	6.702429	6.255582	4.691636

## CONCLUZII

Cu ajutorul aparatului de masurare a fortei la tractiune asupra unui fir de diametrul  $50\mu m$  am determinat ca alungirea relativa este de 8,36% atunci cand aplicam o forta de 41,474 cN.

## BIBLIOGRAFIE

“Studiul aprofundat asupra incercarii la tractiune a microfiredor” – Prof. Dr. Ing. Marcel Plesca