

A vonalzó vagy fűrészlap egyik végét rögzítsük mereven, vízszintes helyzetben, a másik végét pedig ismert nagyságú függőleges irányú F erővel terhelve mérjük annak függőleges irányú $h(F)$ elmozdulását az erő függvényében (1. ábra). Ha a deformáció rugalmas, akkor az F erő munkája megadja a meghajlított rúdban tárolt rugalmas energiát.



1. ábra

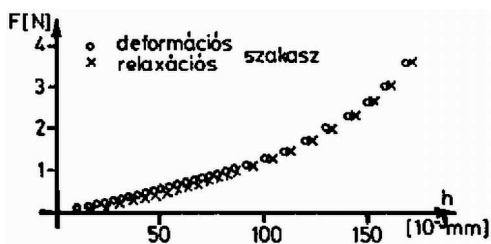
Ha a deformáció nem teljesen rugalmas, akkor ennek a munkának egy része képlékeny alakváltoztatásra fordítódik és hővé alakul. A rugalmas energiát ekkor a meghajlított rúd kiegyenesedésekor nyert mechanikai munka adja meg. Ennek értéke szükségszerűen kisebb a meghajlításakor végzett munkánál; a két energia különbsége fordítódott képlékeny alakváltoztatásra. (Képlékeny alakváltozással csak a fűrészlap esetében kell számolnunk, a rideg műanyag vonalzó a töréshatárig jó közelítéssel ideálisan rugalmasnak tekinthető.)

$F[N]$	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
$h_{\text{def}}[10^{-3}\text{m}]$	0	9,5	14	19	24	28	33	37	43	48	51	54	58	62	66	70
$h_{\text{rel}}[10^{-3}\text{m}]$	10	18	22	26	31	35	40	43	49	54	56	59	63	66	70	74
$W_d[\text{mJ}]$	0	0,48	1,04	1,91	3,04	4,14	5,76	7,26	9,81	12,19	13,76	15,49	17,99	20,69	23,6	26,7
$W_r[\text{mJ}]$	0	0,4	0,9	1,6	2,73	3,83	5,45	6,6	9,1	11,5	12,6	14,3	16,8	18,8	21,7	24,8

F	0,85	0,9	0,95	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,5	4
h_{det}	74	77	80	83	99	111	123	131	139	146	152	158	167	173
h_{rel}	78	80	83	86	102	113	125	133	141	148	153	159	168	174
W_d	30,0	32,6	35,4	38,3	56,3	72,8	92,3	107,3	124,3	140,9	156,7	173,9	203,2	225,7
W_r	28,1	29,9	32,6	35,6	53,6	68,7	88,1	103,2	120,2	136,8	149,9	167,2	196,4	218,9

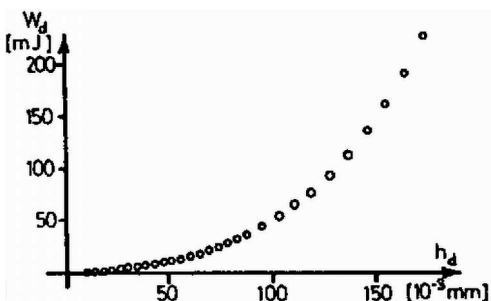
A fűrészlap hajlításakor nyert mérési adatok.

1. táblázat



A deformációs erő a lehajlás függvényében
(fűrészlap)

1. grafikon



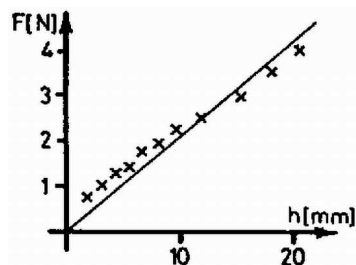
A deformációs erő munkája a lehajlás
függvényében (fűrészlap)

2. grafikon

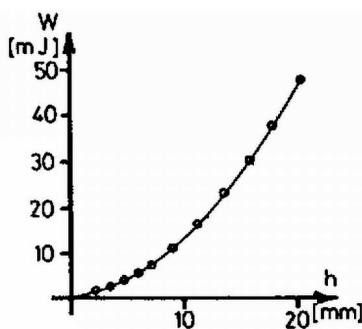
Az 1. táblázat, illetve az 1. grafikon Lovasi Balázs (Sümege, Kisfaludy S. Gimn., III. o. t.) fűrészlap hajlítása-kor nyert adatait tartalmazza. A táblázat első három sora, illetve az első grafikon az erő-lehajlás adatokat tartalmazza a deformációs, illetve a relaxációs szakaszban. Látható, hogy a két görbe nem esik teljesen egybe, a fűrészlap képlékeny alakváltozást is szenvedett. Az is látható, hogy az erő-törvény csak kezdetben lineáris. A deformációs munka az $F(h)$ függvény numerikus integrálásával kapható meg, legegyszerűbben a trapézformula használatával:

$$W = \sum_{i=1}^m \frac{F(h_{i-1}) + F(h_i)}{2} \cdot (h_i - h_{i-1}).$$

A táblázat 4. és 5. sora tartalmazza a deformációs, ill. relaxációs szakaszban numerikus integrálással nyert munka értékeket, a 2. grafikonon pedig a rugalmas energia látható a lehajlás függvényében. Látható, hogy a képlékeny alakváltozás 6,8 mJ munkát emésztett föl.



A deformációs erő a lehajlás függvényében
(műanyag vonalzó)
3. grafikon



A rugalmas energia a lehajlás függvényében
(műanyag vonalzó)
4. grafikon

Hasonló módon mérhetjük meg a műanyagvonalzó deformációs energiáját a lehajlás függvényében. A 3. és 4. grafikon Páncél Csaba (Monor, József Attila Gimn., II. o. t) mérési eredményeit és a numerikus integrálással kapott energiaértékeket ábrázolja. Látható, hogy a vonalzó deformációjára a vizsgált tartományban elég jól teljesül a lineáris erő-törvény.

Kínálkozik még egy elég ötletes módszer a meghajlított rúd deformációs energiájának közvetlen mérésére. A meghajlított rúd végére helyezünk egy ismert tömegű testet, és azt „lőjük ki” akár vízszintes, akár függőleges irányban. A test pályájának vizsgálatából (emelkedési magasság, repülési hossz) kiszámíthatjuk a test mozgási energiáját a kilövés pillanatában. Ha a test tömege jóval nagyobb a meghajlított rúd tömegénél, akkor a kilövéskor a meghajlított rúd saját deformációs energiájának legnagyobb részét átadja a testnek, és a deformációs energiának csak elhanyagolhatóan kicsiny része marad a kilövés után rezgőmozgást végző rúdban. Így alkalmas tömegű test kilövésével a pálya adataiból közvetlenül megkapható a deformációs energia. Néhányan ezzel a módszerrel végezték el a mérést.