

Plastična i elastična deformacija – – granice primenljivosti Hukovog zakona

Merene su karakteristike elastičnosti bakarne žice kako bi se utvrdile granice važenja Hukovog zakona. Istezanje žice mereno je komparatorom. Identifikovana je oblast važenja Hukovog zakona i linearnom aproksimacijom je izračunat koeficijent elastičnosti.

Uvod

Svaka sila koja deluje na telo u većoj ili manjoj meri menja i njegov oblik, tj. deformiše ga [1]. Razlikuju se dva osnovna oblika deformacije: plastična i elastična. *Elastična* deformacija se javlja u prvom stadijumu istezanja materijala i njena osnovna karakteristika je odsustvo permanentne elongacije, tj. promene dužine u odnosu na početnu, nakon što je oslobođena tereta. *Plastična* deformacija se odlikuje trajnim promenama u strukturi materijala tako da se telo ne vraća u prvobitni položaj. Fizička veličina koja karakteriše elastičnost nekog materijala naziva se modul elastičnosti i izražava se u N/m^2 , a definisan je kao:

$$E = \frac{\sigma}{x/L} \quad (1)$$

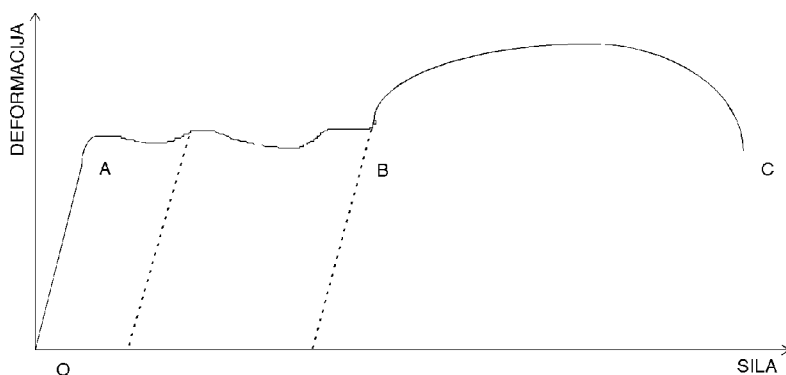
gde je σ – normalni napon:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (2)$$

pri čemu je F – sila koja vrši istezanje i S – površina poprečnog preseka tela, x/L – relativno istezanje kao količnik istezanja i prvobitne dužine.

Hukov zakon karakteriše deformaciju samo do određene granice. Pošto je po Hukovom zakonu elongacija direktno proporcionalna sili istezanja, region u kome on važi se naziva i proporcionalni region (slika 1, oblast OA), a granica do koje važi granica elastičnosti (slika 1, tačka A). Ova granica je posledica svojstava materijala.

*Miro Kunčak (1980),
Sombor, Stuparski
put C-12/I, učenik 1.
razreda Gimnazije
„Veljko Petrović“ u
Somboru*



Slika 1.
Tip deformacije u zavisnosti od intenziteta sile;
OA – deformacije zadovoljavaju Hukov zakon.

Figure 1.
Different types of deformation in different regimes of force.

Kada tenziona sila pređe proporcionalnu granicu, Hukov zakon prestaje da važi i dolazi do, daleko složenijih, plastičnih deformacija. Sledeći, plastični region (slika 1, oblast AB) se odlikuje blagim variranjem deformacije. U trećoj fazi (slika 1, oblast BC) deformacije se povećavaju do krajnje granice izdržljivosti tj. pucanja materijala (slika 1, tačka C). Kada se žica oslobodi tereta u regionu plastične deformacije kriva koja pokazuje povratak u stabilno stanje je paralelna sa krivom proporcionalnog regiona.

Za razliku od modula elastičnosti, koji je karakteristika materijala, koeficijent elastičnosti je karakteristika tela. Koeficijent elastičnosti se definiše kao

$$k = \frac{F}{S} \quad (3)$$

gde je F – sila koja isteže, x – apsolutno istezanje.

U ovom radu je merene su karakteristike elastičnosti bakarne žice.

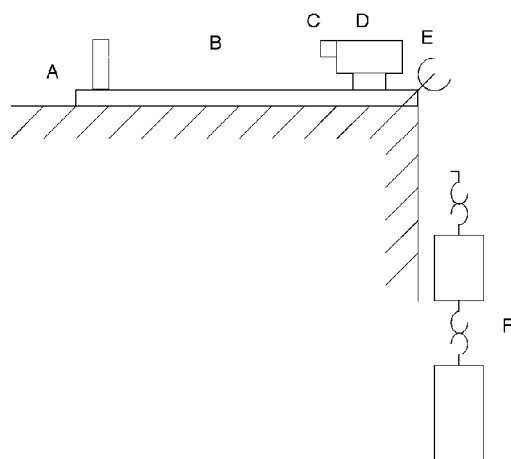
Metod

Aparatura

Aparatura se sastoji od fiksiranog, horizontalnog stativa (slika 2 A) na čijem je jednom kraju učvršćena žica koja se isteže (slika 2 B), graničnika na žici (slika 2 C) koji pomera iglu komparatora (slika 2 D), i koluta (slika 2 E) koji prenosi opterećenje sa tegova (slika 2 F).

Opis merenja

Kraj istežane žice se opterećuje tegovima različitih masa. Istezanje žice se meri komparatorom. Za svaki teg je izvršeno 5 merenja. U tabelu su unesene srednje vrednosti apsolutnog istezanja, a za apsolutnu grešku je uzeto maksimalno odstupanje od srednje vrednosti. Za opterećivanje žice su korišćeni kalibrisani tegovi preciznosti 10^{-3} kg, ali je za grešku uzeta



Slika 2.
Šema aparature.

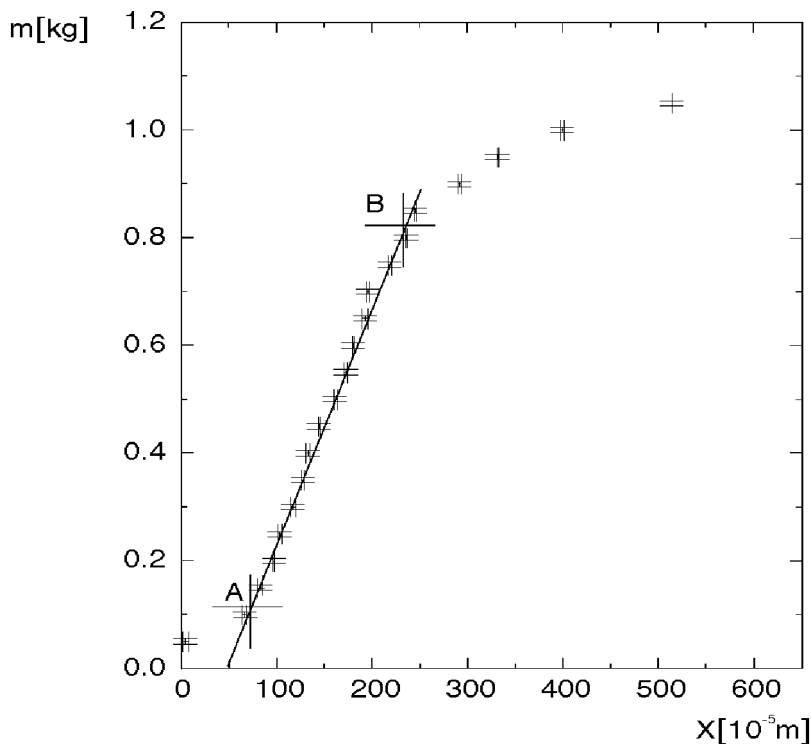
Figure 2.
The experimental
setup.

veća vrednost ($5 \cdot 10^{-3}$ kg) pošto su tegovi vezivani žicom nezanemarljive mase.

Rezultati

Merenjem su dobijene sledeće vrednosti:

x [10^{-5} m]	m [10^{-3} kg]	x [10^{-5} m]	m [10^{-3} kg]
5	50	1	5
67	100	2	5
84	150	4	5
98	200	1	5
104	250	2	5
118	300	3	5
128	350	1	5
133	400	2	5
145	450	1	5
162	500	2	5
173	550	2	5
181	600	1	5
193	650	3	5
196	700	2	5
219	750	2	5
236	800	1	5
246	850	1	5
292	900	2	5
332	950	1	5
400	1000	2	5
515	1050	3	5



Slika 3.
Zavisnost istezanja
uzorka (X) od mase
tega (m).

Figure 3.
The dependence of
the extension on the
mass of the load.

Vrednosti očitane za tačke A i B očitane sa grafika su: A ($73 \cdot 10^{-5} \text{ m}$, $114 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$) i B ($228 \cdot 10^{-5} \text{ m}$, $820 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$). Odavde se dobija da je:

$$k = \frac{g(m_2 - m_1)}{x_2 - x_1} = 0.45 \pm 0.02.$$

Pri tome je greška izračunata po formuli:

$$\Delta k = k \cdot \left(\frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_2 - m_1} + \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{x_2 - x_1} \right).$$

Iz (1), (2) i (3) sledi $E = k \frac{L}{S}$, tako da se merenjem vrednosti S i L može izračunati i modul elastičnosti, što nije učinjeno zbog nedostatka odgovarajuće aparature.

Zaključak

Merenjem je utvrđeno da se bakarna žica ponašala shodno teorijskom predviđanju. U prvom, proporcionalnom regionu zavisnost istezanja od sile je bila linearna i tu je bilo moguće utvrditi koeficijent elastičnosti. Odstupanje se može primetiti u početnom delu i ono potiče od nezategnutosti

žice u neutralnom položaju. Zbog toga su i svi kasniji rezultati pomereni. Ostala odstupanja od linearne skale su prouzrokovana greškama koje potiču od trenja točkića koji prenosi opterećenje sa tegova na merni instrument koje izaziva i nagle trzaje koji remete rezultate naročito u plastičnoj fazi istezanja. U kasnijoj, plastičnoj fazi, istezanje je sporo i teško je odrediti kada prestaje. Ovakvim postupkom je moguće odrediti koeficijent i modul elastičnosti, linearnom aproksimacijom zavisnosti istezanja od sile u proporcionalnom regionu. Merenja nisu vršena do granice izdržljivosti jer je istezanje bilo van mernog opsega instrumenta (1 cm).

Literatura

- [1] Strelkov, S. P. 1987. *Mechanics*. Moscow: Mir Publisher
 - [2] Den Hartog, J. P. 1961. *Strength of Materials*. New York: Dover Publications, Inc.
 - [3] Raspopović, M., Božin, S., Danilović, E. 1991. *Fizika za II razred gimnazije*. Beograd: Naučna knjiga.
-

Miro Kunčak

Plastic and Elastic Deformation – Limits of Hooke s Law

Boundary conditions for application of Hooke s law are determined for a cooper wire. Extension of the wire has been measured by simple comparator. Inside the interval of validity the coefficient of elasticity has been computed.

