

12. ročník, úloha IV. E ... pružnost a pevnost (8 bodů; průměr ?; řešilo 50 studentů)

Sežeňte si tenké gumičky a

- změřte závislost protažení gumičky na působící síle a sestrojte graf naměřené závislosti,
- změřte také sílu, při které gumička praskne,
- zatižte gumičku co nejvíce (ale tak, aby se nepřetrhla) a po sundání zátěže proveďte znovu měření a).

Teorie úlohy

Nejprve si řekněme něco o deformačních vlastnostech gumy a jí podobných materiálů. Řadí se mezi tzv. nelineárně elastické látky, což znamená, že jejich deformační prodloužení nejsou

Tabulka 1.

m [g]	prodloužení [mm]	
	nezatížená	zatížená
10	0	0
20	3,6	10,4
30	18,3	
40	36,1	48,3
50	62,6	
60	85,6	105,6
70	108,6	
80	130,6	158
90	165,7	
100	189,6	204,2
110	210,1	
120	217,3	240,1
130	229,2	
140	239,2	252,5
150	248,1	
160	255,4	266,8
170	262,3	
180	268,2	279,3
190	273,7	
200	279,5	288,2
210	277	
220	290	296,1
230	293,3	
240	298	304,3
250	301,9	309,1

úměrná tahovému napětí a že po deformaci zaujímají tvar a velikost, jakou měly před ní. To ovšem neznamená, že se několika násobnou deformací nezmění závislost deformace-tahová síla, jak jsme se mohli přesvědčit opakovaným měřením na jedné gumičce. Rozhodně nemůžeme očekávat lineární chování, které se objevuje především u kovů ve formě Hookova zákona, dalším rozdílem je například značná proměnnost průřezu gumičky, která při možném natažení až na sedminásobek původní délky příslušně zmenší průřez (neboť objem zůstává přibližně zachován).

Měření

Jeden z hlavních problémů se týkal upevnění gumičky tak, aby se později nepřetrhla ve spoji, neproklouzla držákem a podobně. Většinou jste realizovali fixaci do svorek, pevný uzlík, v úvahu snad připadalo i lepidlo. Gumičku můžeme jako kruhovou smyčku zaklesnout například za hřebík a vynášenou sílu pak dělit dvěma. Pokud bylo nutné gumičku rozpojit, pak nejvhodnějším místem je zřejmě svár, neboť má jiné vlastnosti než zbytek gumičky. Neškodilo též uvést její parametry (tvar průřezu, délka).

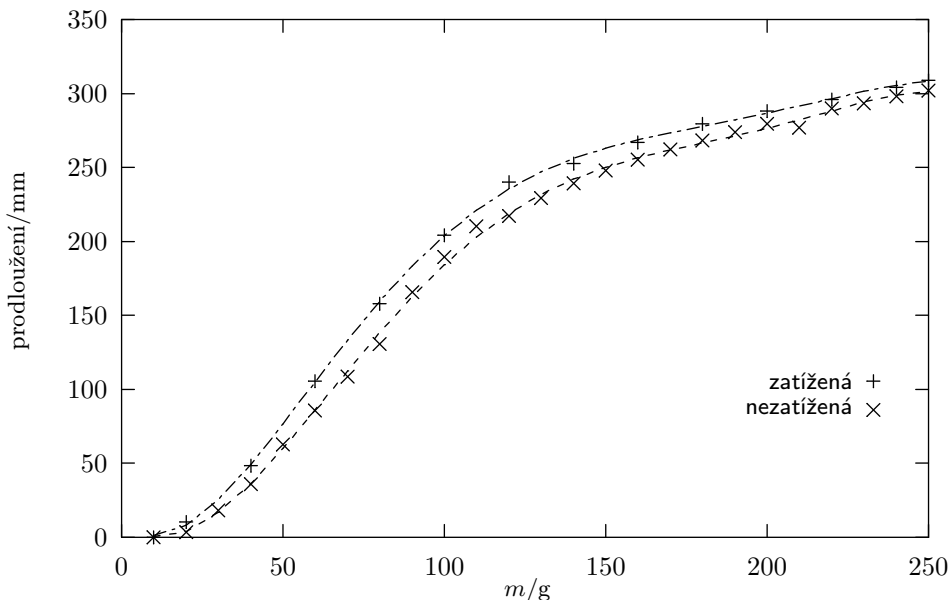
Objevily se dva základní způsoby uspořádání: Na svisle upevněnou gumičku přidáváme závaží nebo ji napínáme siloměrem (třeba i ve vodorovné poloze). Většina z vás si pro představu provedla zkušební měření, aby zjistila obor zatížení gumičky. Výhodnější než používání závaží se ukázalo zatížení regulovat plynule, například doléváním vody. Mnohem přesněji tak určíme i okamžik přetržení.

V každém případě je nutné měnit hmotnost opatrně, aby nedošlo k rozkmitání soustavy. V blízkosti kritického bodu by na gumičku působilo kromě tíhy i zrychlení síly pružnosti a gumička by se přetrhla dříve. Rozhodně nesmíme v průběhu měření gumičku na chvíli odtížit a pak pokračovat v měření závislosti. Mnohým pak vyšel na grafech docela hezký skok — parametry soustavy se změnily a přiblížily se druhé závislosti. K proměření charakteristiky již deformované gumičky neškodilo ji trochu „vytáhat“, mohli jsme se však spokojit i s působením předchozího měření.

Samotné prodloužení můžeme odečítat na paralelně umístěné stupnici sledováním značky na gumičce (tenký fix) nebo jazýčku umístěného na misce se závažím. Značka na gumičce má však tu nepříjemnou vlastnost, že se zvětšuje.

Výsledky

V našem měření jsme gumičku pevně přivázali tak, aby uzel nepřispíval k celkovému prodloužení, které jsme měřili na katetometru, což je v podstatě dalekohled s libelou upevněný na svislé stupnici, v jehož zorném poli byl záměrný kříž, kterým jsme sledovali značku na gumičce. Jeho teoretická přesnost byla 0,1 mm, ovšem vzhledem k otřesům okolí ji odhadujeme na 1 mm. Samozřejmě nemá smysl měřit protažení volné gumičky, neboť je zprohýbaná. Narovnali jsme si ji malým závažím a tento stav jsme brali jako výchozí. Můžeme uvažovat o zanedbání chyb v určení hmotnosti závaží vzhledem k odečítání na stupnici. Závaží jsme přidávali po 10 g na rozsahu 10–250 g. Problémem bylo mimo jiné určení klidové polohy při měření již deformované gumičky, které bylo ztíženo jejím dopružováním. Výsledky prezentujeme formou grafu závislosti relativního prodloužení na napínací síle. V blízkosti nuly můžeme přibližně hovořit o lineárním chování, dále křivka některým připomínala odmocninu. Deformace se zde mění v čase bez přiloženého napětí.



Obr. 1

Mezní tahové síly jsme změřili pro 3 stejné gumičky. Hrubou hodnotu jsme stanovili na 0,5 kg, přesněji pak 0,65 kg. Jednalo se však o gumičky již deformované, třetí nepoužitá vydržela až 0,9 kg! Poznámky ke grafické závislosti. Není vhodné spojovat body úsečkami (nezískáme tak žádnou další informaci), lepší je proložení křivky tak, aby body okolo ní byly rozmístěny rovnoměrně. Dobrý nápadem se též ukázalo změřit bod přetržení gumičky před a po deformaci, hodnota mezní síly se zmenší. Gumička se přetrhne v místě nějaké vady či v nejtenčím místě, kdyby byla kvalitní, přetrhla by se asi mnohem později. Někteří dokonce průběžně měřili průřez

a pak mohli prodloužení vynášet v závislosti na tahovém napětí. Děkujeme (mimo jiné) Martinu Macáškovi za zaslání gumičky, které jsme s radostí proměřili.

Závěr

Jak je vidět z vykresleného grafu, závislost deformace-tahová síla opravdu není lineární. Dále pozorujeme, že gumička už v minulosti deformovaná vykazuje menší tuhost než gumička deformovaná poprvé, lépe se natahuje.

Jiří Kvita & Michal Bittner