

# Hookův zákon

**Hookův zákon** elasticity byl pojmenován po svém objeviteli, anglickém fyzikovi Robertu Hookovi. Hooke formuloval tento zákon v r. 1676. <sup>[1]</sup>

## Hookův zákon elasticity

Hookův zákon elasticity se týká sil působících na těleso v tahu a tlaku, resp. v důsledku jejich působení. Pro hodnoty normálového napětí menší než  $\sigma_u$  (kde  $\sigma_u$  je mez úměrnosti) je normálové napětí přímo úměrné relativnímu prodloužení:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

kde:

- $\sigma$  [Pa] – normálové napětí
- $\varepsilon$  [nemá jednotku] – relativní prodloužení
- $E$  [Pa] – konstanta úměrnosti, nazvaná Youngův modul pružnosti (modul pružnosti v tahu)

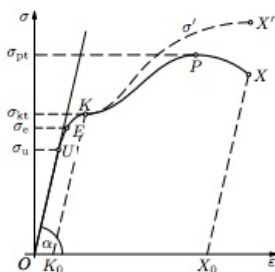
Pro hodnoty normálového napětí větší než  $\sigma_u$ , kde se začíná projevovat nelinearita (diagram se odchyluje od přímky, znázorňující přímou úměrnost), Hookův zákon přestává platit. <sup>[2]</sup>



### Tip: K čemu je Hookův zákon?

Pro jednotlivé materiály se (zpravidla na tzv. trhačím stroji – jakási obdoba „natahování na skřípec“) zjišťuje graf závislosti velikosti zatěžující síly na prodloužení, resp. (po přepočtu) závislosti napětí  $\sigma$  na relativním prodloužení  $\varepsilon$ . Tento graf se jmenuje **pracovní diagram**.

Níže pro ilustraci uvedený pracovní diagram odpovídá materiálům, jakými je například ocel:



Můžeme zde vidět již popisovaný lineární vztah, který platí až do dosažení meze úměrnosti  $U$ . Velikost směrnice naznačené přímky, procházející počátkem  $O$ , odpovídá právě velikosti Youngova modulu pružnosti. Na grafu jsou dále naznačeny další body, které v souvislosti s vlastnostmi materiálu popisujeme:

- $U$  = mez linearit  $\sigma_u$  (při vyšším napětí již přestává platit Hookův zákon, závislost napětí na prodloužení již není přímková)
- $E$  = mez pružnosti (elasticity)  $\sigma_e$  (při vyšším napětí již dochází k plastické, tj. nevratné deformaci)
- $K$  = mez kluzu  $\sigma_{kt}$  (materiál se prodlužuje, jakoby „teče“, i když se napětí nezvětšuje)
- $P$  = mez pevnosti  $\sigma_{pt}$  (maximální napětí, které materiál snese)
- $X$  = bod, kdy dochází k definitivnímu přetržení (ztrátě integrity) zkoumaného materiálu <sup>[3]</sup>

U jiných materiálů, jakými jsou například *materiály biologické*, se tvar pracovního diagramu, co do průběhu a příslušných hodnot, dost výrazně liší a lineární Hookův zákon zde může platit jen v dosti omezeném rozsahu, pokud vůbec.

Souhrnně můžeme říci, že oblast namáhání materiálu, kde platí Hookův zákon, je oblastí, splňující obě podmínky:

1. jedná se o *elastické*, tj. vratné (nikoli trvalé) deformace, tj.  $\sigma < \sigma_e$
2. vzájemná závislost prodloužení a působícího napětí je *lineární*, tj.  $\sigma < \sigma_u$

## Youngův modul pružnosti

Youngův modul pružnosti (modul pružnosti v tahu) je materiálová konstanta (pro určitý způsob namáhání), kterou můžeme nalézt v matematicko-fyzikálních tabulkách. Je specifická pro jednotlivé materiály. Vyjadřuje poměr mezi napětím a jím vyvolanou deformací. Udává se obvykle ve stejných jednotkách jako tlak.

## Jiné druhy zápisu

Můžeme se setkat také s **alternativními způsoby zápisu** Hookova zákona, např.  $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\sigma}{E} = \frac{1}{E} \frac{F}{S}$ ,

Vzorec říká, že relativní prodloužení materiálu  $\epsilon$ , vyjádřitelné též jako podíl prodloužení  $\Delta l$  a původní délky  $l_0$  je možné vypočítat jako podíl normálového napětí  $\sigma$  a Youngova modulu pružnosti  $E$ .

Poslední formu získáme po dosazení podílu  $F/S$  za normálové napětí  $\sigma$ .  $F$  znamená působící sílu a  $S$  je průřez zkoumaného materiálu. <sup>[4]</sup>

## Jiné druhy namáhání

Co bylo výše řečeno o namáhání na tah, platí obdobně při namáhání na tlak i pro jiné druhy namáhání (např. na krut - vinuté pružiny). Průběh pracovního diagramu se však i u téhož materiálu pro různé jiné druhy namáhání může lišit, a to někdy i dost výrazně, a tím pádem se může lišit i velikost modulu pružnosti a dalších materiálových charakteristik. Obecně se ale dá říci, že i u ostatních druhů namáhání zpravidla existuje určitá oblast namáhání materiálu, ve které dochází k elastickým deformacím a příslušná oblast diagramu je lineární; tato část nám potom tím pádem vyznačuje oblast působení Hookova zákona.

## Literatura

1. BIOGRAPHY.COM EDITORS,. *Robert Hooke Biography.com* [online]. [cit. 2017-04-22]. <<https://www.biography.com/people/robert-hooke-9343172>>.
2. BENEŠ, Jiří a Jaroslava KYMPLOVÁ. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory : pro studium i praxi*. 1. vydání. Praha : Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4712-5.
3. VYBÍRAL, Bohumil. *Mechanika pružného tělesa : Studijní text pro řešitele FO a ostatní zájemce o fyziku* [online]. [cit. 2017-04-22]. <<http://fyzikalniolympiada.cz/texty/pruznost.pdf>>.
4. BARTUŠKA, Karel a Emanuel SVOBODA. *Fyzika pro gymnázia. Molekulová fyzika a termika*. 5. vydání. Praha : Prometheus, 2009. ISBN 978-80-7196-383-7.

## Externí odkazy

- Hookův zákon na Wikipedii ([https://cs.wikipedia.org/wiki/Hook%C5%AFv\\_z%C3%A1kon](https://cs.wikipedia.org/wiki/Hook%C5%AFv_z%C3%A1kon))