



Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

6.

Mechanikai tulajdonságok 1.

Kiemelt témák:

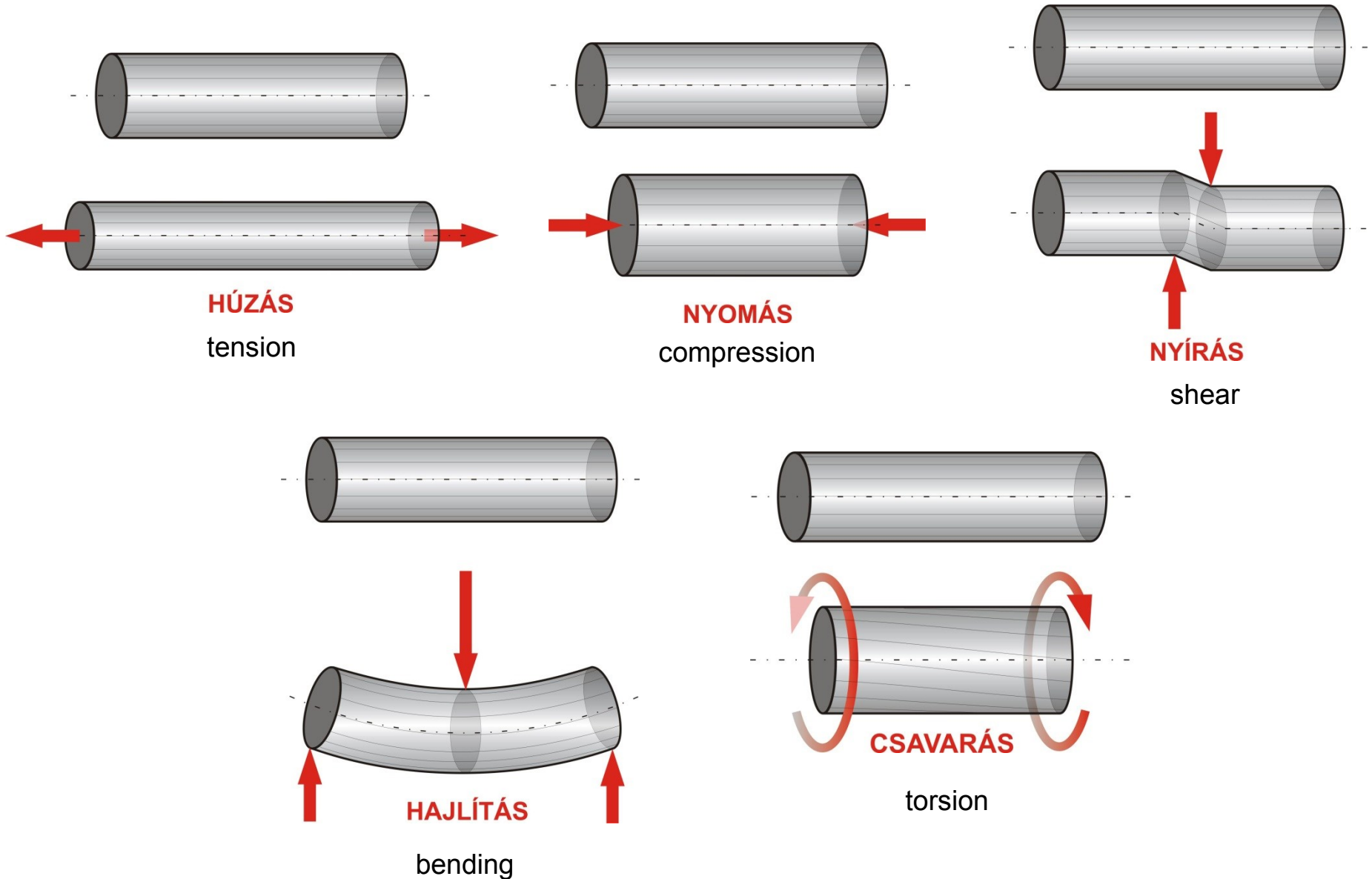
- ❖ Rugalmas alakváltozás
- ❖ Merevség és összefüggése a kötési energiával
- ❖ A geometriai tényezők szerepe egy test merevségében

**Tankönyv
fejezetei:
14-15.**

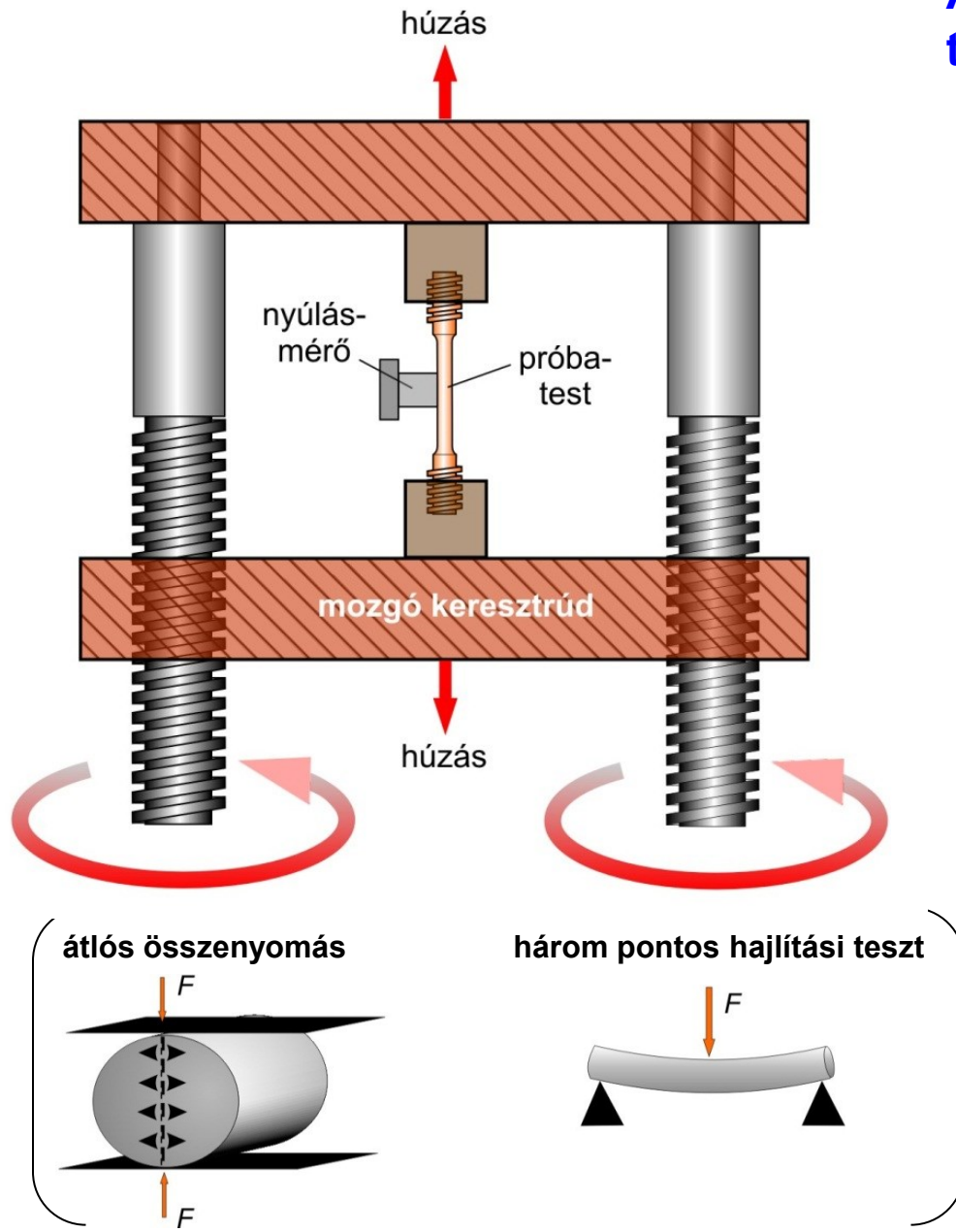
HF:
4. fej.:
**1, 2, 4-6, 9, 11,
14, 16, 17, 24**

Deformációtípusok

erőhatás → alakváltozás (deformáció)



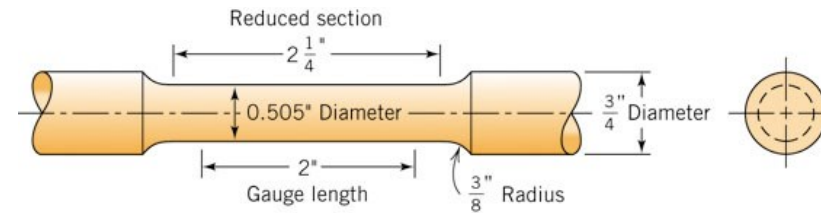
Tesztelés



A mérésből nyert mechanikai tulajdonságok értékét befolyásolja:

- Az igénybevétel típusa (nyújtás, ...)
- A minta geometriája

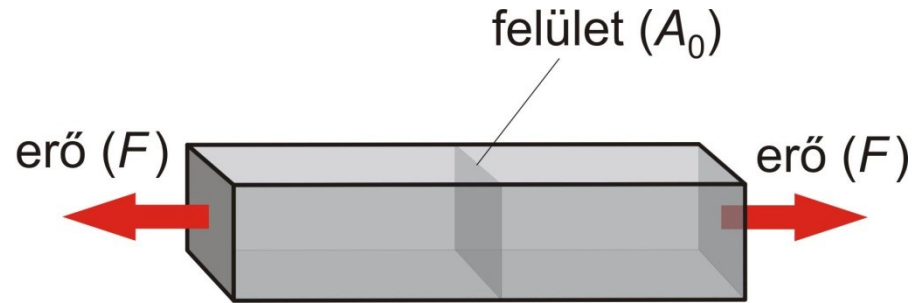
sztenderd



- A terhelés időbeli lefutása
 - statikus
 - dinamikus
 - tartós (egyenletes, változó)
- hőmérséklet

Húzás

Terhelés jellemzése:



(húzó-)feszültség (σ): $\sigma = \frac{F}{A_0}$ $[\sigma] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$

mérnöki rendszer!

Alakváltozás jellemzése:

relatív hosszváltozás
(nyúlás) (ε):

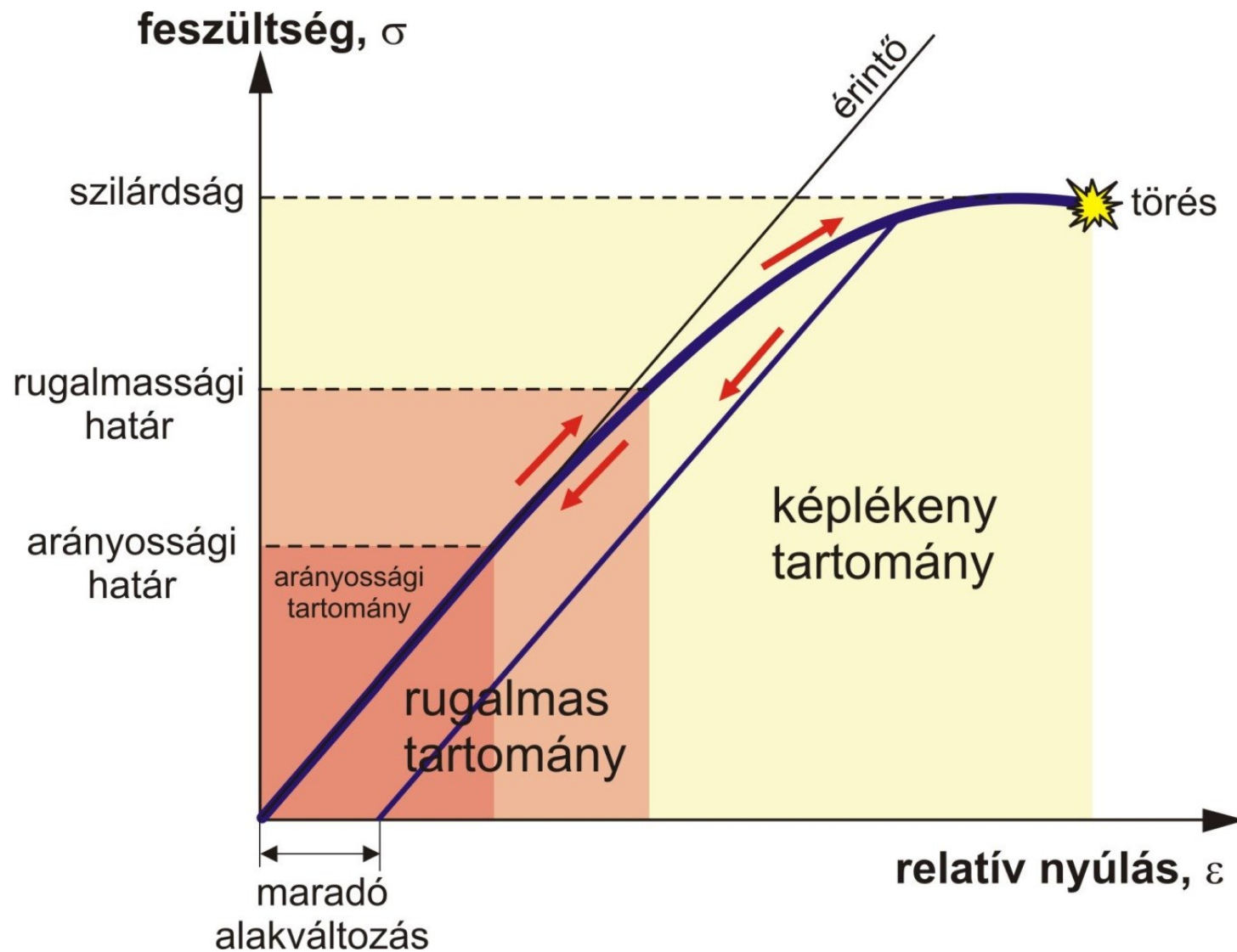
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad [\varepsilon] = 1$$

mérnöki rendszer!

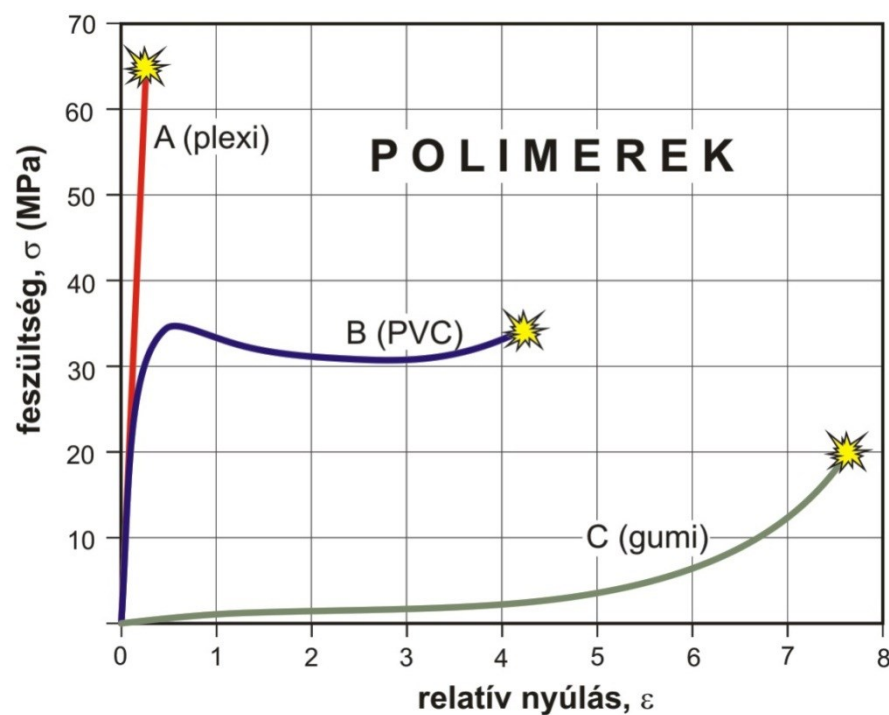
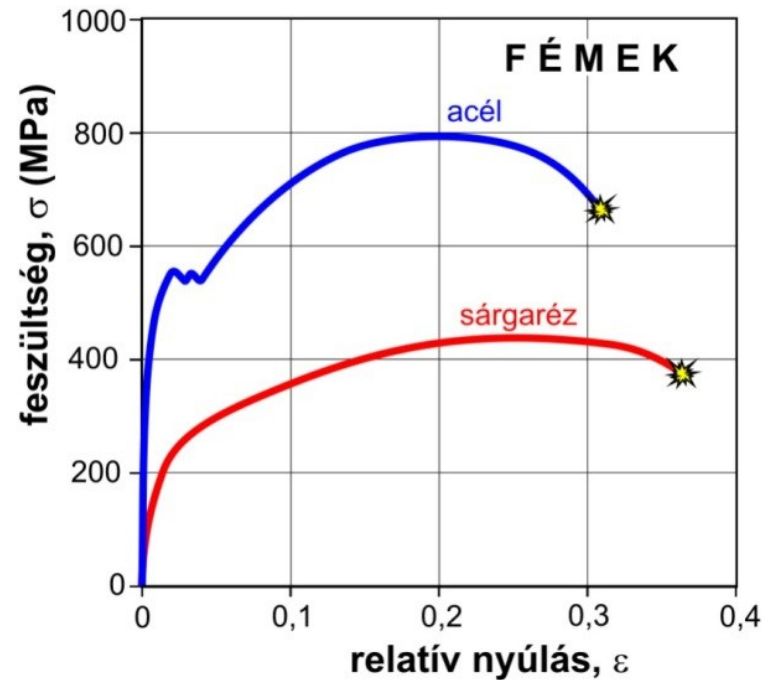
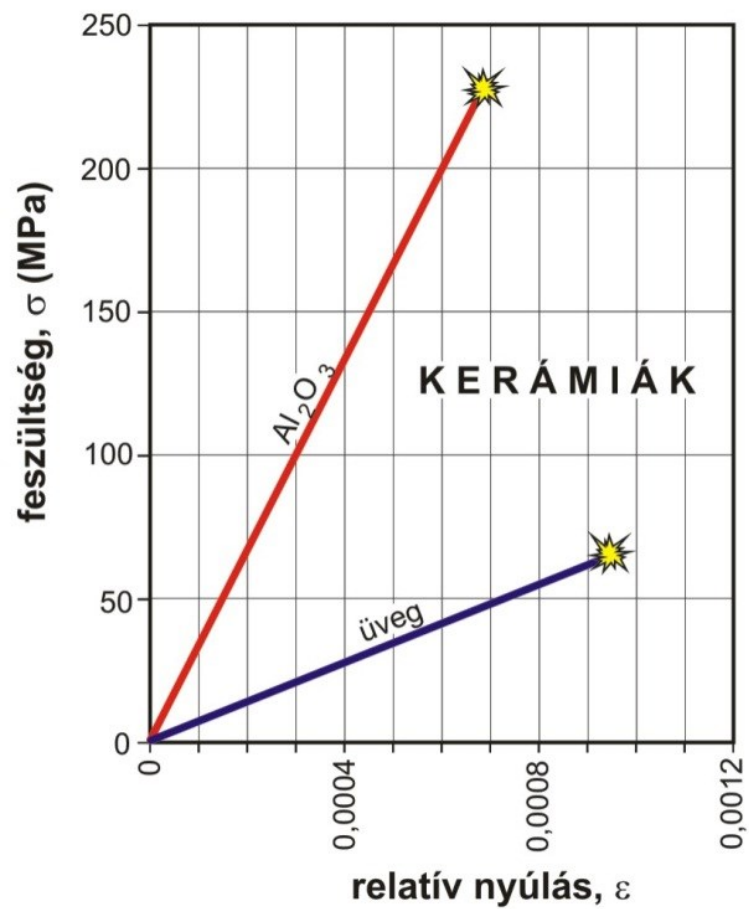
⇒ belső feszültségek

Összenyomásnál: irányok fordítottak, nyomófeszültség negatív, relatív hosszváltozás (rövidülés) negatív.

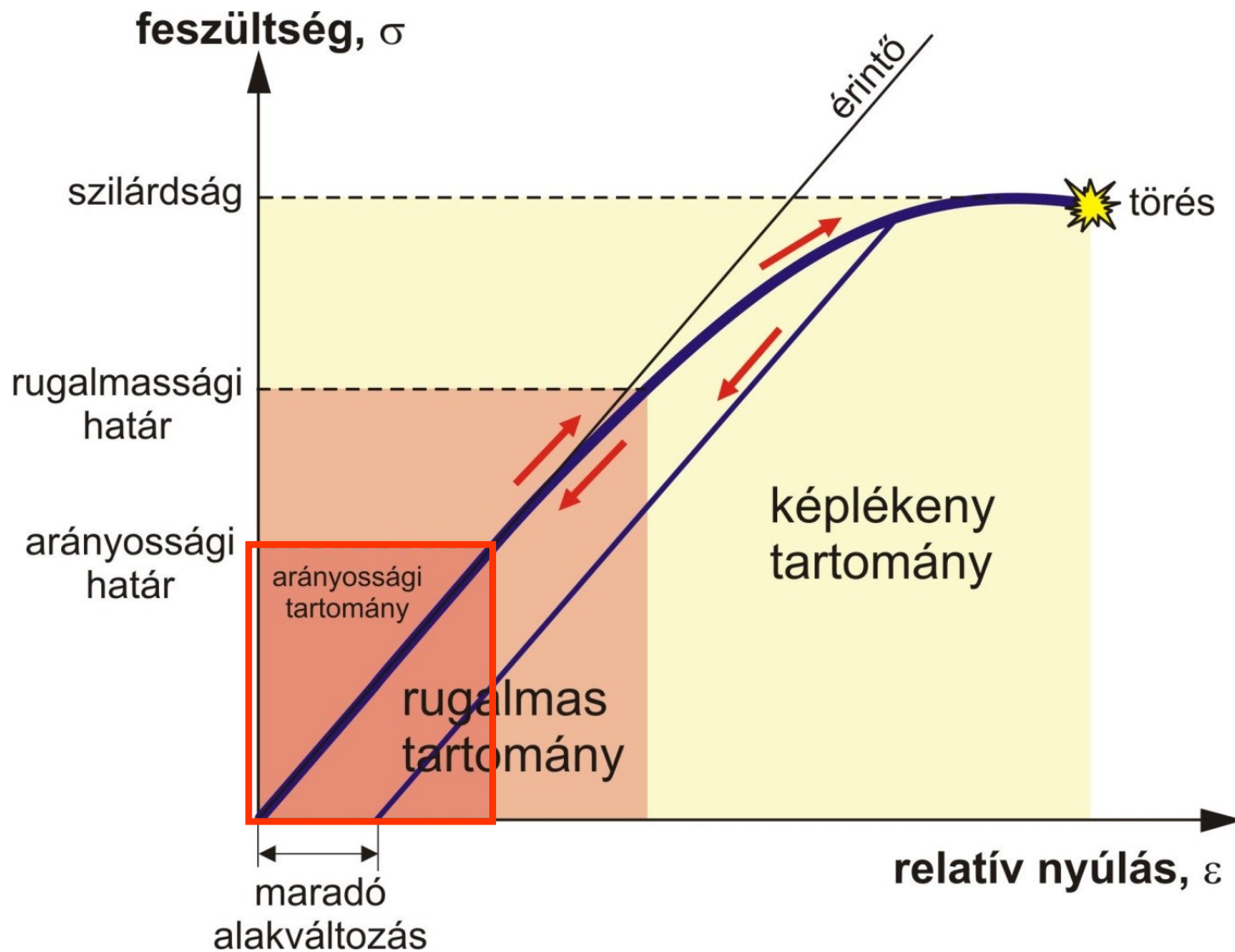
Terhelési diagram



Példák:



Terhelési diagram



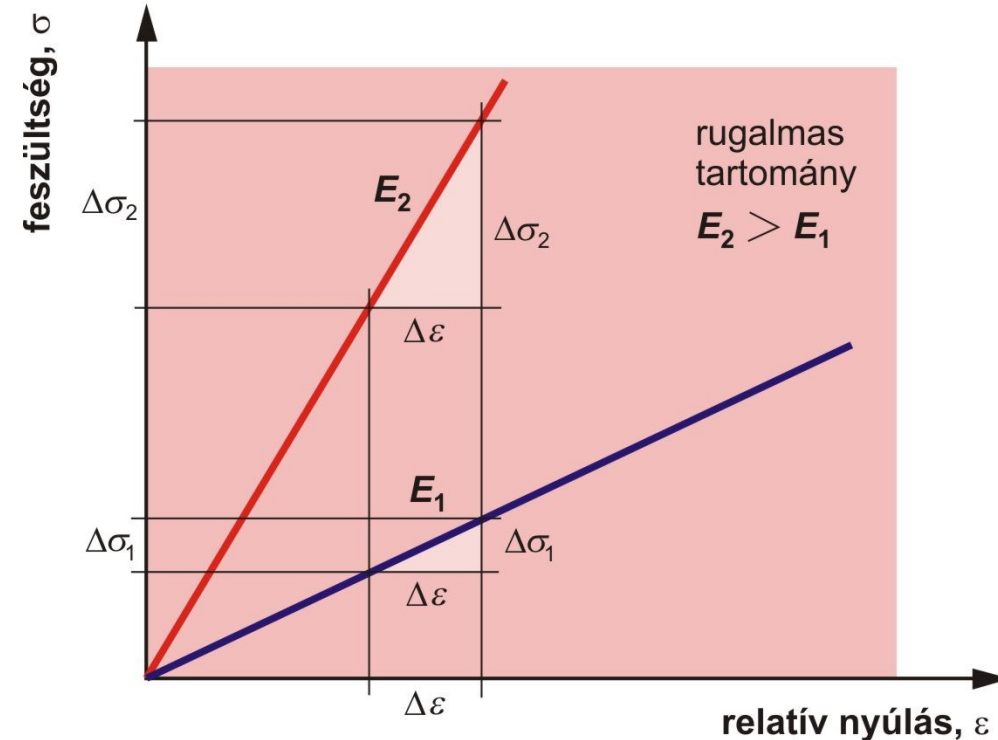
Rugalmas viselkedés (arányossági határig)

Húzás/összenyomás

Hooke-törvény: $\sigma = E \cdot \varepsilon$ E — rugalmassági (Young-) modulus $[E] = \text{Pa}$

RUGALMASSÁGI MODULUS

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$



E — nyújtással, vagy összenyomással szemben mutatott „ellenállás”, **merevség**

$1/E$ — megnyúlásra vagy rövidülésre való „készség”, **engedékenység**

merev B mn 1. Nem rugalmas, nem hajlékony <anyag, test>. | Rugalmasságát, hajlékonyságát vesztett <test(rész)>.

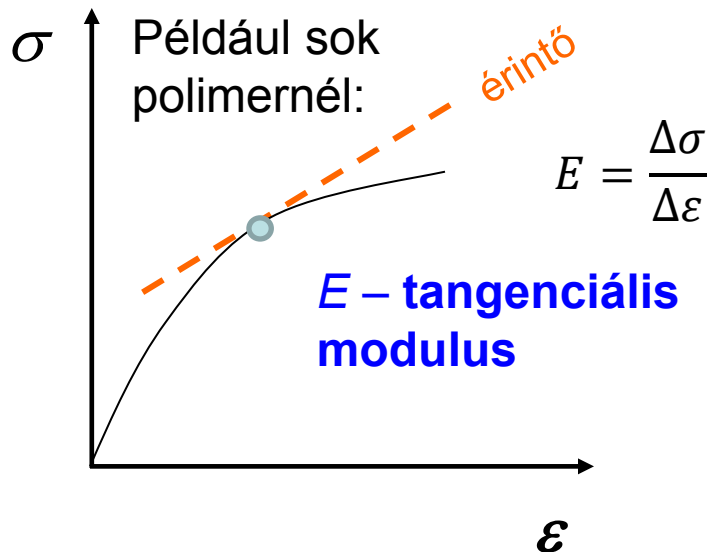
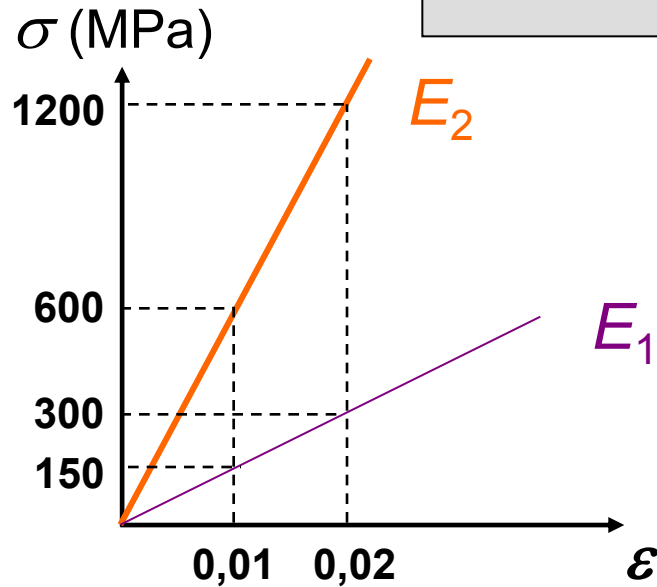
$E \text{ (Pa)}$

engedékeny

Young modulus/merevség

merev

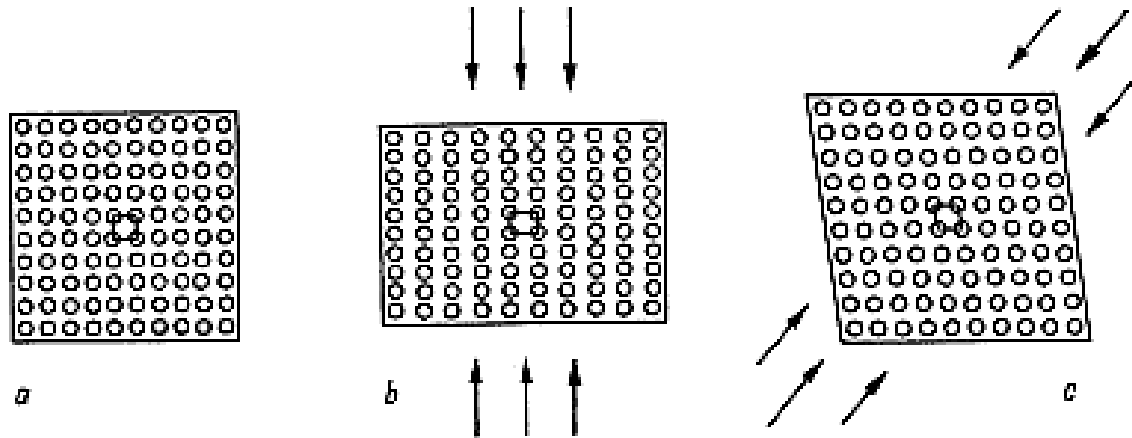
Például:



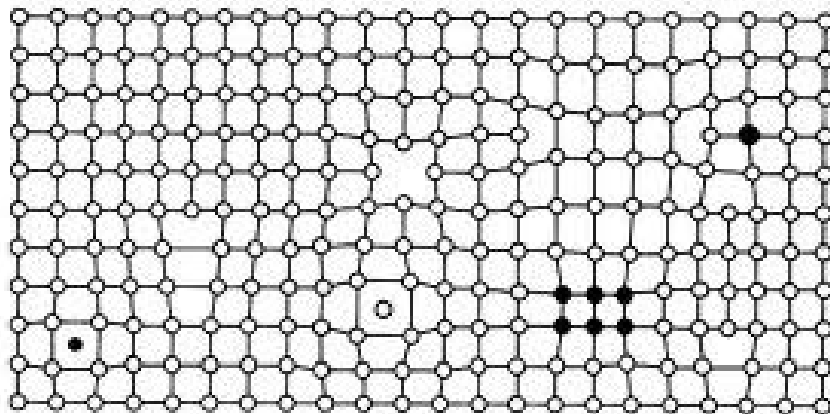
Néhány fogászati anyag merevsége:

| anyag | E (GPa) |
|-------------------------------|------------------|
| fogzománc | ≈ 100 |
| dentin | ≈ 15 |
| acél | 200-230 |
| amalgám | 50-60 |
| arany | 79 |
| arany ötvözetek | 75-110 |
| Pd-Ag ötvözetek | 100-120 |
| Co-Cr ötvözetek | 120-220 |
| Ni-Cr ötvözetek | 140-190 |
| üveg | 60-90 |
| kerámiák | 60-400 |
| porcelán | 60-110 |
| PMMA (polimetilmetakrilát) | 2,4-3,8 |
| szilikon | $\approx 0,0003$ |

Rugalmas alakváltozás atomi szinten



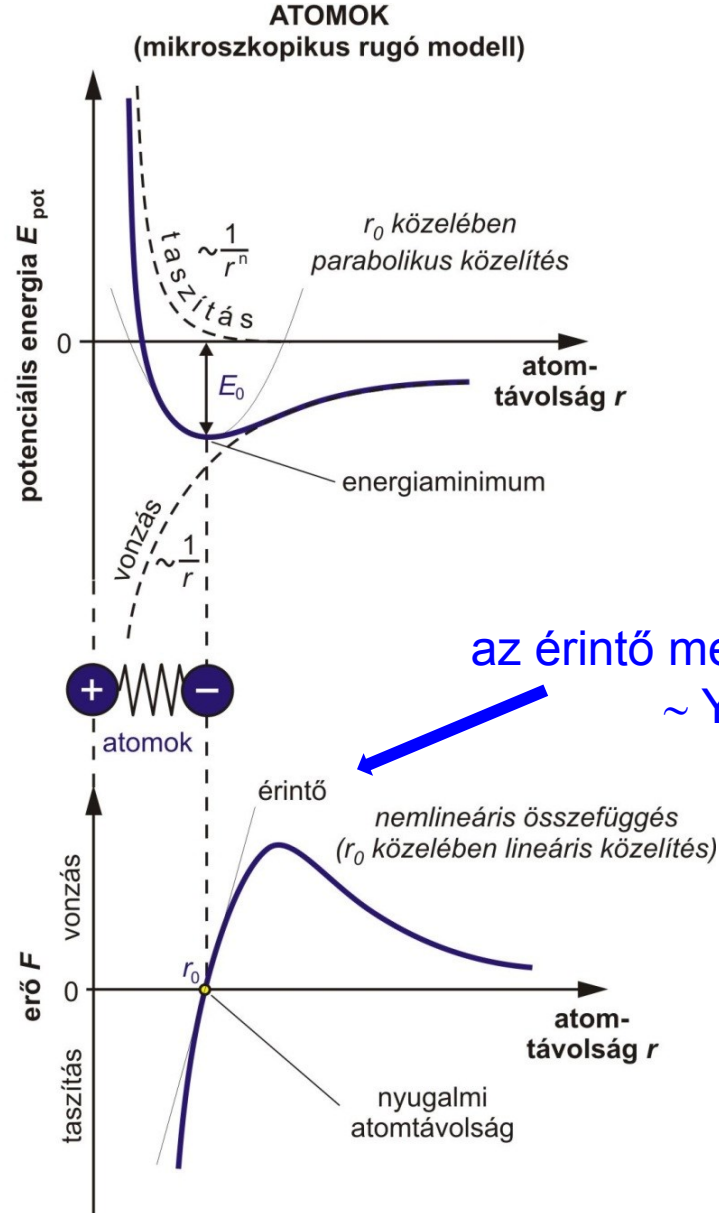
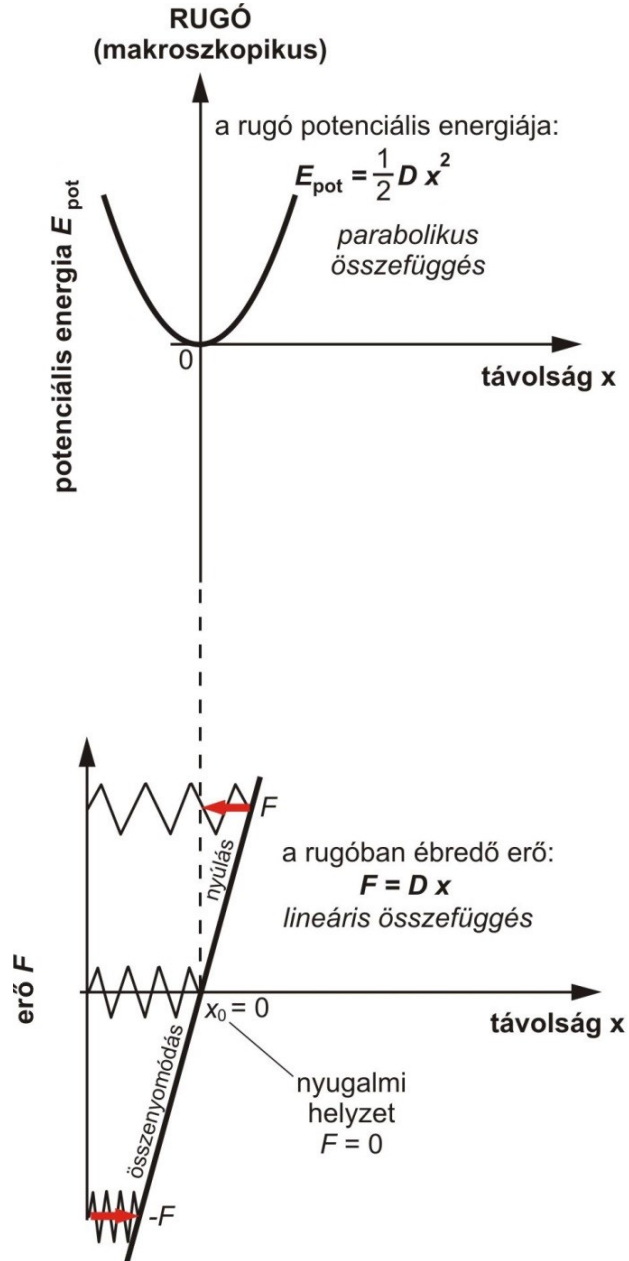
Kristályhibák, szemcseméret szerepe?



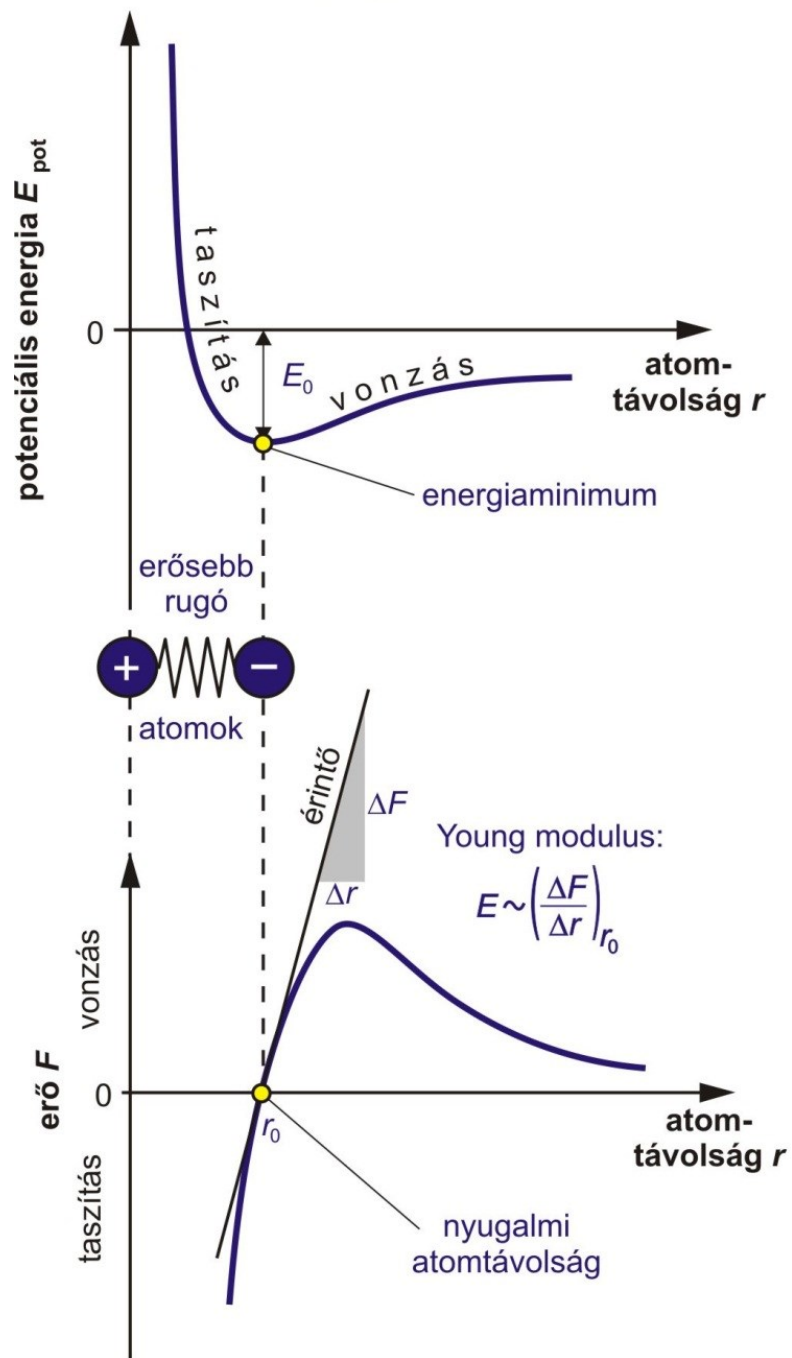
A Young-modulus (E) és a Poisson szám (μ) (l. később) kevésbé érzékenyek a hibákra.



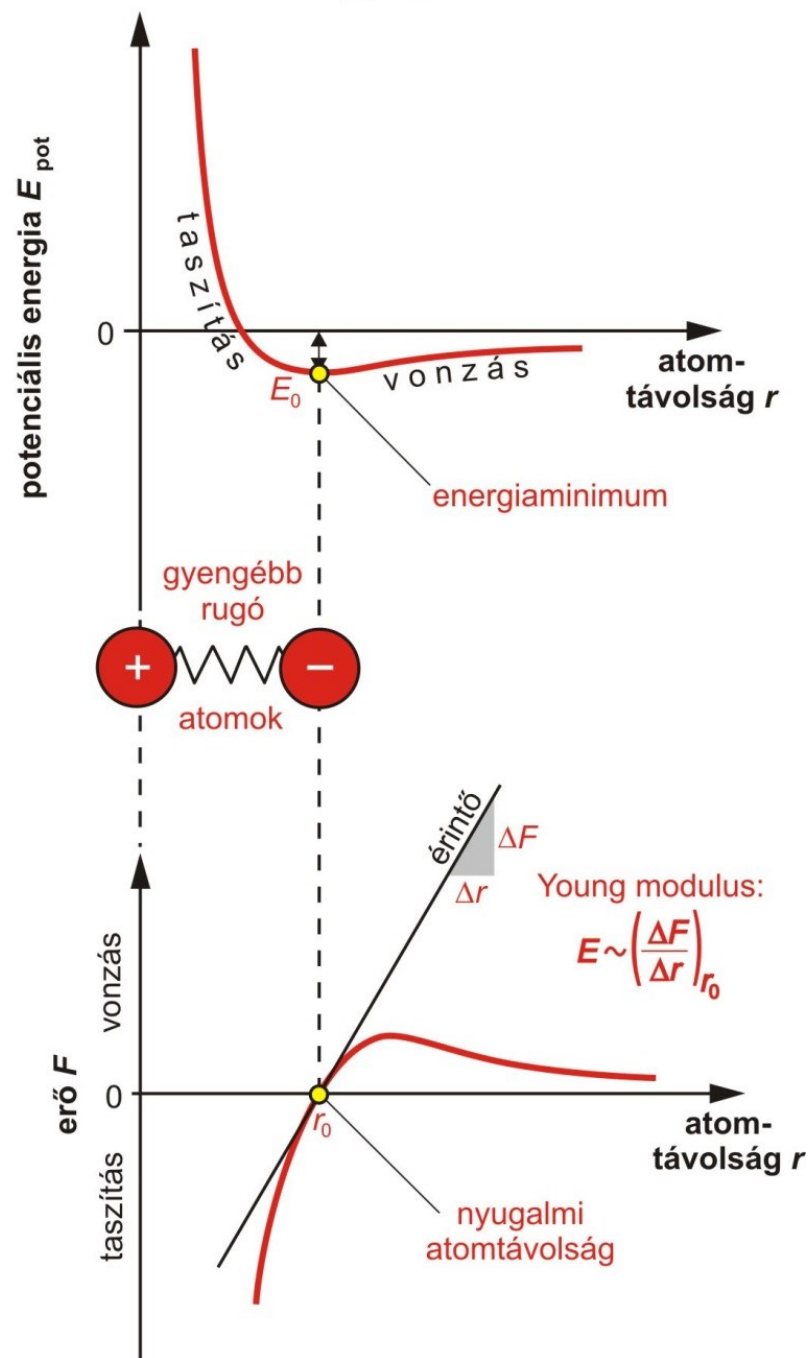
A Young-modulus atomi értelmezése



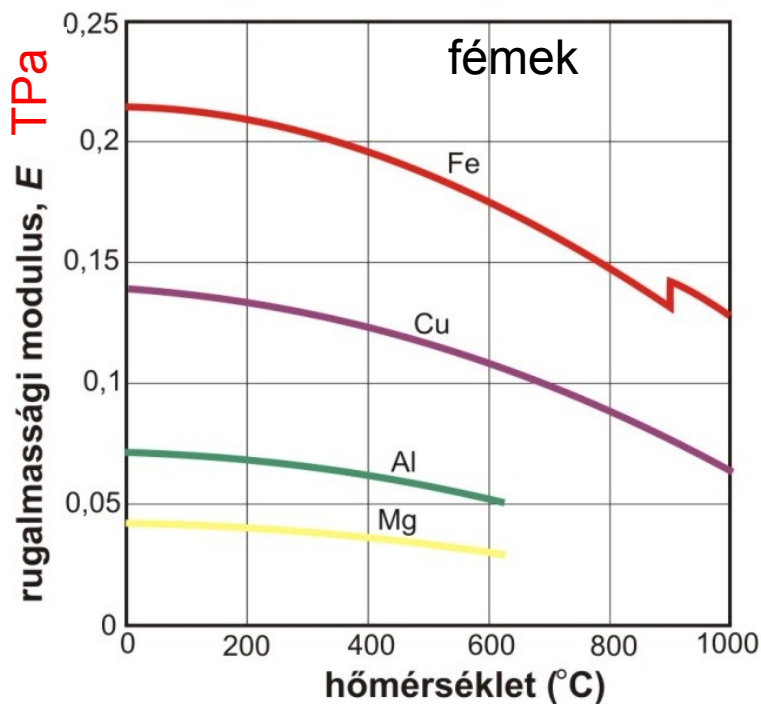
erősebb kötés



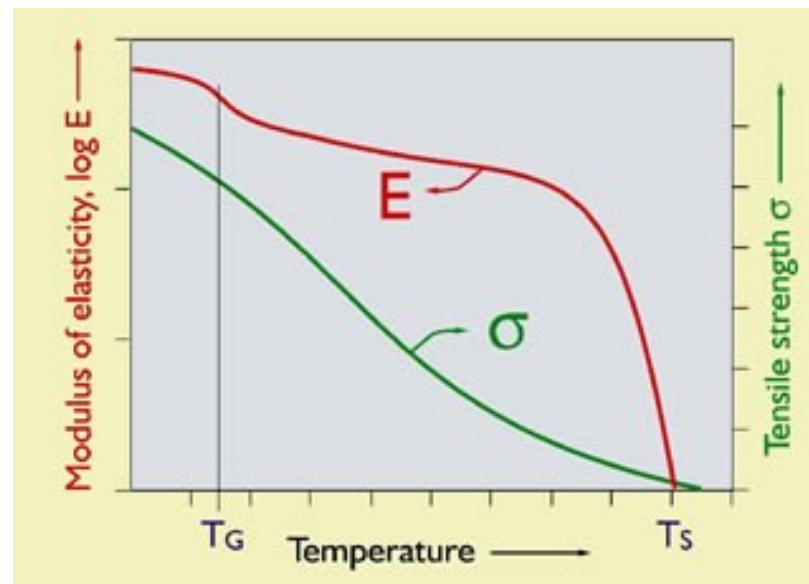
gyengébb kötés



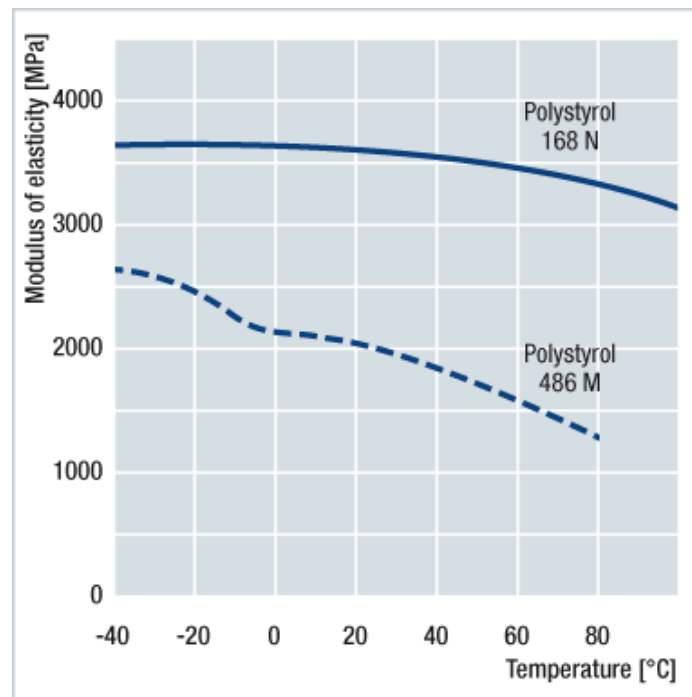
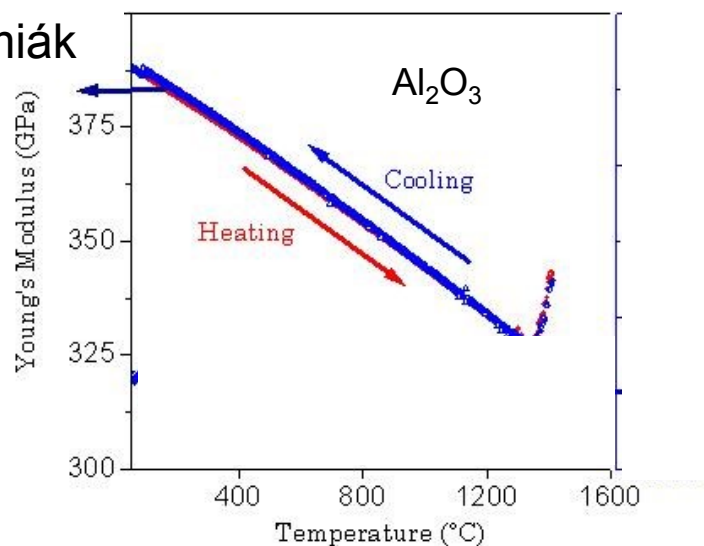
Hőmérséklet hatása:



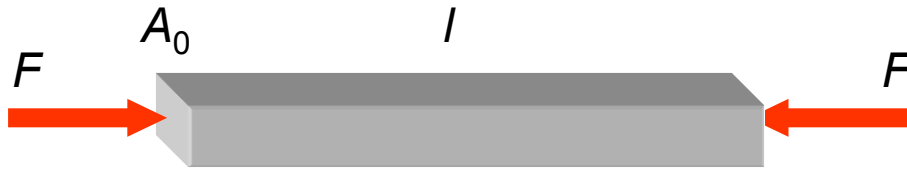
szemikristályos polimerek



kerámiák



Test merevsége (húzással/összenyomással szemben)



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

anyagi jellemző! **anyag merevsége**

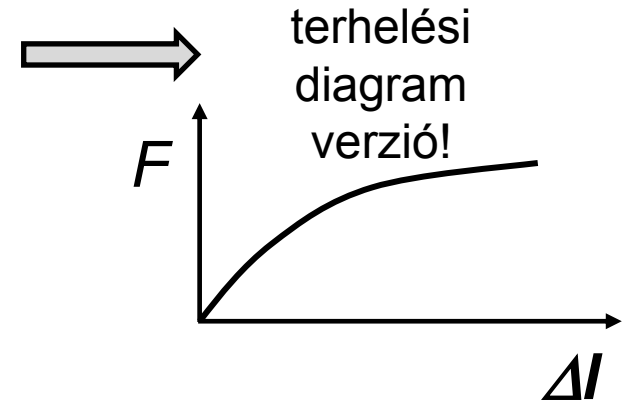
$$F = E \cdot \frac{A_0}{l_0} \Delta l = D \Delta l$$

a testre jellemző (anyagi +
geometriai tényezők)!
test merevsége
(húzásnál/összenyomásnál)
rugómerevség

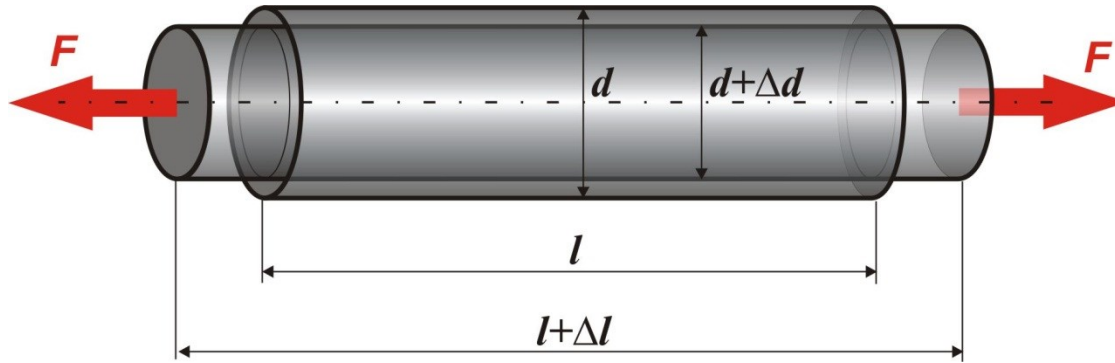


Anyag merevsége: egységnyi relatív hosszváltozáshoz szükséges feszültség.

Test merevsége: egységnyi (abszolút) hosszváltozáshoz szükséges erő.



Harántirányú méretváltozás:

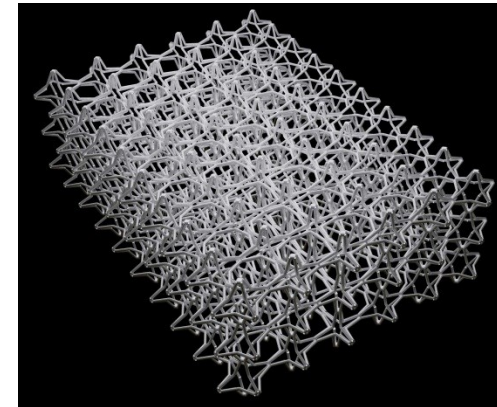


$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l} \quad \mu \text{ — Poisson-szám } [\mu] = 1$$

Pl.

| anyag | μ |
|-----------|-----------|
| fogzománc | 0,33 |
| dentin | 0,31 |
| amalgám | 0,31 |
| PDL | 0,45 |
| polimerek | 0,40–0,50 |

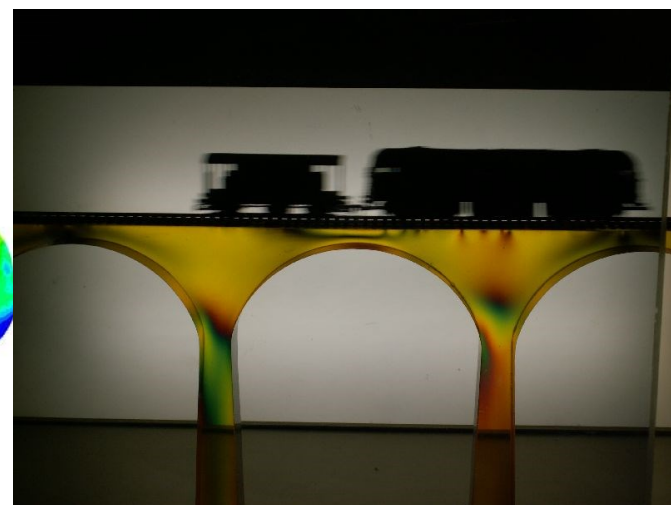
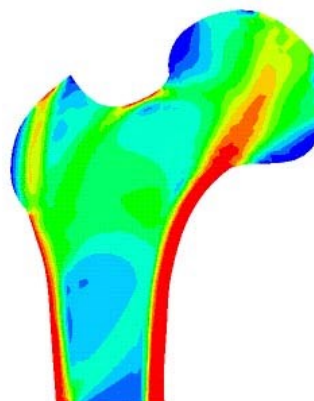
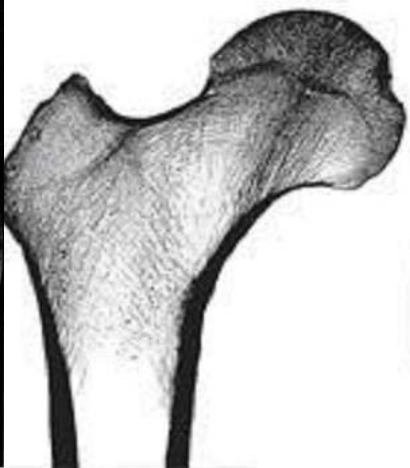
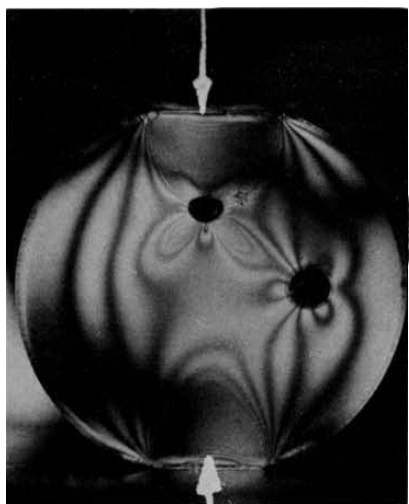
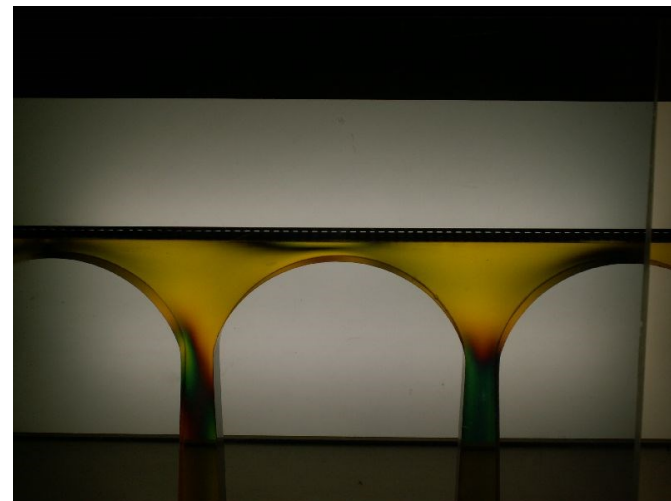
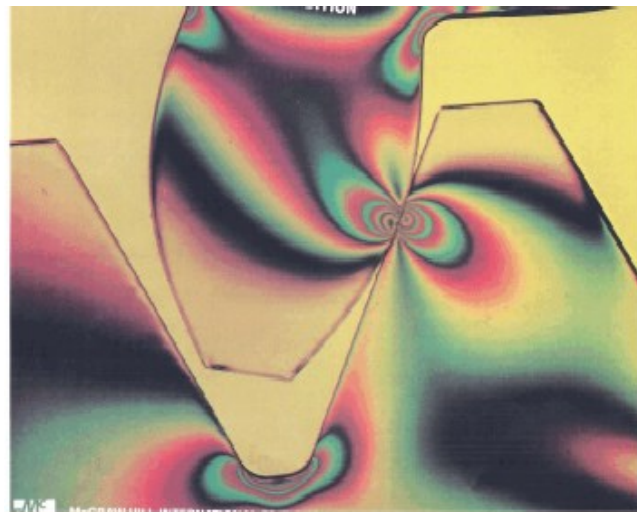
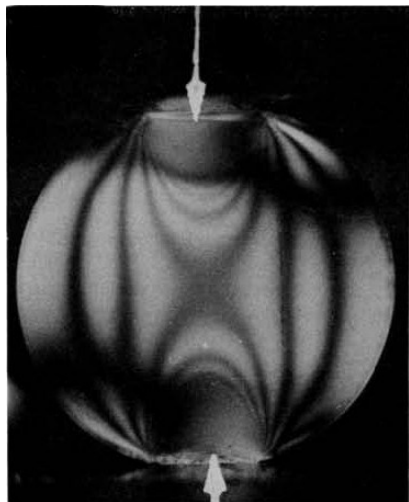
Auxetikus anyagok
(negatív Poisson-szám):



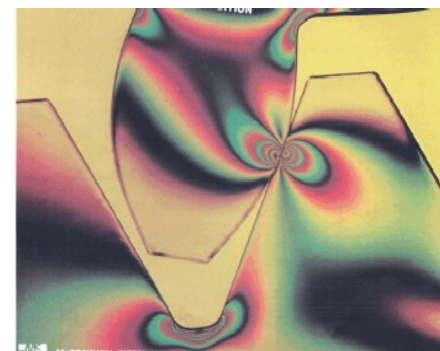
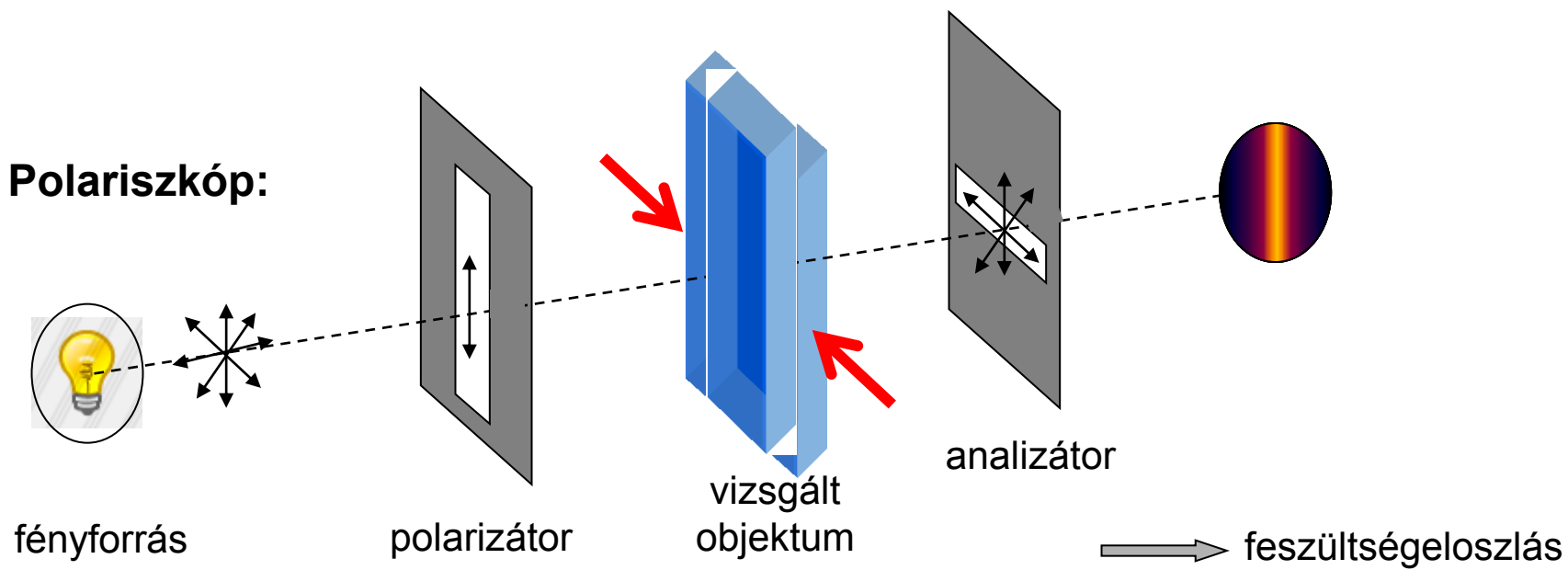
Homogén, izotróp anyag rugalmas viselkedését egyértelműen meghatározza E és μ .

Feszültség eloszlás vizsgálata

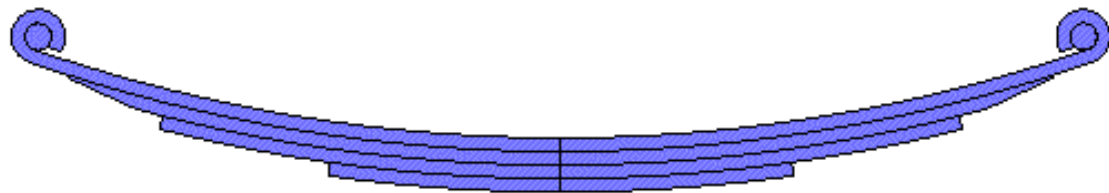
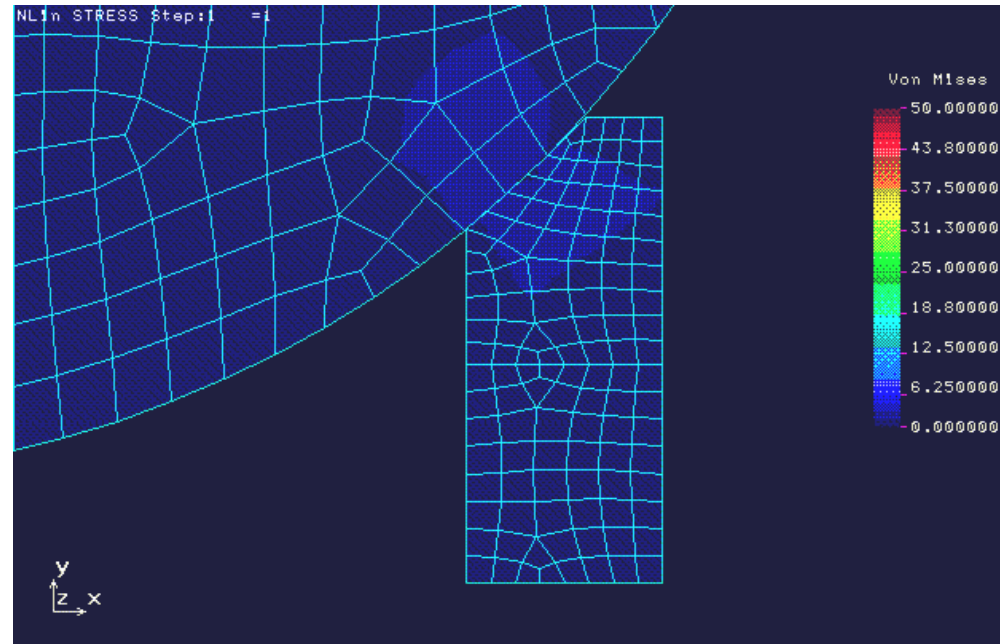
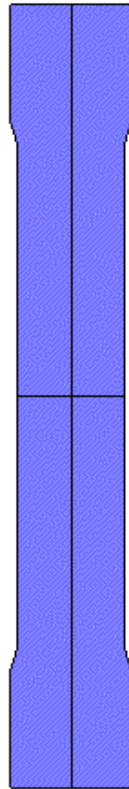
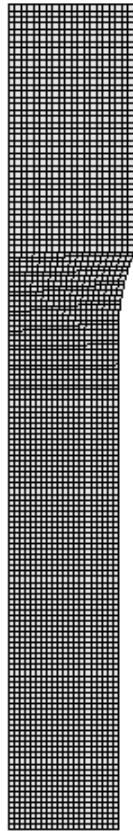
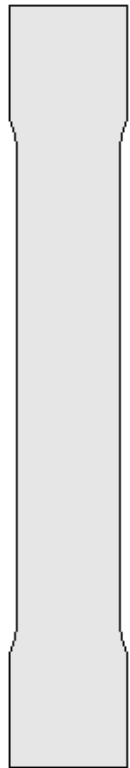
- kísérleti: feszültségoptikai mérések



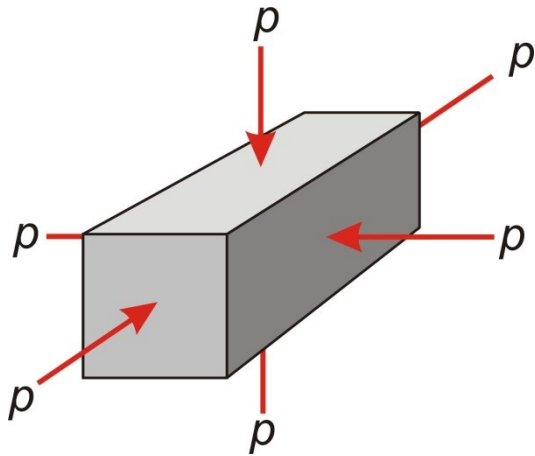
Polariszkóp:



- **elméleti:** véges elem analízis



Izotróp összenyomás



$$p = \frac{E}{3(1-2\mu)} \frac{\Delta V}{V}$$

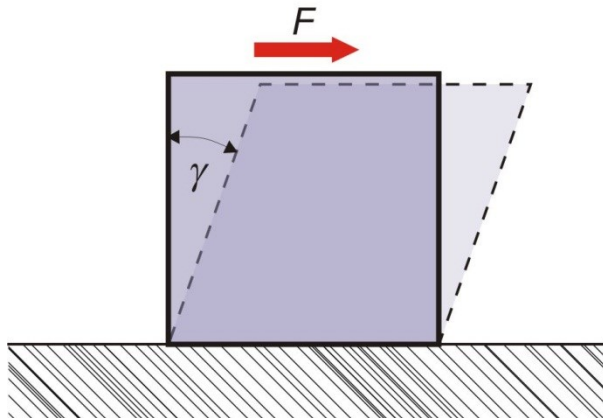
K : térfogati rugalmassági
(kompressziós) modulus (Pa)

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{3(1-2\mu)}{E} p$$

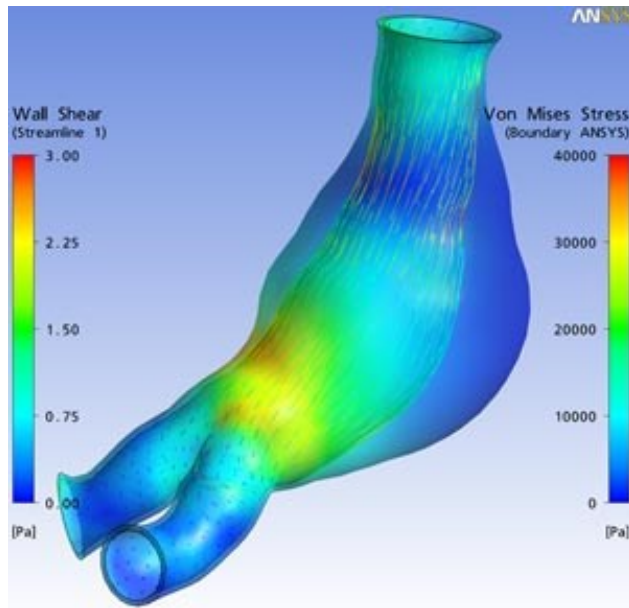
κ : kompresszibilitás (1/Pa)

| anyag | κ (1/GPa) |
|-----------|------------------|
| levegő | 7650 |
| víz | 0,45 |
| aluminium | 0,009 |

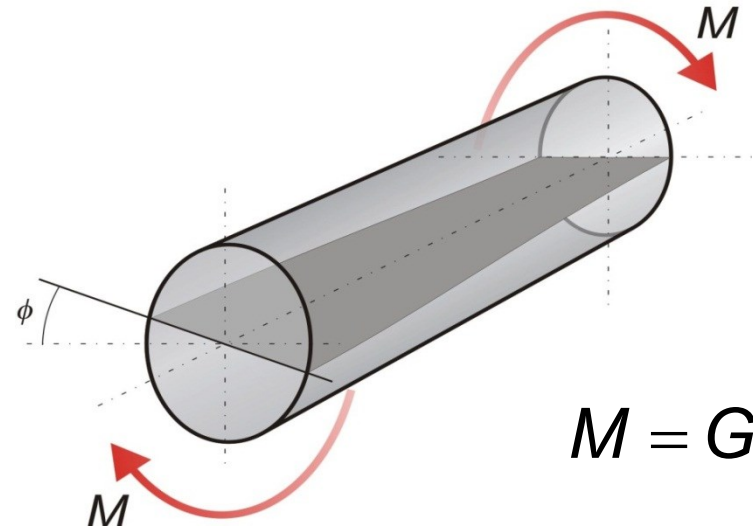
NYÍRÁS



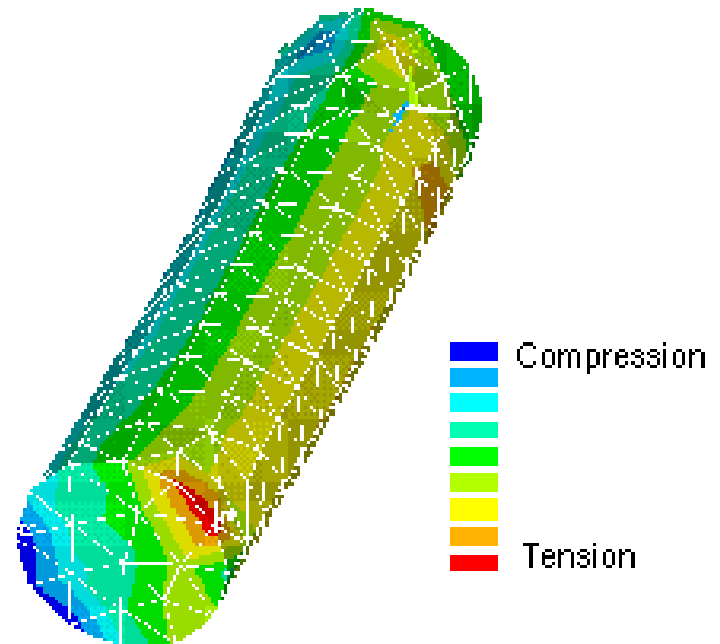
$$\sigma = G\gamma$$



CSAVARÁS



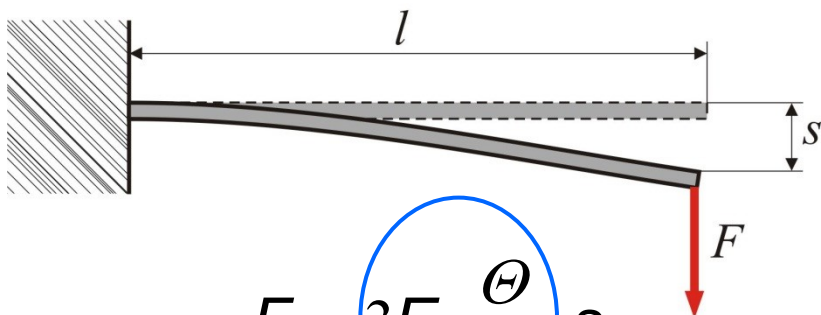
$$M = G \frac{r^4 \pi}{2I} \phi$$



Hajlítás

„hajlítás =
nyújtás + összenyomás”

LEHAJLÁS

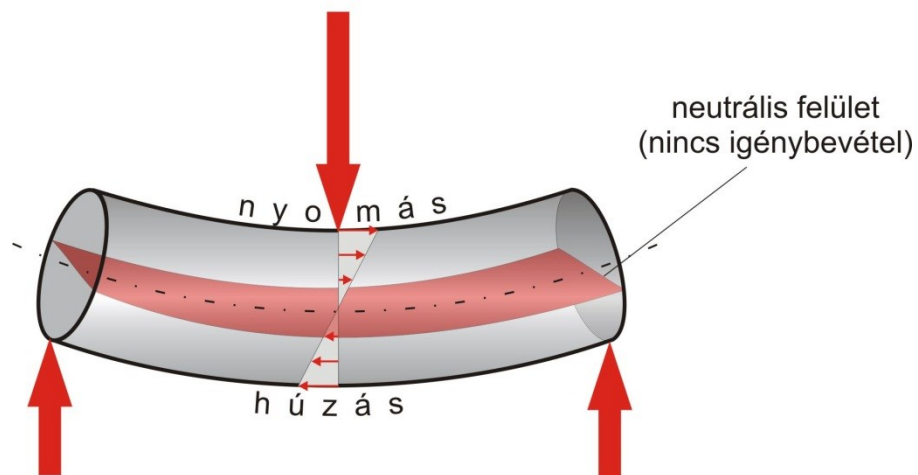


$$F = 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s$$

test merevsége
(hajlításnál)

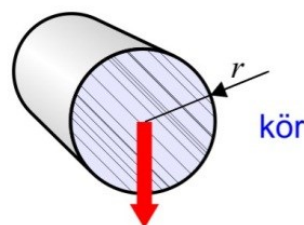
Θ = másodrendű nyomaték (felületi
tehetetlenségi nyomaték)

HAJLÍTÁS



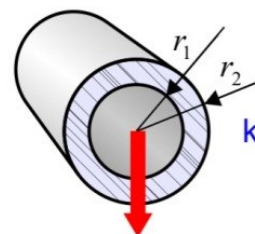
KERESZT-
METSZETEK

MÁSODRENDŰ
NYOMATÉKOK



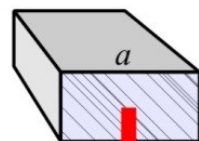
kör

$$\Theta = \frac{\pi}{4} \cdot r^4$$



körgyűrű

$$\Theta = \frac{\pi}{4} \cdot (r_2^4 - r_1^4)$$

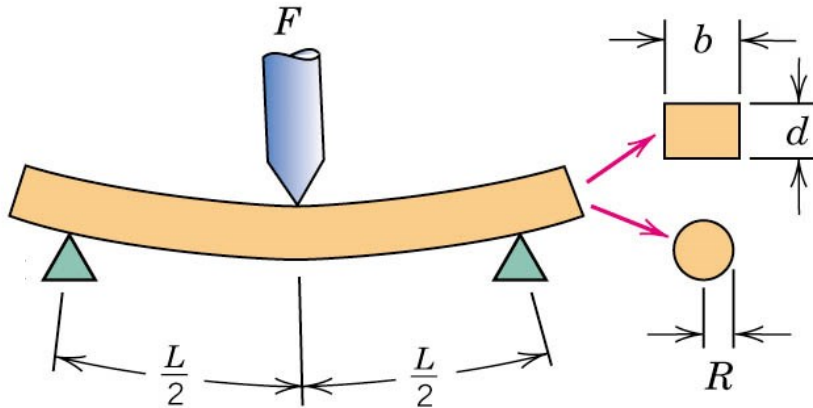


téglalap

$$\Theta = \frac{1}{12} ab^3$$

Hárompontos hajlítási teszt

keresztmetszet



$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

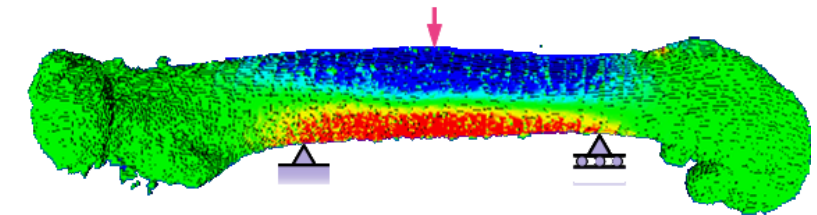
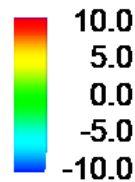
M = maximális hajlító momentum



c = szélső réteg távolsága a középvonaltól

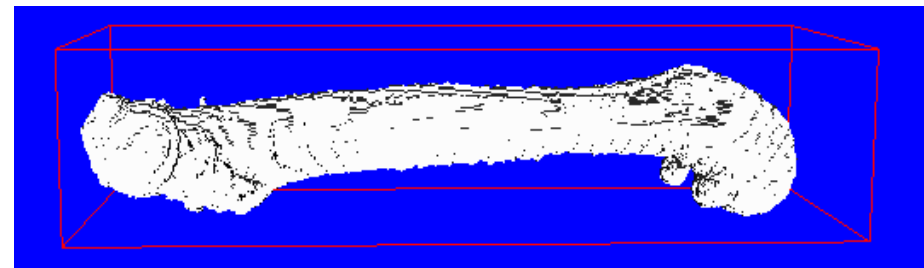
I = felületi tehetetlenségi nyomaték

F = terhelő erő

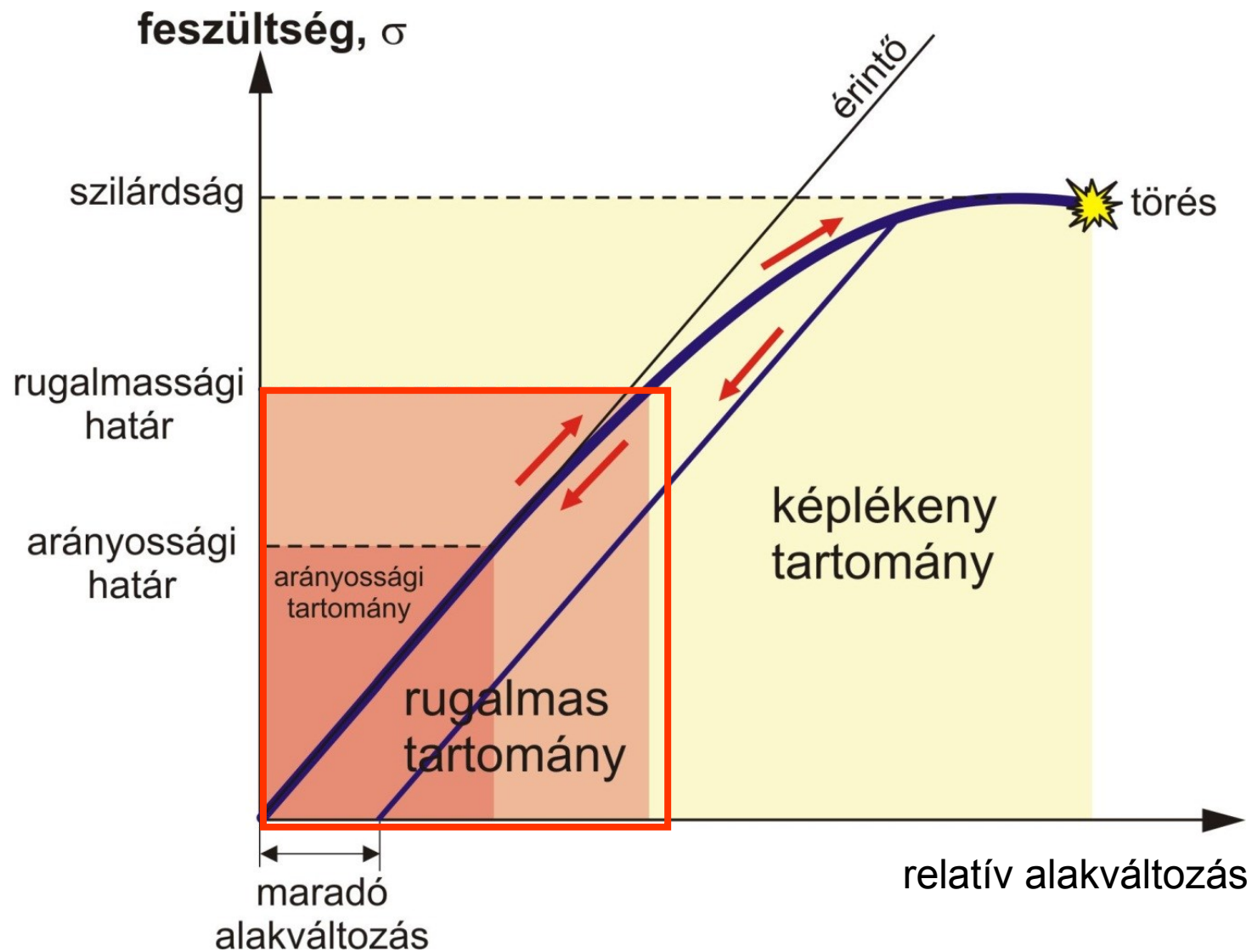
Stress ZZ



| | $\frac{M}{FL}$ | $\frac{c}{d}$ | $\frac{I}{bd^3}$ | $\frac{\sigma}{\frac{3FL}{2bd^2}}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|---------------------|------------------------------------|
|  | $\frac{FL}{4}$ | $\frac{d}{2}$ | $\frac{bd^3}{12}$ | $\frac{3FL}{2bd^2}$ |
|  | $\frac{FL}{4}$ | R | $\frac{\pi R^4}{4}$ | $\frac{FL}{\pi R^3}$ |



Terhelési diagram

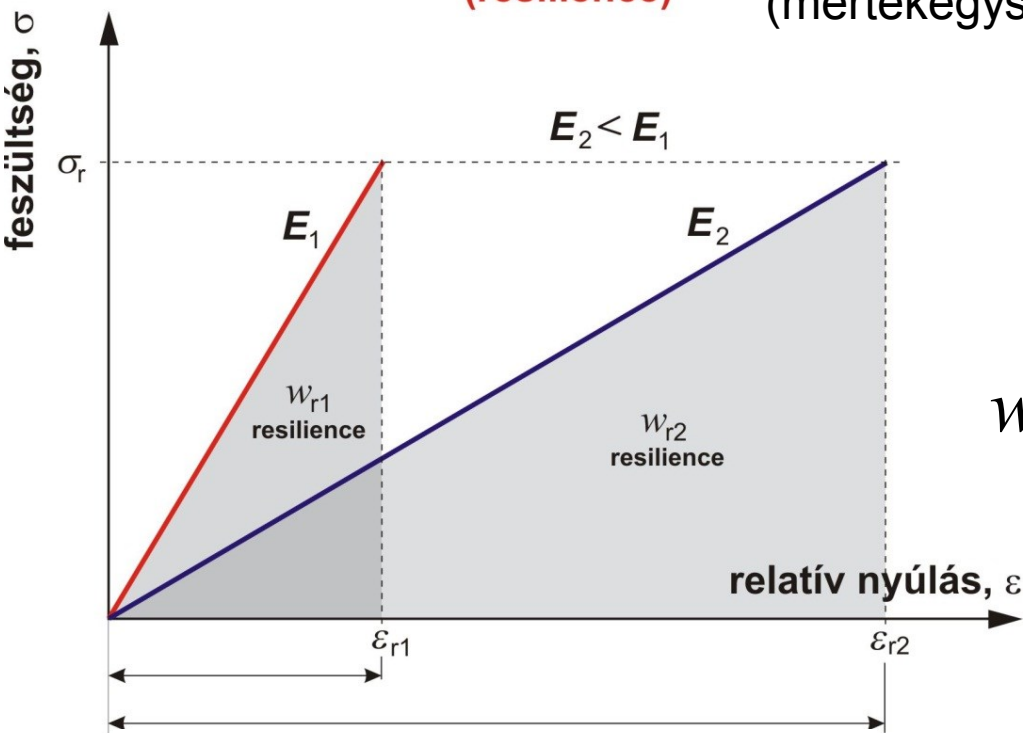


Egyéb rugalmassági jellemzők

FAJLAGOS ELASZTIKUS DEFORMÁCIÓS MUNKA (w_r)

(resilience)

(mértékegysége J/m³)



visszarugózó képesség

$$w_r \approx \frac{1}{2} \sigma_r \varepsilon_r = \frac{1}{2} E \varepsilon_r^2 = \frac{1}{2E} \sigma_r^2$$

rugalmas B mn 1. A rá ható erő következtében megváltozott alakját a hatás megszűntével visszanyerő. | Vmihez hozzáütődve róla visszapattanó.

ε_r (1) (w_r (J/m³), W_r (J))

rugalmatlan

rugalmasság

rugalmas

Következő
előadáshoz:
16-17.
tankönyvi
fejezetek