



Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

7.

Mechanikai tulajdonságok 1.

Kiemelt témák:

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

Tankönyv fejezetei:
14-15.

HF:

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

1

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

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

képlékeny C mn 1. Műsz Könnyen gyúrható, alakítható.

erős A I. mn 3. Károsító hatásoknak ellenálló, szilárd, tartós. Erős szövet, vár. Szh: erős, mint a bőr: nagyon tartós <szövet>.

gyenge A győnge I. mn 2. Nagyobb megterhelést el nem viselő. Gyenge kötél. | nép

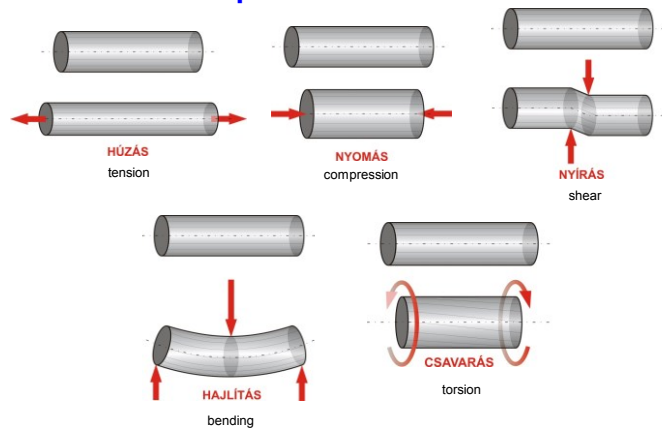
szilárd B mn 1. Helyéből ki nem mozdítható, biztos, erős, tartós. Szilárd építmény; szilárdan összeilleszt vmit. 2. Fiz Határozott térfogatú és alakú <anyag, test, ill. ennek halmazállapota

szívós B mn 1. Nehezen törhető, szakítható, téphető v. rágható.

2

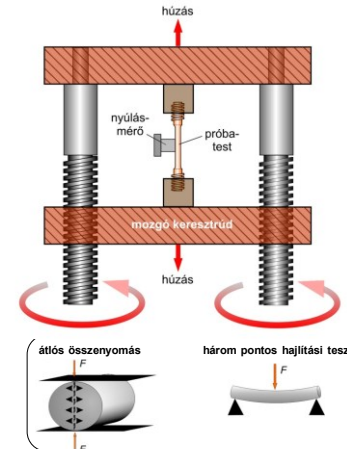
Deformációtípusok

erőhatás → alakváltozás (deformáció)



3

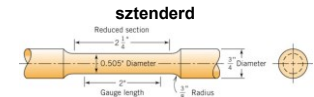
Tesztelés



A mérésből nyert mechanikai tulajdonságok értékét befolyásolja:

- Az igénybevétel típusa (nyújtás, ...)

- A minta geometriája



- A terhelés időbeli lefutása

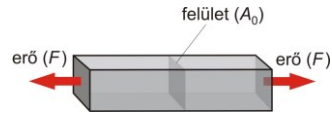
- statikus
- dinamikus
- tartós (egyenletes, változó)

- hőmérséklet

4

Húzás

Terhelés jellemzése:



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

mérnöki rendszer!

Alakváltozás jellemzése:

relatív hosszváltozás
(nyúlás) (ε):

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

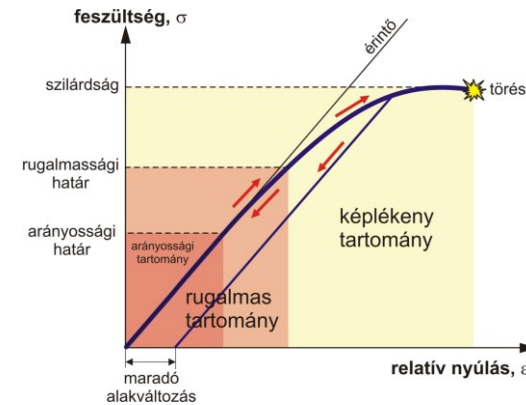
mérnöki rendszer!

→ belső feszültségek

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

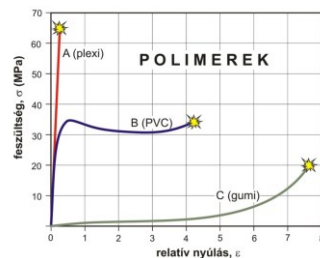
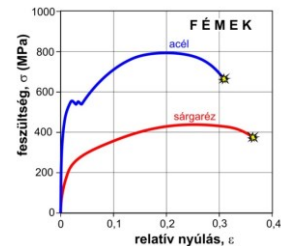
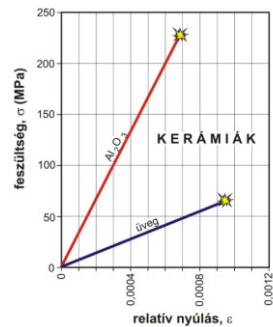
5

Terhelési diagram



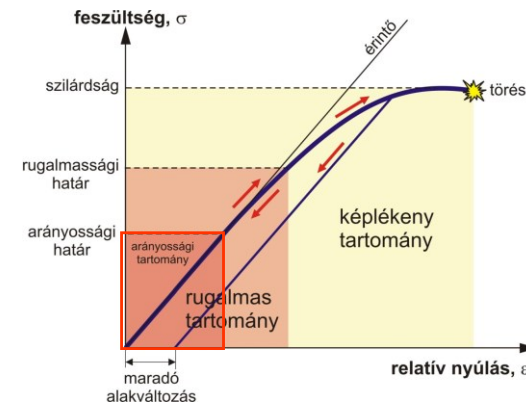
6

Példák:



7

Terhelési diagram

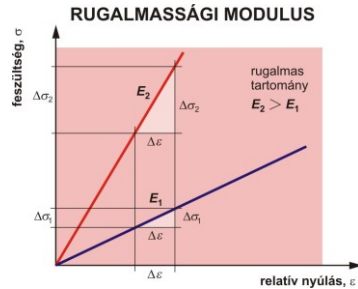


8

Rugalmas viselkedés (arányossági határig)

Húzás/összenyomás

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

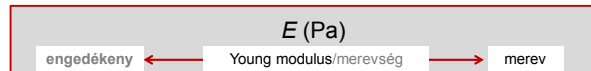


$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon}$$

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

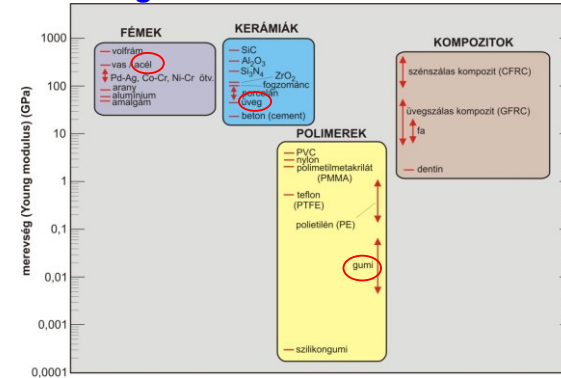
$1/E$ — megnyúlásra vagy rövidülésre való „készség”, **engedékenység**

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



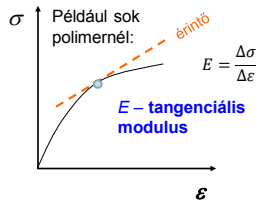
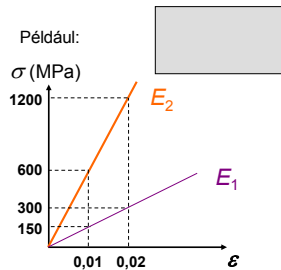
9

Merevség



A példák alapján \Rightarrow sem E , sem pedig $1/E$ nem alkalmas a rugalmasság mérőszámának!

10

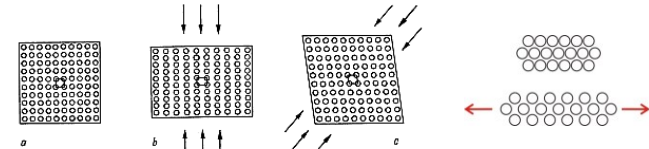


Néhány fogászati anyag merevsége:

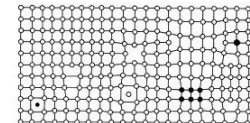
| anyag | E (GPa) |
|----------------------------|------------------|
| fogzománc | ≈ 100 |
| dentin | ≈ 15 |
| acél | 200-230 |
| amalgám | 50-60 |
| arany | 79 |
| arany ötvözetek | 75-110 |
| Pd-Ag ötvözetek | 100-120 |
| Co-Cr ötvözetek | 120-220 |
| Ni-Cr ötvözetek | 140-190 |
| üveg | 60-90 |
|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

11

Rugalmas alakváltozás atomi szinten



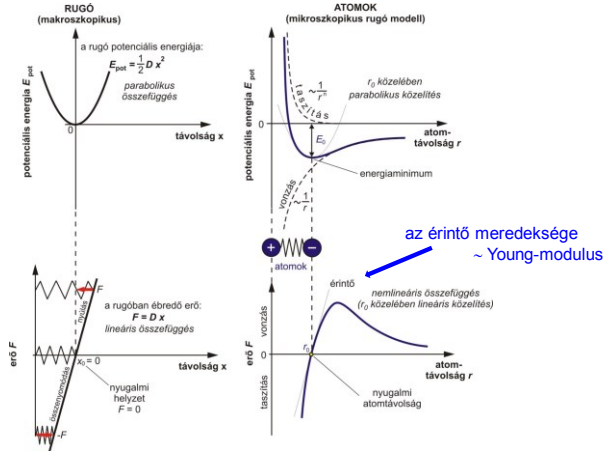
- Atomtávolságok kicsit megváltoznak, de a kötések maradnak.
- Atomok közötti erők lépnek föl \Rightarrow **belső feszültségi állapot**.



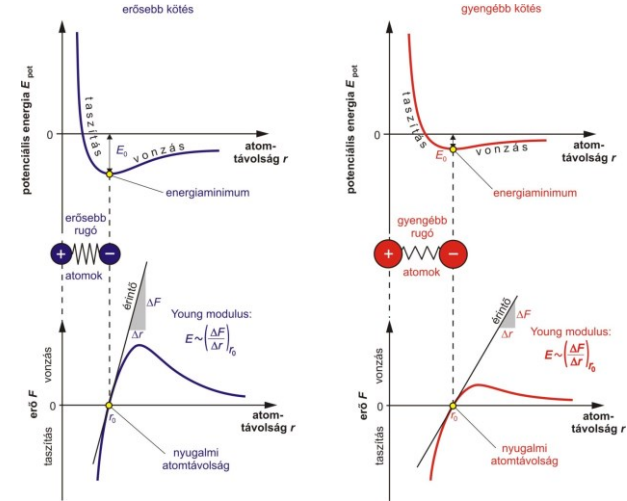
- Ezeket a változásokat a kristályhibák kevéssé befolyásolják \Rightarrow a Young-modulus (E) és a Poisson szám (μ) (l. később) kevéssé érzékenyek a hibákra.

12

A Young-modulus atomi értelmezése

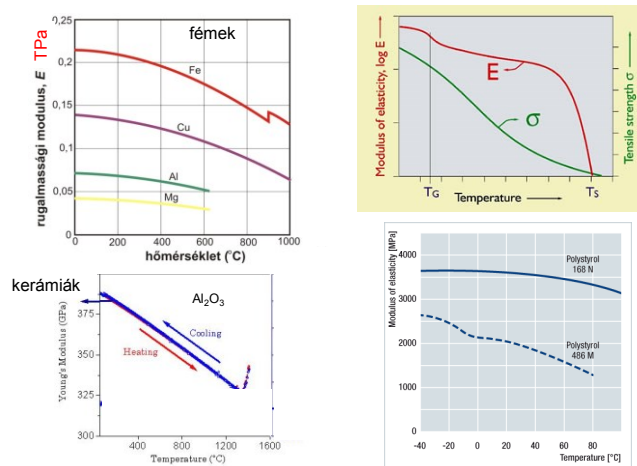


13



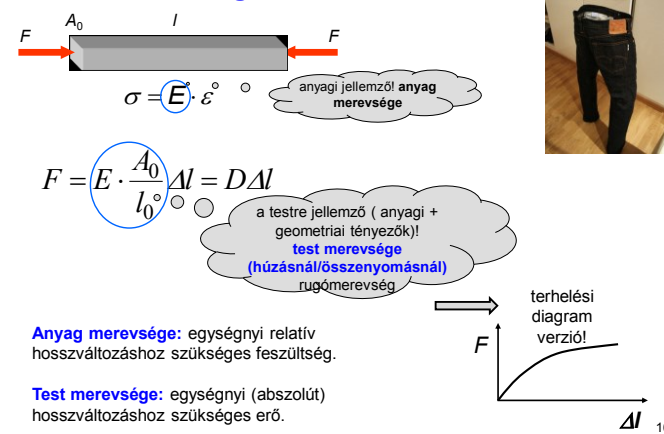
14

Hőmérséklet hatása:



15

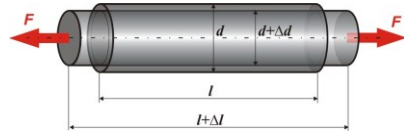
Test merevsége (húzással/összenyomással szemben)



Anyag merevsége: egységnyi relatív hosszváltozáshoz szükséges feszültség.

Test merevsége: egységnyi (abszolút) hosszváltozáshoz szükséges erő.

Harántirányú méretváltozás:

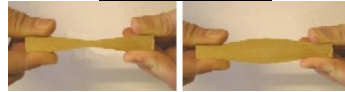
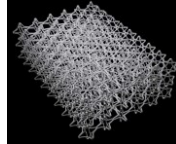


$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l} \quad \mu \text{ — Poisson-szám } [\mu] = 1$$

Pl.

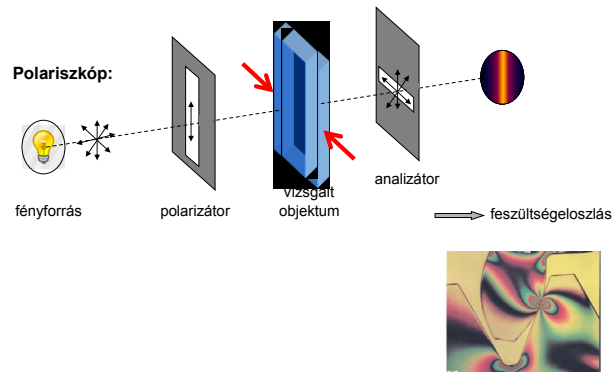
| anyag | μ |
|-----------|-----------|
| fogzománc | 0,33 |
| dentin | 0,31 |
| amalgám | 0,31 |
| PDL | 0,45 |
| polimerek | 0,40–0,50 |

Auxetikus anyagok
(negatív Poisson-szám):



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

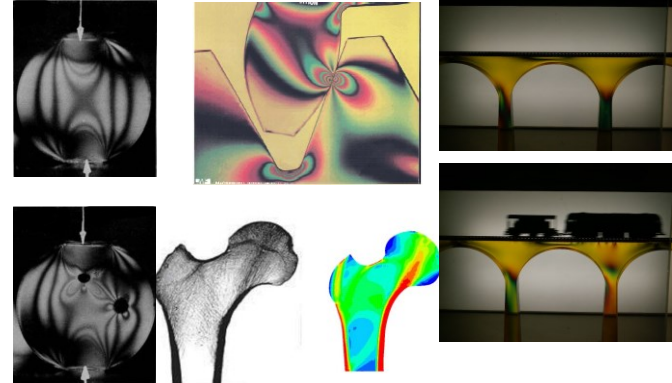
17



19

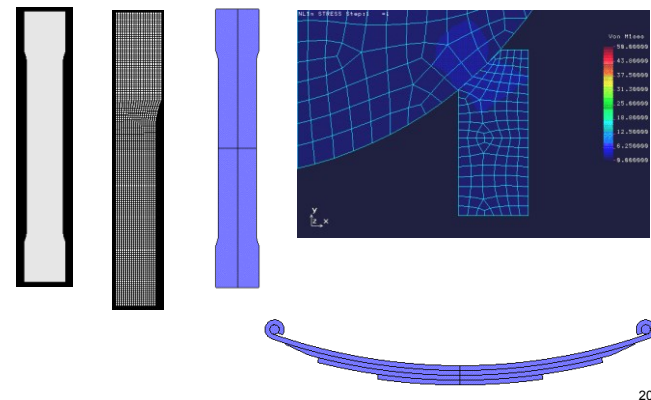
Belső feszültségek vizsgálata

- kísérleti: feszültségoptikai mérések



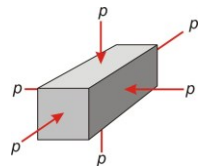
18

- elméleti: véges elem analízis



20

Izotróp összenyomás



$$p = \frac{E}{3(1-2\mu)} \frac{\Delta V}{V_0}$$

K : térfogati rugalmassági (kompressziós) modulus (Pa)

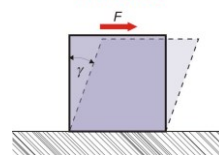
$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{3(1-2\mu)}{E} p$$

κ : kompresszibilitás (1/Pa)

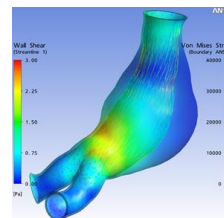
| anyag | κ (1/GPa) |
|-----------|------------------|
| levegő | 7650 |
| víz | 0,45 |
| aluminium | 0,009 |

21

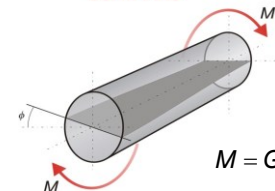
NYÍRÁS



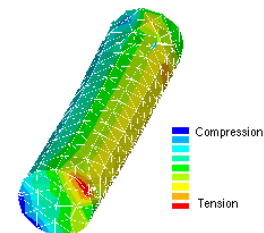
$$\sigma = G\gamma$$



CSAVARÁS



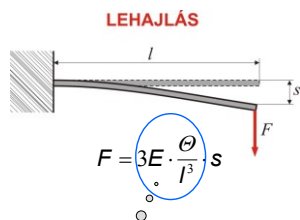
$$M = G \frac{r^4 \pi}{2I} \phi$$



22

Hajlítás

„hajlítás = nyújtás + összenyomás”

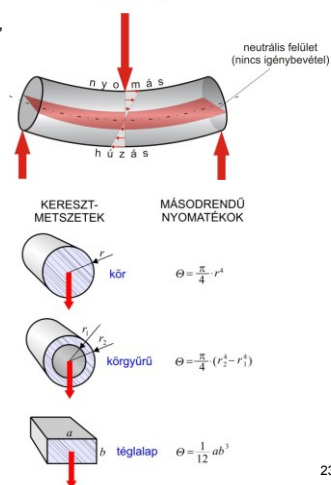


$$F = 3E \cdot \frac{\theta}{l^3} s$$

test merevsége (hajlításnál)

θ = másodrendű nyomaték (felületi tehetetlenségi nyomaték)

HAJLÍTÁS



KERESZT-METSZETEK

MÁSODRENDŰ NYOMATÉKOK

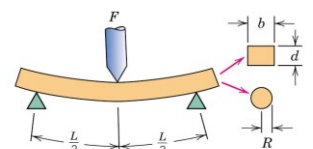
$$\theta = \frac{\pi}{4} r^4$$

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

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

23

Hárompontos hajlítási teszt



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

M = maximális hajlító momentum

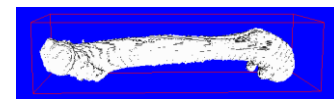
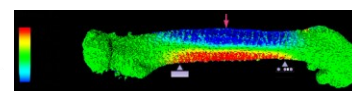
c = szélső réteg távolsága a középvonaltól

I = felületi tehetetlenségi nyomaték

F = terhelő erő

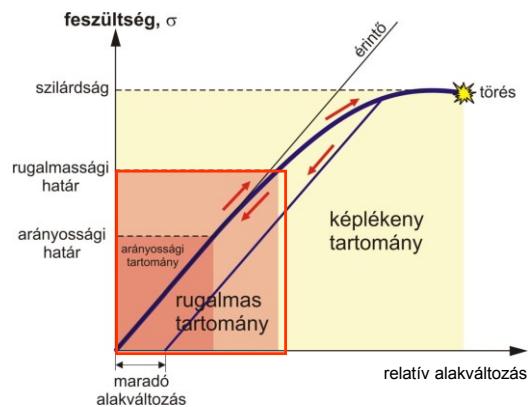
$$\sigma = \frac{FL}{4} \cdot \frac{c}{d} = \frac{FL}{4} \cdot \frac{bd^3}{12} = \frac{3FL}{2bd^2}$$

$$\sigma = \frac{FL}{4} \cdot \frac{c}{R} = \frac{\pi R^4}{4} = \frac{FL}{\pi R^3}$$



24

Terhelési diagram

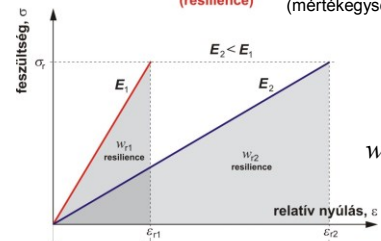


25

Egyéb rugalmassági jellemzők

FAJLAGOS ELASZTIKUS DEFORMÁCIÓS MUNKA (w_r)

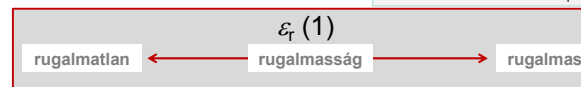
(resilience) (mértékegysége J/m³)



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

visszarugózó képesség

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



26