



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

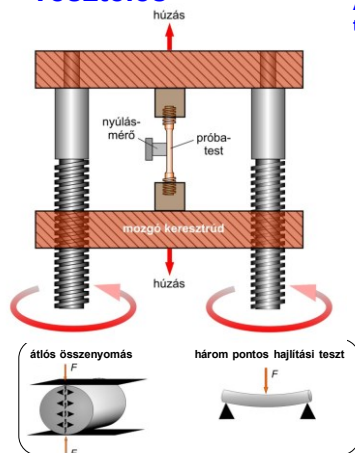
Tankönyv
fejezetei:
14-15.

HF:

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

1

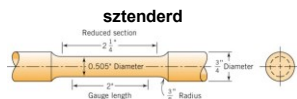
Tesztelés



A mérésből nyert mechanikai tulajdonságok értékét befolyásolja:

- Az igénybevétel típusa (nyújtás, ...)

- A minta geometriája



- A terhelés időbeli lefutása

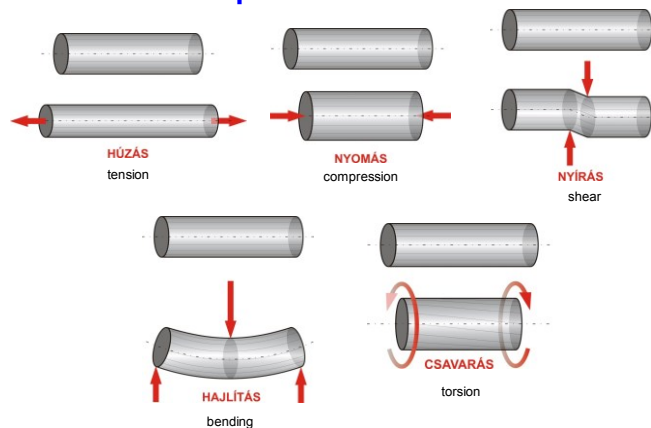
- statikus
- dinamikus
- tartós (egyenletes, változó)

- hőmérséklet

3

Deformációtípusok

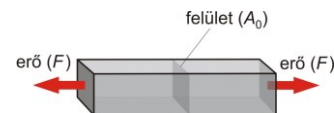
erőhatás → alakváltozás (deformáció)



2

Húzás

Terhelés jellemzése:



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

mérnöki rendszer!

Alakváltozás jellemzése:

relatív hosszváltozás (nyúlás) (ϵ):

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

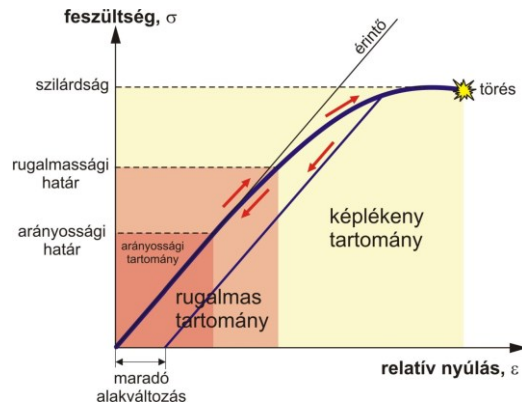
mérnöki rendszer!

→ belső feszültségek

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

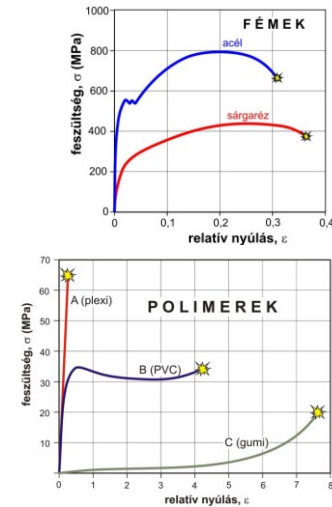
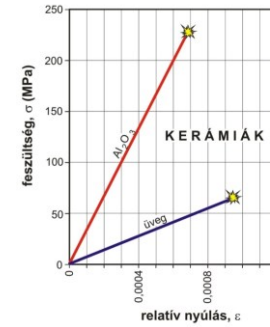
4

Terhelési diagram



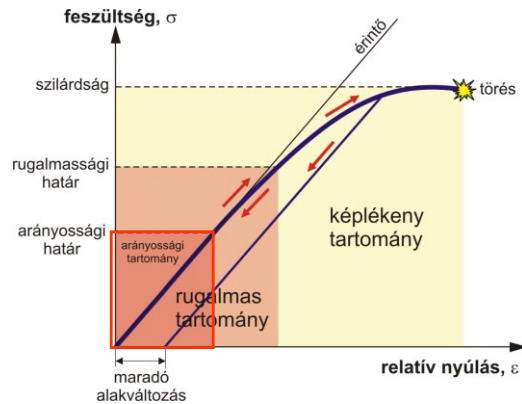
5

Példák:



6

Terhelési diagram

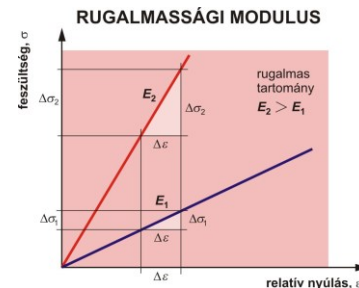


7

Rugalmas viselkedés (arányossági határig)

Húzás/összenyomás

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

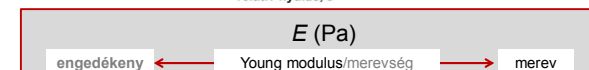


$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon}$

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

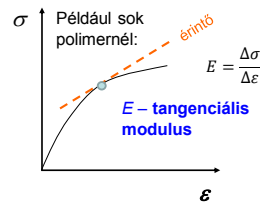
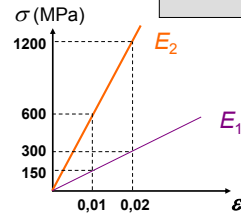
$1/E$ — megnyúlásra vagy rövidülésre való „készség”, **engedékenység**

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



8

Például:

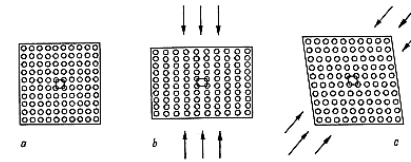


Néhány fogászati anyag merevsége:

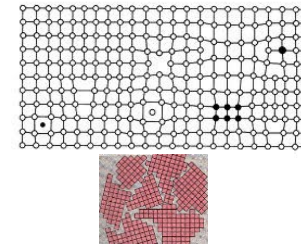
anyag	E (GPa)
fogzománc	≈ 100
dentin	≈ 15
acél	200-230
amalgám	50-60
arany	79
arany ötvözetek	75-110
Pd-Ag ötvözetek	100-120
Co-Cr ötvözetek	120-220
Ni-Cr ötvözetek	140-190
üveg	60-90
kerámiák	60-400
porcelán	60-110
PMMA (polimetilmetakrilát)	2,4-3,8
szilikon	$\approx 0,0003$

9

Rugalmas alakváltozás atomi szinten



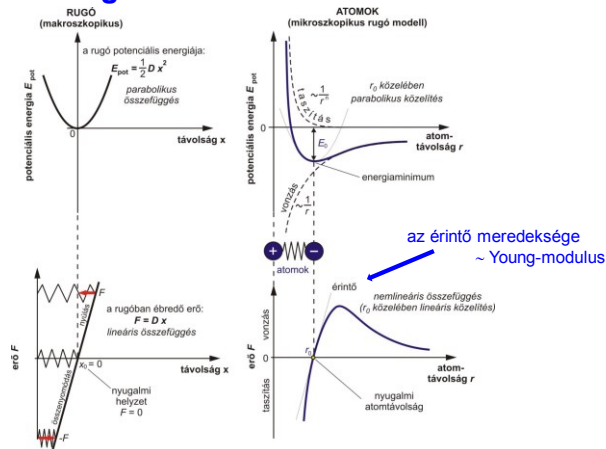
Kristályhibák, szemcseméret szerepe?



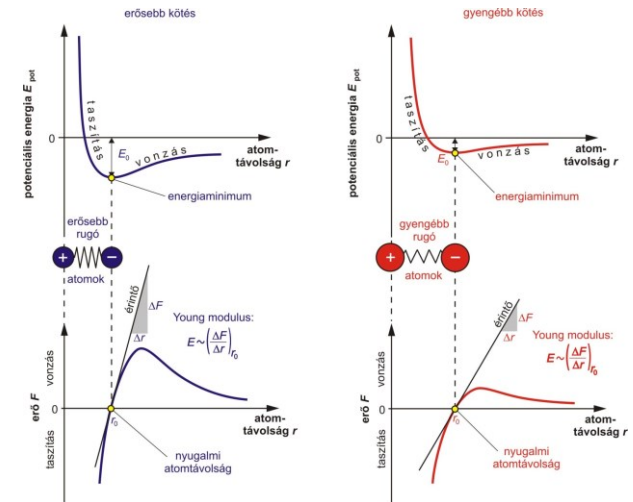
A Young-modulus (E) és a Poisson szám (μ) (l. később) kevésbé érzékenyek a hibákra.

10

A Young-modulus atomi értelmezése

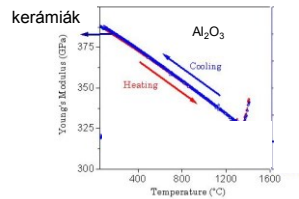
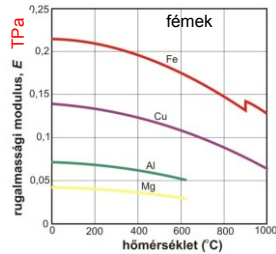


11

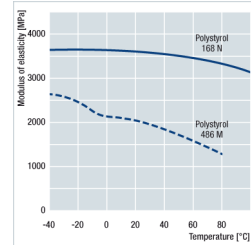
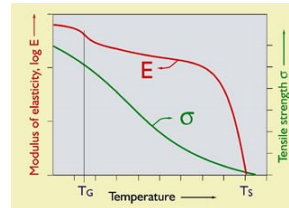


12

Hőmérséklet hatása:

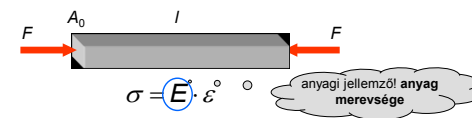


szemikristályos polimerek



13

Test merevsége (húzással/összenyomással szemben)

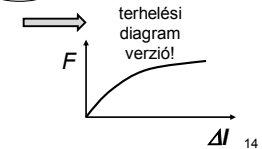


$$F = E \cdot \frac{A_0}{l_0} \Delta l = D \Delta l$$

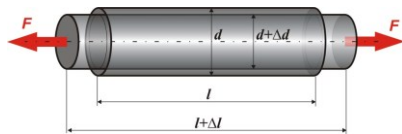
a testre jellemző (anyag +
geometriai tényezők)!
test merevsége
(húzással/összenyomással)
rugómerevség

Anyag merevsége: egységnyi relatív
hosszváltozáshoz szükséges feszültség.

Test merevsége: egységnyi (abszolút)
hosszváltozáshoz szükséges erő.



Harántirányú méretváltozás:

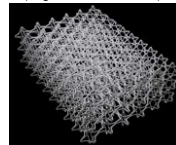


$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l} \quad \mu - \text{Poisson-szám} [\mu] = 1$$

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):

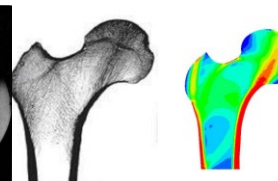
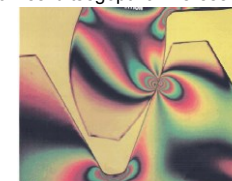
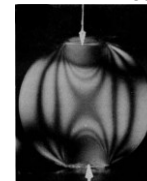


Homogén, izotróp anyag rugalmas viselkedését egyértelműen
meghatározza E és μ .

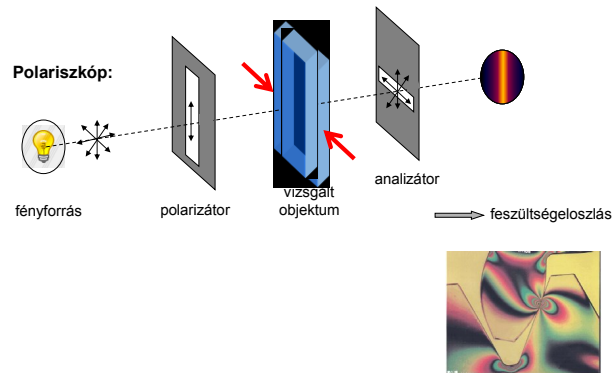
15

Feszültség eloszlás vizsgálata

- kísérleti: feszültségoptikai mérések

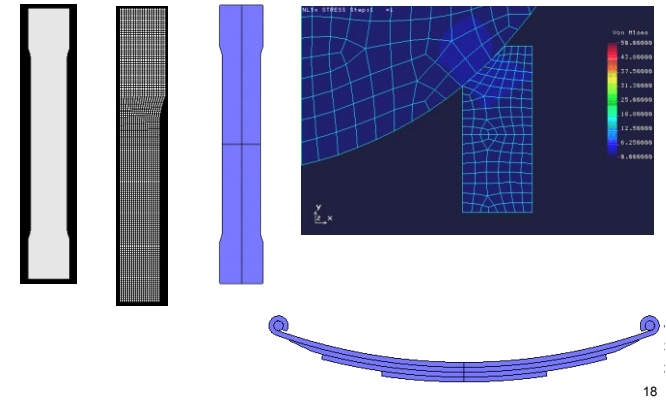


3



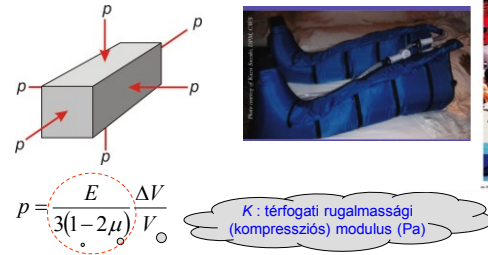
17

• elméleti: véges elem analízis



18

Izotróp összenyomás



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

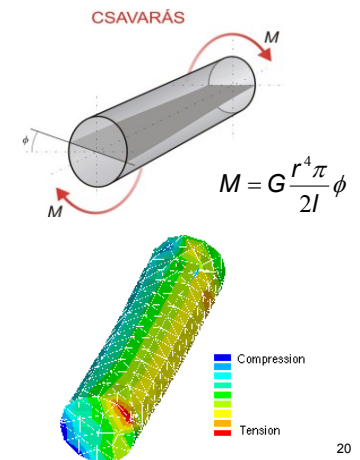
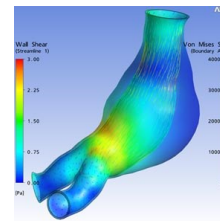
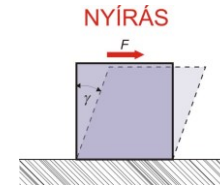
K : térfogati rugalmassági (kompressziós) modulus (Pa)

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

κ : kompresszibilitás (1/Pa)

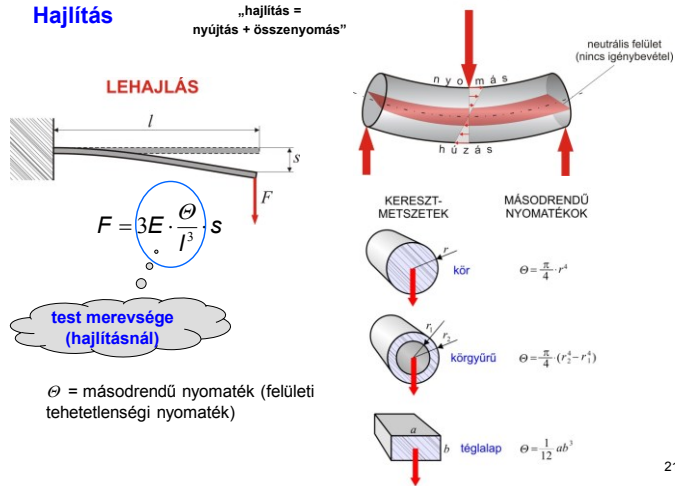
anyag	κ (1/GPa)
levegő	7650
víz	0,45
aluminium	0,009

19



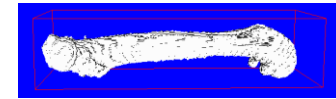
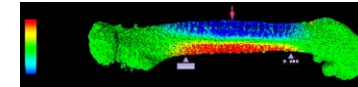
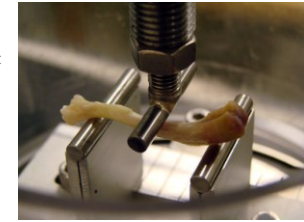
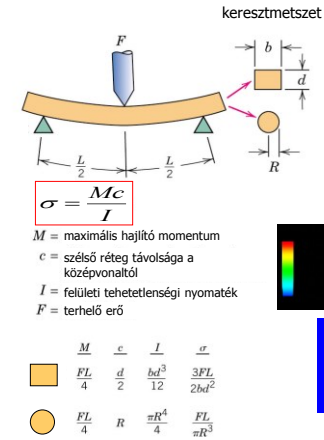
20

Hajlítás



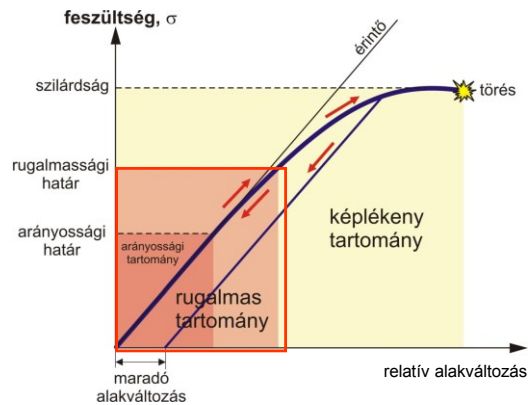
21

Hárompontos hajlítási teszt



22

Terhelési diagram

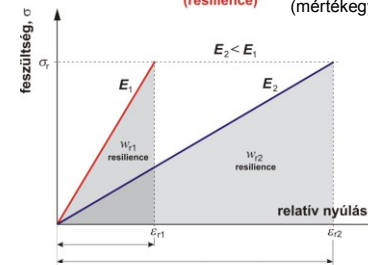


23

Egyéb rugalmassági jellemzők

FAJLAGOS ELASZTIKUS DEFORMÁCIÓS MUNKA (w_r)

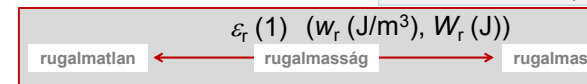
(resilience) (mértékegysége J/m³)



visszarugozó 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 hozzáulódva róla visszapattanó.



24