



Fogorvosi anyagtudomány 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. fejj.:
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. | Vmihez 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 gyöngye 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

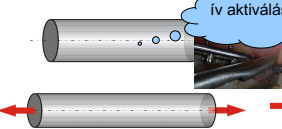
szívós B mn 1. Nehezen törhető, szakítható, téphető v. rágható.

2

Deformációtípusok


erőhatás → alakváltozás (deformáció)

HÚZÁS
tension



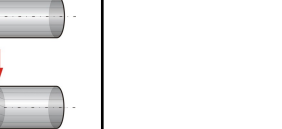
ív aktiválása

NYOMÁS
compression

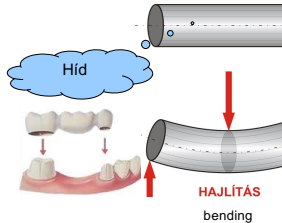


Rágás

NYÍRÁS
shear

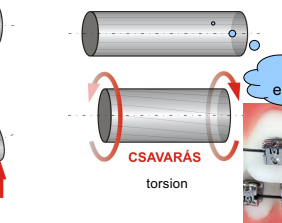


HAJLÍTÁS
bending



Híd

CSAVARÁS
torsion

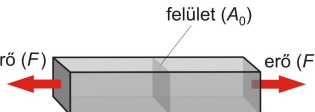


Bracket eltávolítása

3

Húzás

Terhelés jellemzése:



felület (A_0)

erő (F)

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

mérmőki rendszer!

Alakváltozás jellemzése:

relatív hosszváltozás (nyúlás) (ϵ): $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ $[\epsilon] = 1$

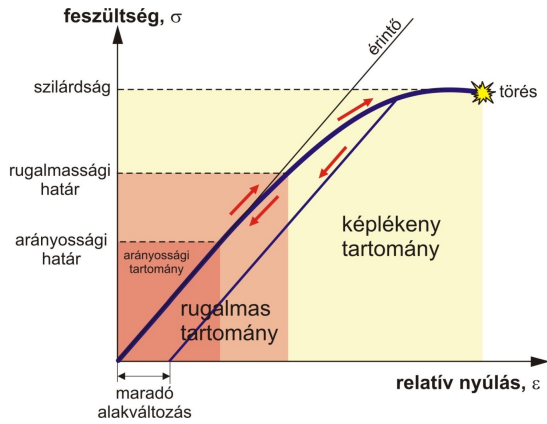
mérmőki rendszer!

⇒ belső feszültségek

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

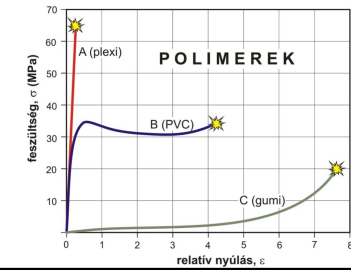
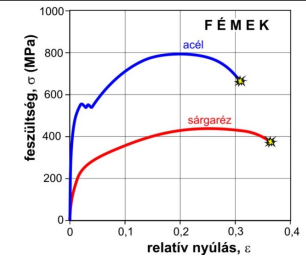
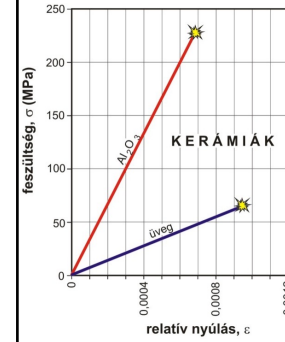
4

Terhelési diagram



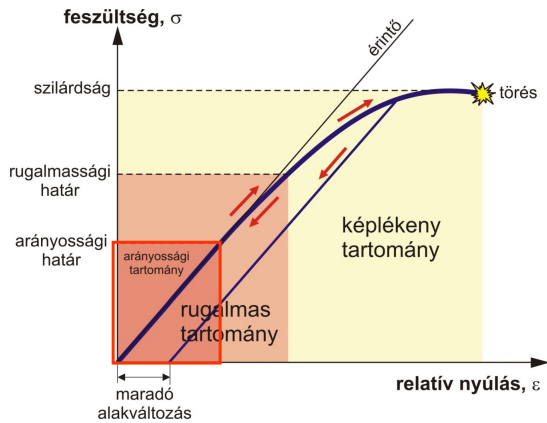
5

Példák:



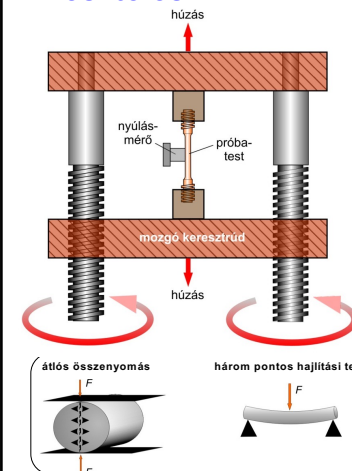
6

Terhelési diagram



7

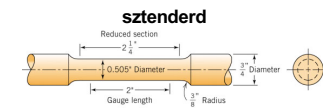
Tesztelés



A mérésből nyert mechanikai tulajdonságok értékét befolyásolja:

- Az igénybevétel típusa (nyújtás, ...)

- A minta geometriája



- A terhelés időbeli lefutása

- statikus
- dinamikus
- tartós (egyenletes, változó)

- hőmérséklet

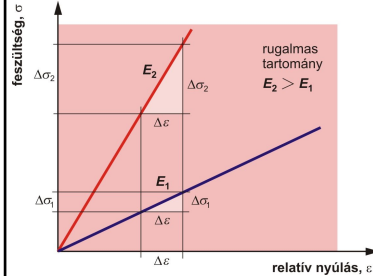
8

8

Rugalmas viselkedés (arányossági határig) Húzás/összenyomás

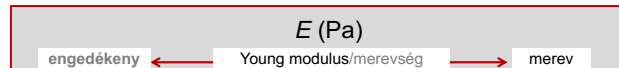
Hooke-törvény: $\sigma = E \cdot \varepsilon$ E — rugalmassági (Young-) modulus $[E] = \text{Pa}$

RUGALMASSÁGI MODULUS



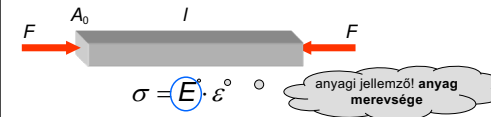
E — nyújtással, vagy összenyomással szemben mutatott „ellenállás”, **merevség**
 $1/E$ — megnyúlásra vagy rövidülésre való „készség”, **engedékenység**

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



9

Test merevsége (húzással/összenyomással szemben)

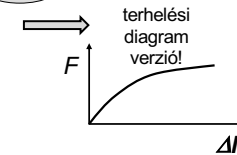


$$F = E \cdot \frac{A_0}{l_0} \Delta l = D \Delta l$$

a testre jellemző (anyagi + geometriai tényezők!)
test merevsége
(húzással/összenyomással)
rugó merevség

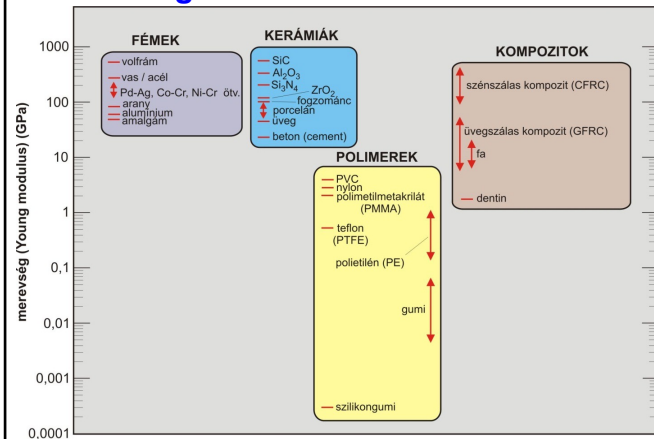
Anyag merevsége: egységnyi relatív hosszváltozáshoz szükséges feszültség.

Test merevsége: egységnyi (abszolút) hosszváltozáshoz szükséges erő.

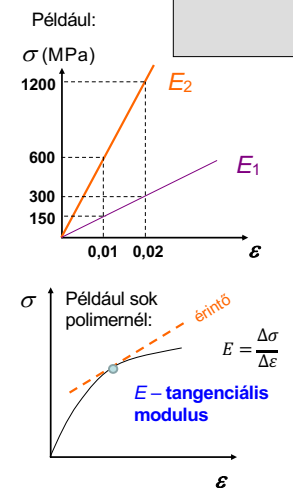


10

Merevség



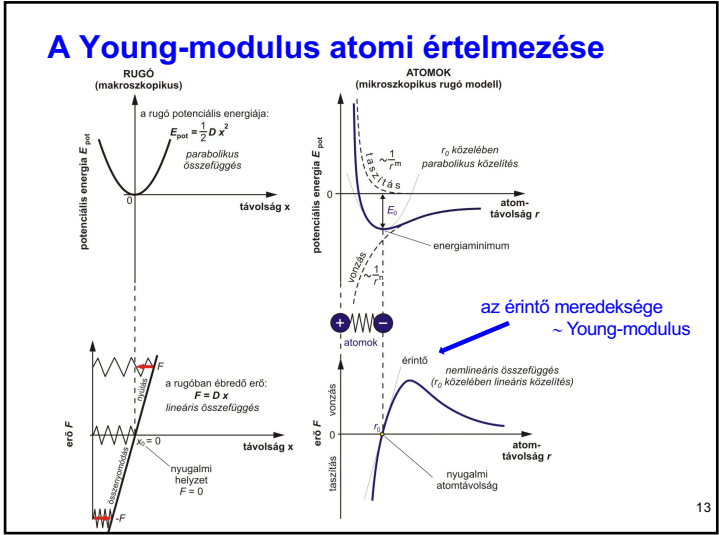
11



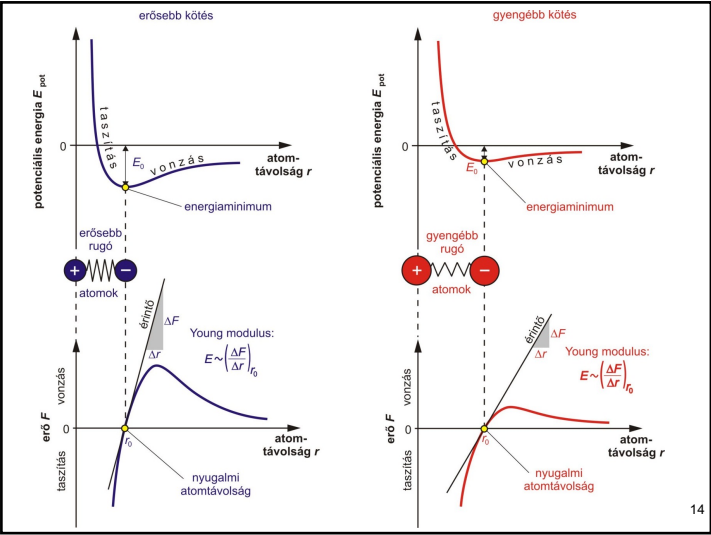
Néhány fogászati anyag merevsége:

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	≈ 0,0003

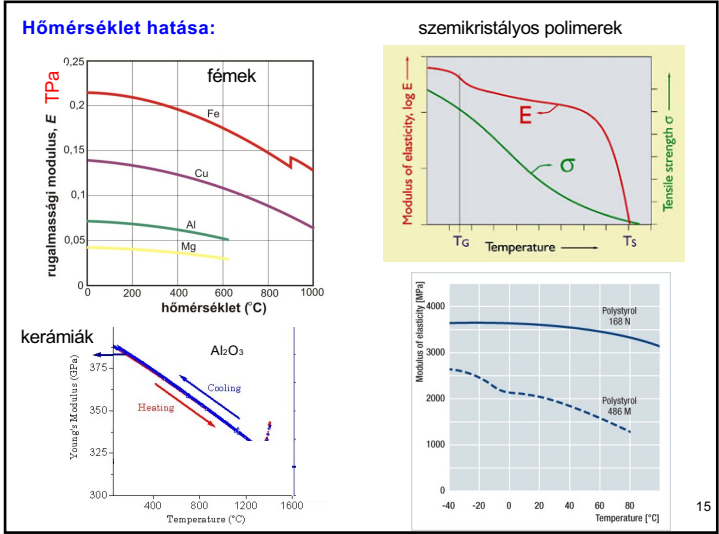
12



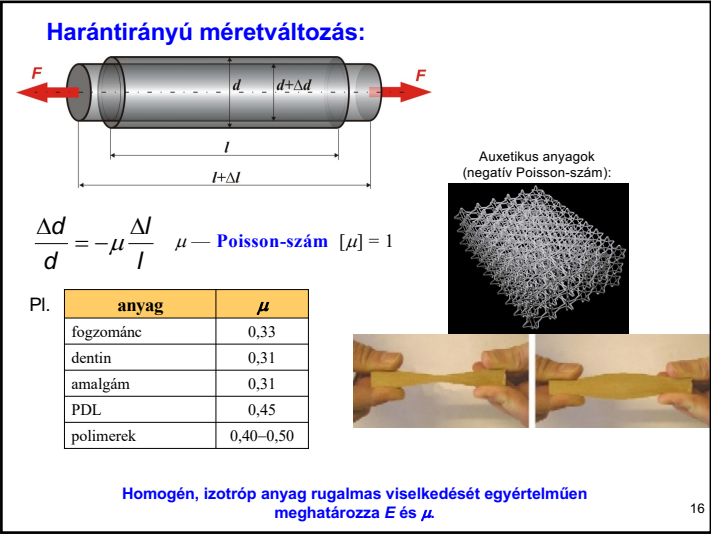
13



14

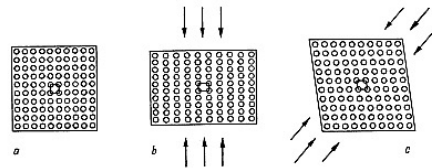


15

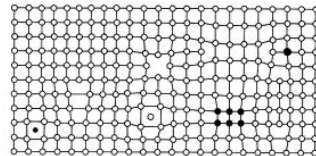


16

Rugalmas alakváltozás atomi szinten



Kristályhibák, szemcseméret szerepe?

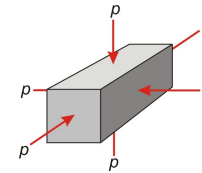


A Young-modulus (E) és a Poisson szám (μ) (l. később) kevésbé érzékenyek a hibákra.

17

17

Izotróp összenyomás



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

K : térfogati rugalmassági (kompressziós) modulus (Pa)

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

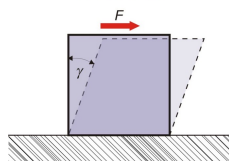
κ : kompresszibilitás (1/Pa)

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

18

18

NYÍRÁS



Az erő a felülettel párhuzamos, nyíró feszültség: $\sigma_{ny} = \frac{F_{ny}}{A}$
A deformációt a γ szöggel jellemezzük

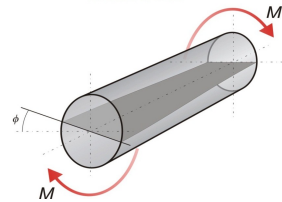
$$\sigma_{ny} = G\gamma$$

G : Nyírási modulus
 γ : radiánban!

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

Függ: Young modulus és Poisson arány!

CSAVARÁS



Nyírásból levezethető. Forgatónyomaték (M) hat a testre, a csavarás szögét (ϕ) radiánban mérjük!

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

G : Nyírási modulus (függ: E -től és μ -tól)

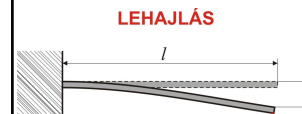
r : sugár
 ϕ : csavarás szöge
 l : hossz

19

19

Hajlítás

„hajlítás = nyújtás + összenyomás”

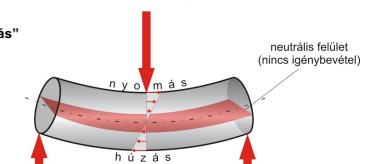


$$F = 3E \frac{\Theta}{l^3} s$$

test merevsége (hajlításnál)

Θ = másodrendű nyomaték (felületi tehetetlenségi nyomaték)

HAJLÍTÁS



KERESZT-METSZETEK

MÁSODRENDŰ NYOMATÉKOK

kör

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

körgyűrű

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

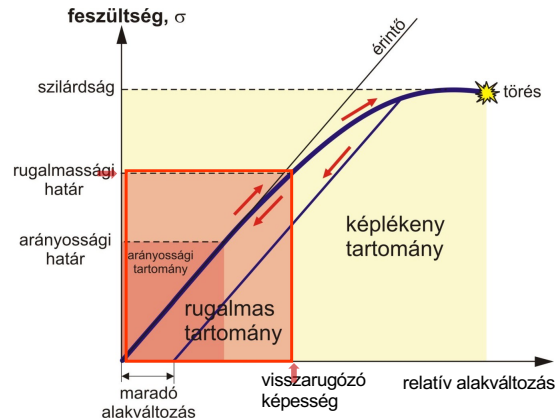
téglatest

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

20

20

Terhelési diagram



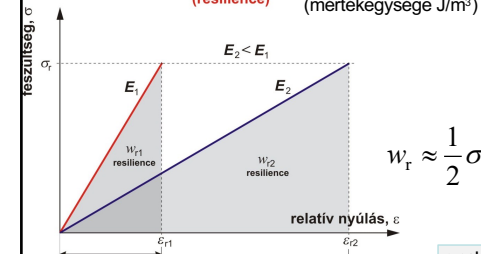
21

21

Egyéb rugalmassági jellemzők

FAJLAGOS ELASZTIKUS DEFORMÁCIÓS MUNKA (w_r)

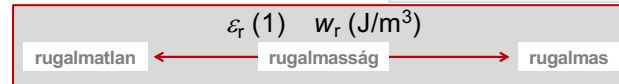
(resilience) (mértékegysége J/m³)



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

rugalmas B m n 1. A rá ható erő következtében megváltozott alakját a hatás megszűntével visszanyerő. | Vmihez hozzáadódva róla visszapattanó.

visszarugózó képesség

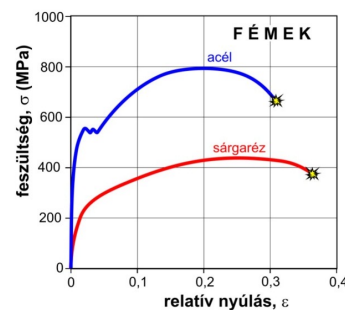


22

22

Összefoglalás

Fémek



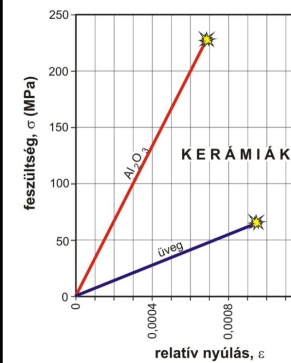
- kicsi visszarugózó képesség
- jelentős képlékeny tartomány $\varepsilon_{\max} \sim 0.3$ (~30%)
- $E: \sim 10^{11}$ Pa (néhány száz GPa)

23

23

Összefoglalás

Kerámikák



- extrém kicsi visszarugózó képesség $\varepsilon_{\max} \sim <0.001$ (0.1 % alatt)
- nincs képlékeny tartomány
- $E: \sim 10^{11}$ Pa (néhány száz GPa) (fémekhez hasonló)

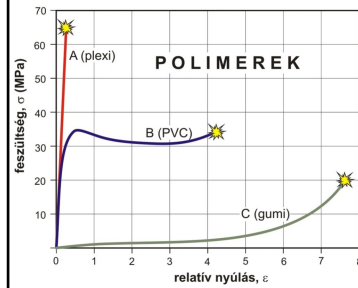


24

24

Összefoglalás

Polimerek



- változatos tulajdonságok
- nagy visszarugózó képesség
 $\varepsilon_{\max} \sim 0.1$ től 8-ig!
- Plexi
 - nincs képlékeny tartomány
- PVC
 - jelentős képlékeny tartomány
- Gumi
 - elasztomer hatalmas visszarugózó képességgel
 - ε_{\max} akár 7-8 ($\Delta l = 700-800\%$)

25