

# Bevezetés az anyagtudományba

## VI. előadás

2010. március 11.

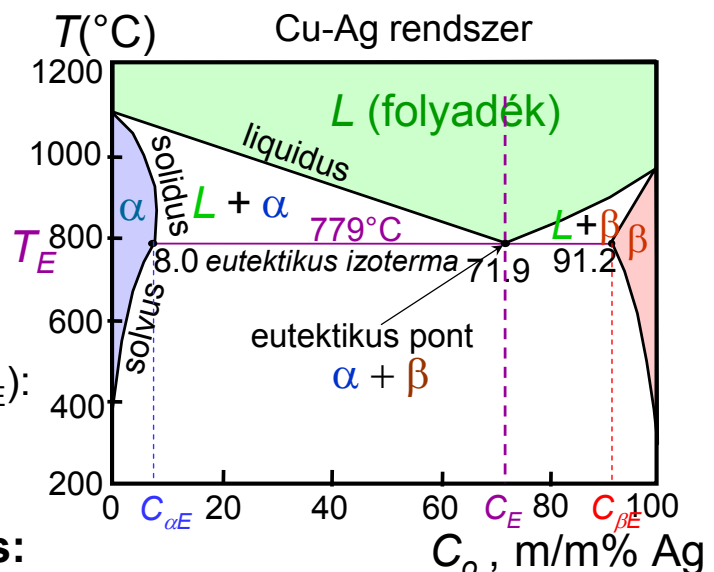
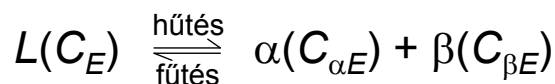
## Két komponensű eutektikus rendszerek

Eutektikum  $\equiv$  (*eutektos*(g)=könnyen olvadó) az a két komponensű keverék, mely jól meghatározott minimális olvadásponttal rendelkezik.

Példa:

- 3 db 1-fázisú régió ( $L, \alpha, \beta$ )
- 3 db 2-fázisú régió ( $L+\alpha, L+\beta, \alpha+\beta$ )
- $T_E$ : legalacsonyabb  $T$ , ahol folyadék lehet
- Korlátolt oldhatóság ( $T < T_E$ ):  
 $\alpha$ : kevés Ag a Cu-ben  
 $\beta$ : kevés Cu az Ag-ben

- **Eutektikus átalakulás:**



# Az Pb-Sn eutektikus rendszer I.

- 150°C-on a 40 m/m% Sn-t tartalmazó ötvözetünk
  - mely fázisokból áll?  $\alpha + \beta$
  - mi a fázisok összetétele?

$$C_0 = 40 \text{ m/m\% Sn}$$

$$C_\alpha = 11 \text{ m/m\% Sn}$$

$$C_\beta = 99 \text{ m/m\% Sn}$$

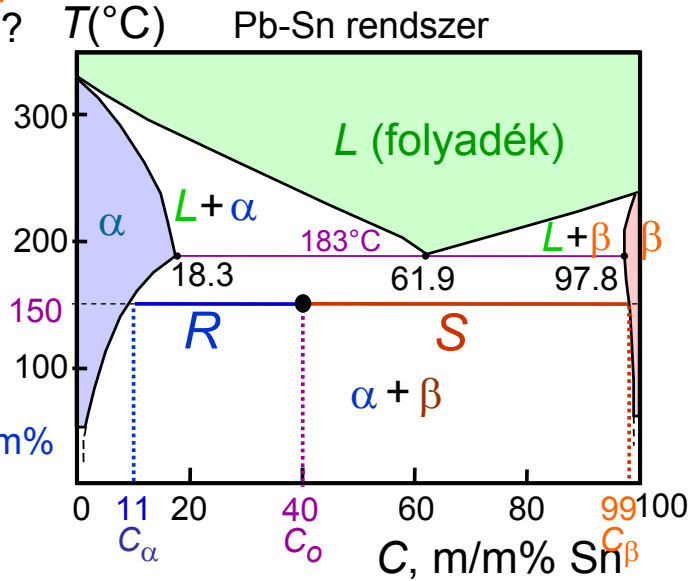
- mi a fázisok relatív mennyisége?

$$W_\alpha = \frac{S}{R+S} = \frac{C_\beta - C_0}{C_\beta - C_\alpha}$$

$$= \frac{99 - 40}{99 - 11} = \frac{59}{88} = 67 \text{ m/m\%}$$

$$W_\beta = \frac{R}{R+S} = \frac{C_0 - C_\alpha}{C_\beta - C_\alpha}$$

$$= \frac{40 - 11}{99 - 11} = \frac{29}{88} = 33 \text{ m/m\%}$$



VI/3

# Az Pb-Sn eutektikus rendszer II.

- 220°C-on a 40 m/m% Sn-t tartalmazó ötvözetünk
  - mely fázisokból áll?  $\alpha + L$
  - mi a fázisok összetétele?

$$C_0 = 40 \text{ m/m\% Sn}$$

$$C_\alpha = 17 \text{ m/m\% Sn}$$

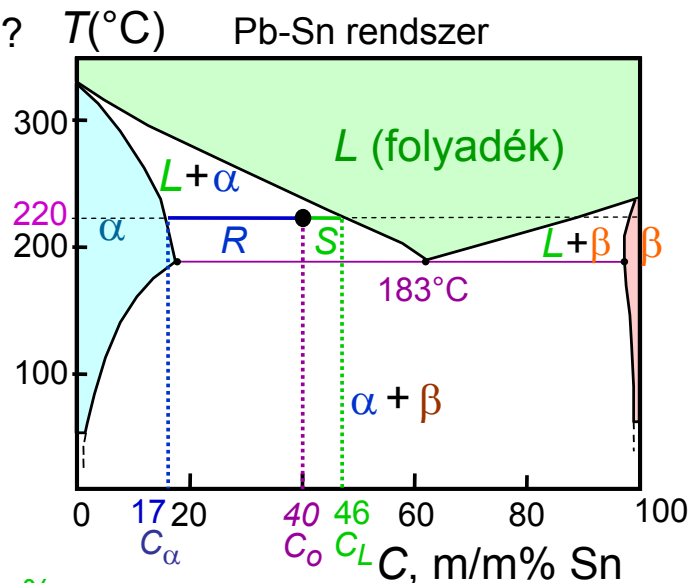
$$C_L = 46 \text{ m/m\% Sn}$$

- mi a fázisok relatív mennyisége?

$$W_\alpha = \frac{C_L - C_0}{C_L - C_\alpha} = \frac{46 - 40}{46 - 17}$$

$$= \frac{6}{29} = 21 \text{ m/m\%}$$

$$W_L = \frac{C_0 - C_\alpha}{C_L - C_\alpha} = \frac{23}{29} = 79 \text{ m/m\%}$$

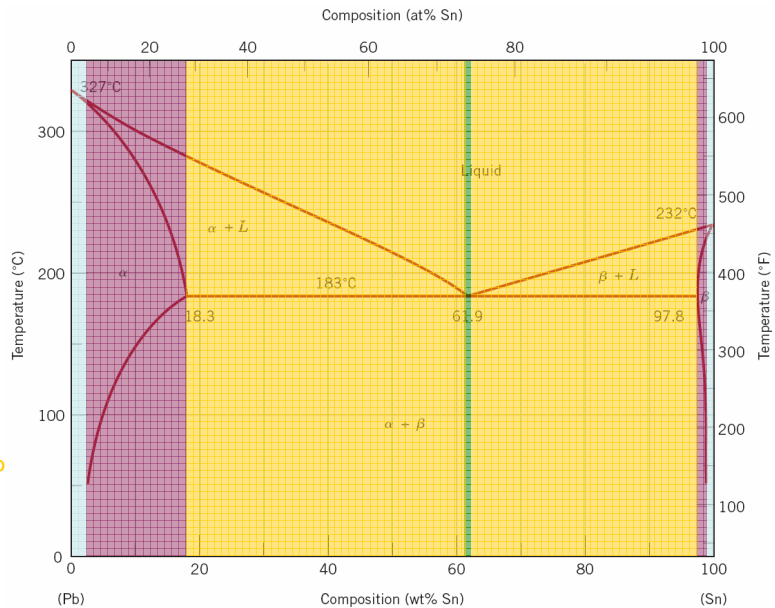


VI/4

# Mikroszerkezetek eutektikus rendszerekben

PI. az Sn-Pb rendszerben 4 tartományt érdemes megvizsgálni

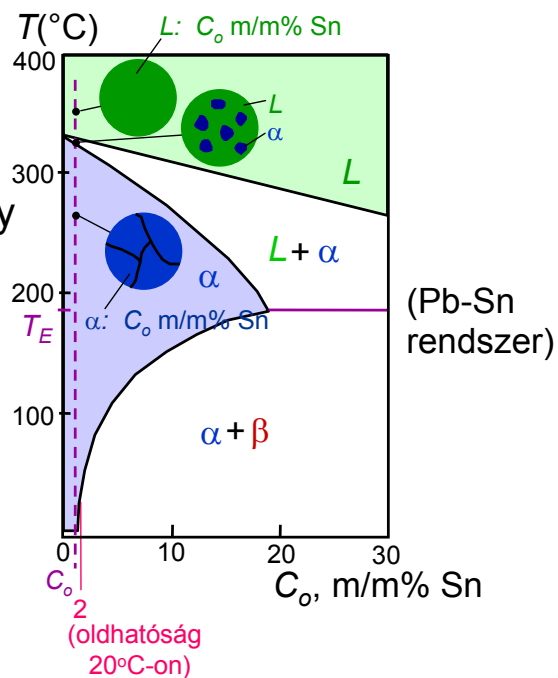
- I.  $0 \text{ m/m\%} < c_{\text{Sn}} < \sim 2 \text{ m/m\%}$   
 $\sim 99 \text{ m/m\%} < c_{\text{Sn}} < 100 \text{ m/m\%}$
- II.  $\sim 2 \text{ m/m\%} < c_{\text{Sn}} < 18.3 \text{ m/m\%}$   
 $97.8 \text{ m/m\%} < c_{\text{Sn}} < \sim 99 \text{ m/m\%}$
- III.  $c_{\text{Sn}} = 61.9 \text{ m/m\%}$
- IV.  $18.3 \text{ m/m\%} < c_{\text{Sn}} < 61.9 \text{ m/m\%}$   
 $61.9 \text{ m/m\%} < c_{\text{Sn}} < 97.8 \text{ m/m\%}$



VI/5

# Mikroszerkezetek eutektikus rendszerekben I.

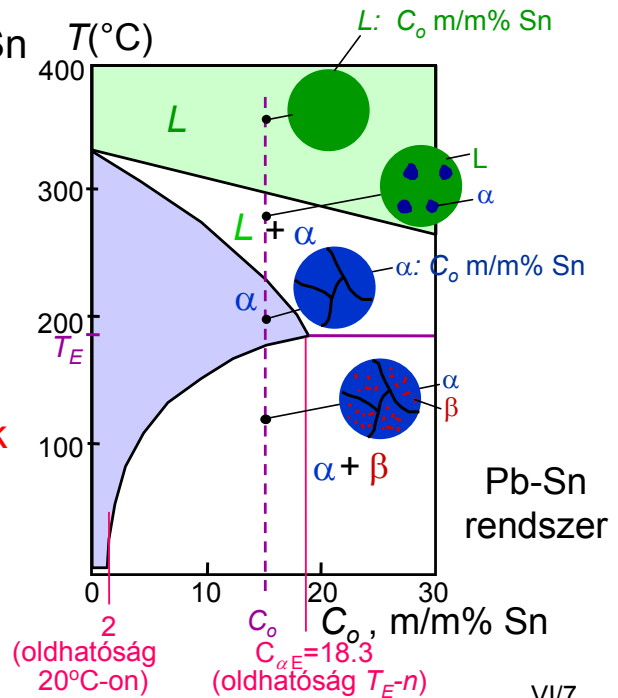
- $C_0 < 2 \text{ m/m\% Sn}$
- A hűtés eredménye:  
 -- $\alpha$  szemcsékből álló polikristály  
 azaz 1 db szilárd fázis.



VI/6

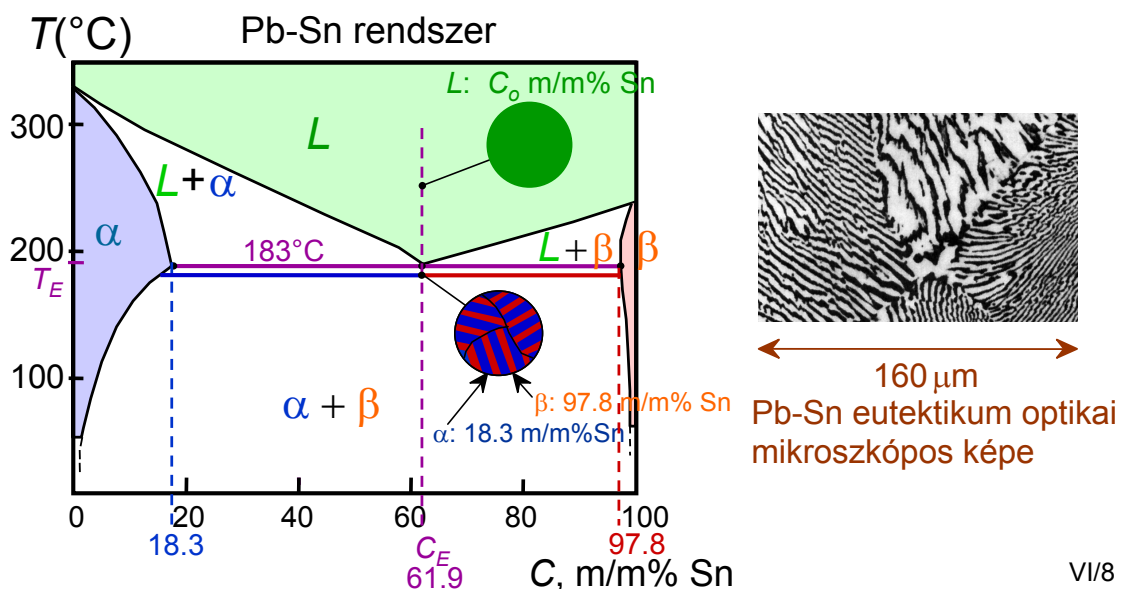
## Mikroszerkezetek eutektikus rendszerekben II.

- $2 \text{ m/m\% Sn} < C_o < 18.3 \text{ m/m\% Sn}$
- A hűtés eredménye:
  - kb.  $300^\circ\text{C}$  felett folyadék,
  - majd folyadék és  $\alpha$  fázis,
  - egyedül  $\alpha$  fázis,
  - végül 2 szilárd fázis
    - polikristályos  $\alpha$
    - apró  $\beta$ -fázisú zárványok

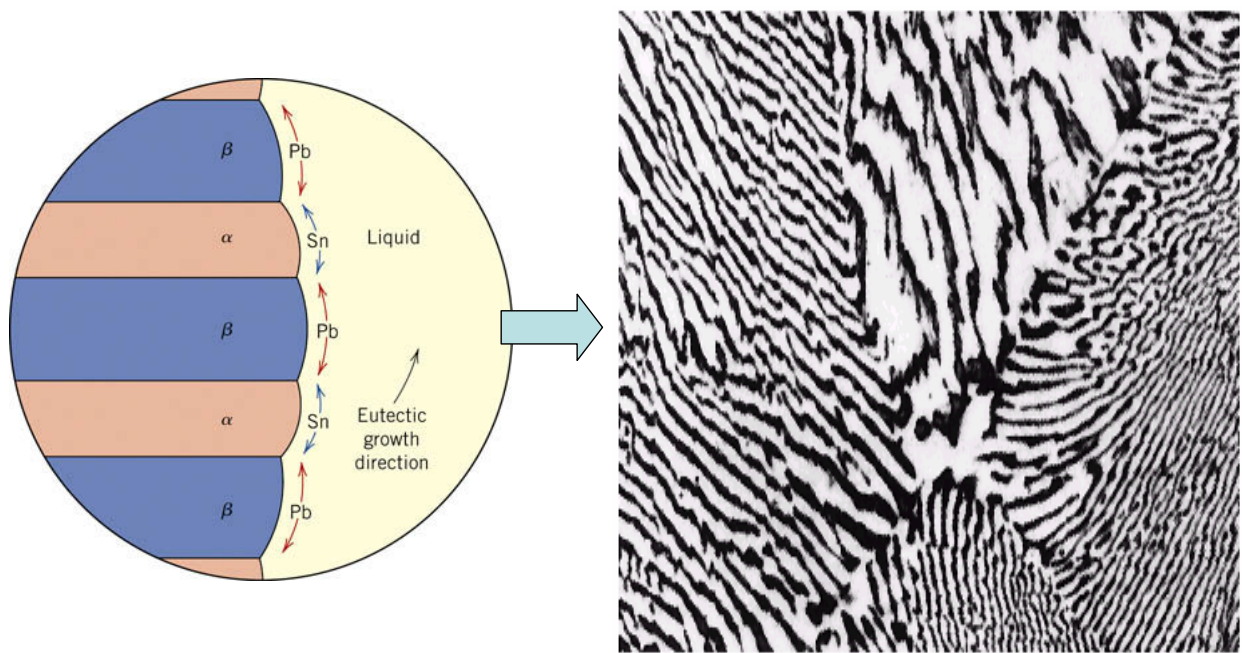


## Mikroszerkezetek eutektikus rendszerekben III.

- $C_o = C_E$
- A hűtés eredménye:  
Eutektikus mikroszerkezet  $\equiv \alpha$  és  $\beta$  kristályok váltakozó lemezei.



# Lemezes eutektikus szerkezet

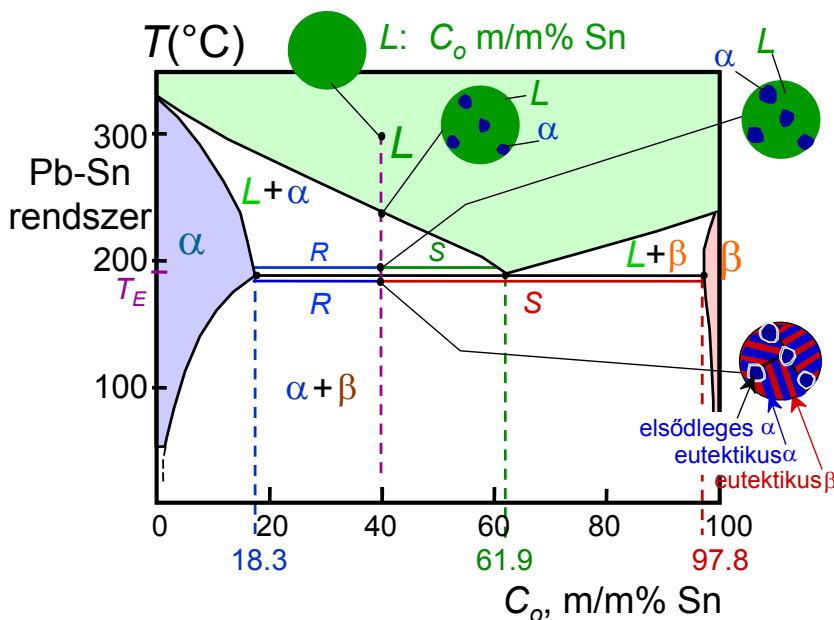


Azért lemezes struktúra jön létre, mert így csak rövid távolságra kell az elemeknek diffundálnia.

VI/9

## Mikroszerkezetek eutektikus rendszerekben IV.

- $18.3 \text{ m/m\% Sn} < C_0 < 61.9 \text{ m/m\% Sn}$
- A hűtés eredménye:  $\alpha$  kristályok és eutektikus mikroszerkezet



- Közvetlen  $T_E$  felett:

$$C_\alpha = 18.3 \text{ m/m\% Sn}$$

$$C_L = 61.9 \text{ m/m\% Sn}$$

$$W_\alpha = \frac{S}{R+S} = 50 \text{ m/m\%}$$

$$W_L = (1 - W_\alpha) = 50 \text{ m/m\%}$$

- Közvetlen  $T_E$  alatt:

$$C_\alpha = 18.3 \text{ m/m\% Sn}$$

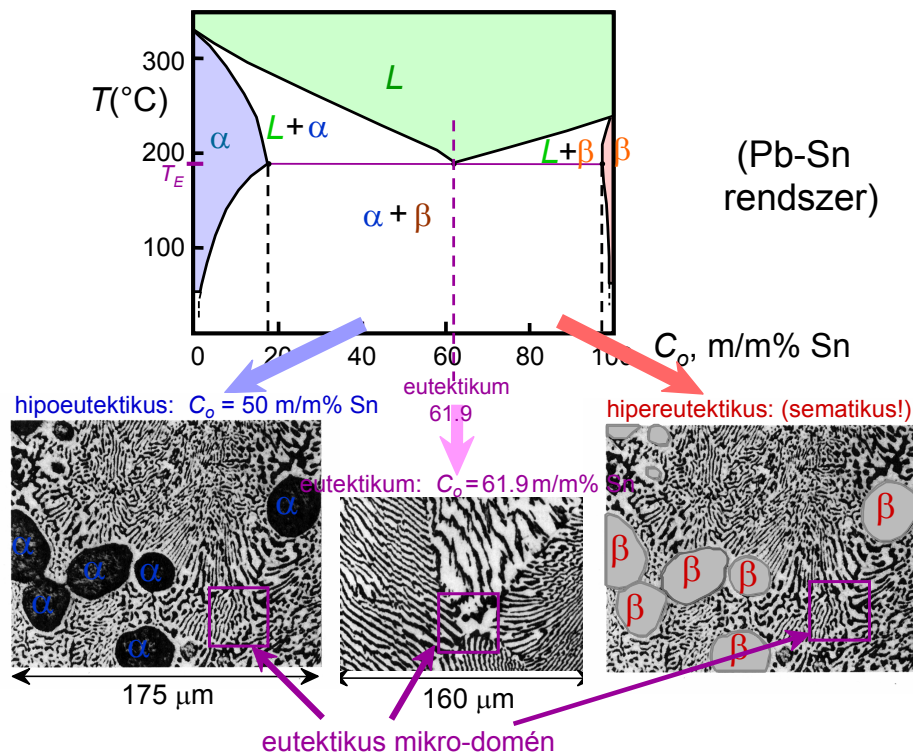
$$C_\beta = 97.8 \text{ m/m\% Sn}$$

$$W_\alpha = \frac{S}{R+S} = 73 \text{ m/m\%}$$

$$W_\beta = 27 \text{ m/m\%}$$

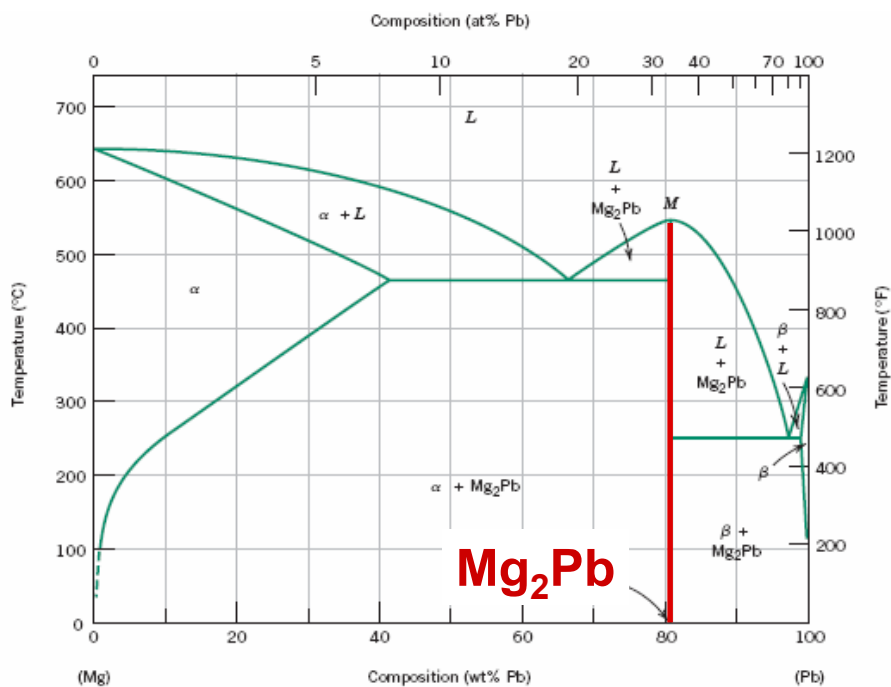
VI/10

# Hipoeutektikus és hipereutektikus szerkezetek



VI/11

# Ha az elemek vegyületet alkotnak

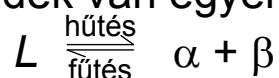


A vegyületek egy függőleges vonalat alkotnak (s nem területet) mivel az összetételük (sztoichiometriájuk) adott.

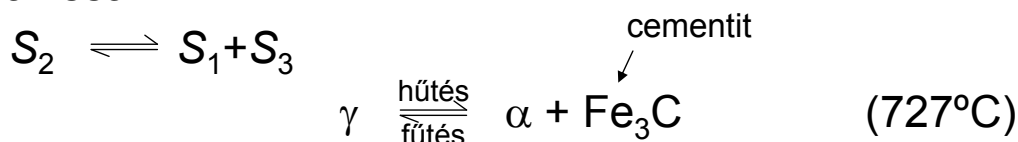
VI/12

### 3 fázist érintő invariáns átalakulások

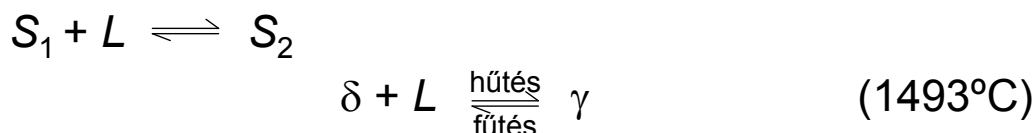
- **Eutektikus** - folyadék van egyensúlyban két szilárd fázissal



- **Eutektoid** - szilárd fázis van egyensúlyban két szilárd fázissal



- **Peritektikus** - folyadék + szilárd<sub>1</sub> → szilárd<sub>2</sub>

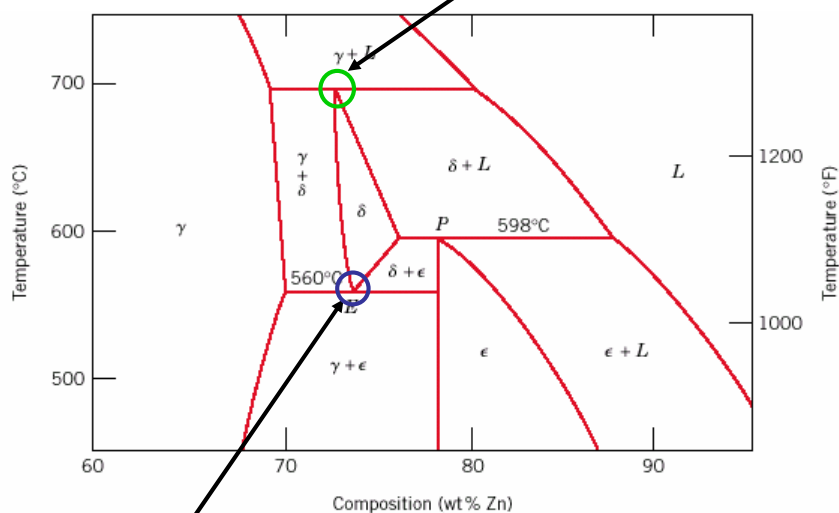


VI/13

### Eutektoid és peritektikum

Peritektikus átalakulás  $\gamma + L \rightleftharpoons \delta$

Cu-Zn rendszer



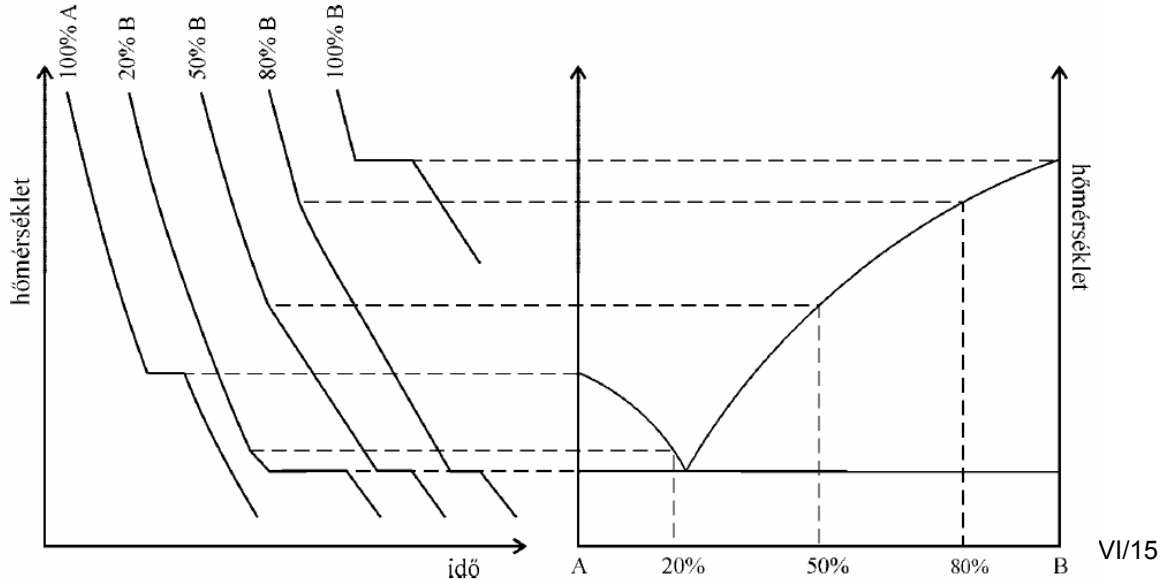
Eutektoid átalakulás  $\delta \rightleftharpoons \gamma + \epsilon$

VI/14



# A fázisdiagramok kísérleti meghatározása I.

- 1) Különböző összetételű olvadékok **hűlési görbéinek** mérésével. E módszer továbbfejlesztése a differenciális termális analízis (DTA), melynél a hűlési viselkedést egy alkalmasan választott referencia minta hűlési jellemzőihez viszonyítva mérjük.



# A fázisdiagramok kísérleti meghatározása II.

- 2) A mikroszerkezet **mikroszkópos megfigyelésével** (polírozott minták felszínén a fázisok maratással tehetők láthatóvá, eutektikus rendszerekre működik jól)
- 3) **Röntgen diffrakció:** a különböző kristálytani orientációjú fázisok mellett – a rácsállandók mérése révén – kiválóan alkalmas a szilárd oldatok oldhatóságának (egyébként igen körülményes) meghatározására is.



# Hasznos linkek

Fázisdiagramok + sematikus mikroszerkezetek

- <http://www.soton.ac.uk/~pasr1/index.htm>

Érdekességek fázisdiagramokról, metallurgiáról

- <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/>

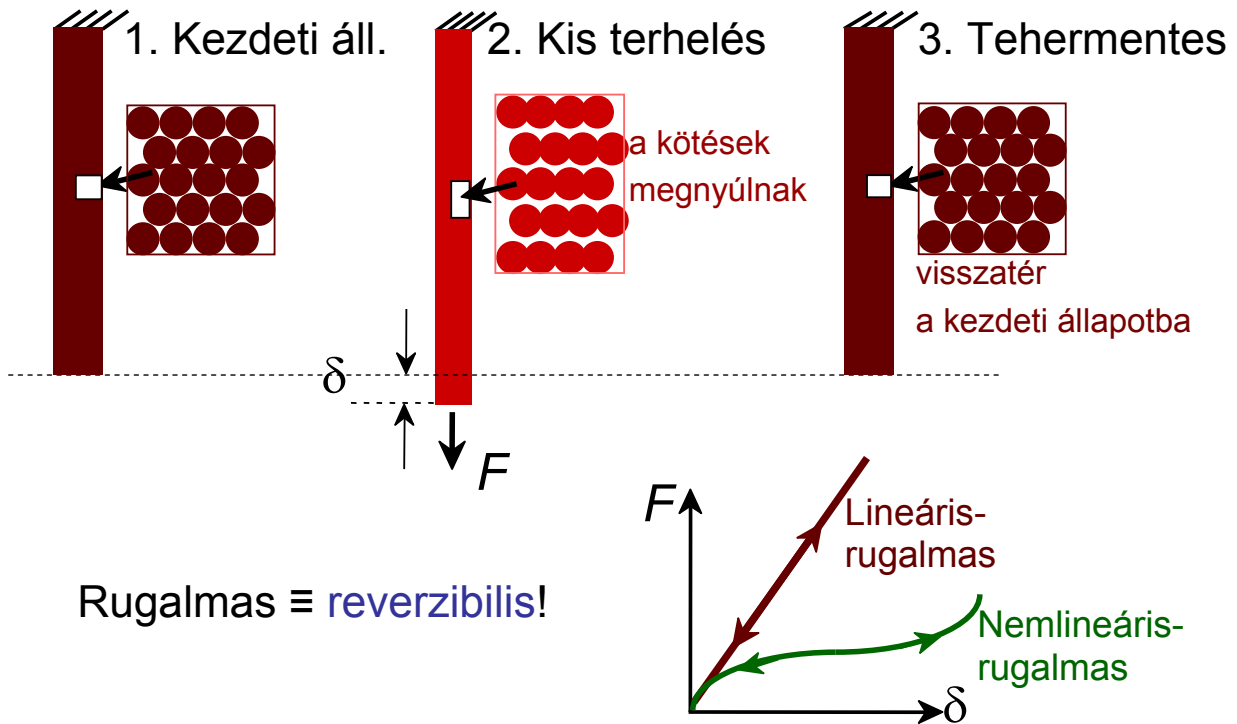
VI/17

## Mechanikai tulajdonságok

- Az anyagok mechanikai viselkedése azt tükrözi, hogy milyen típusú és mértékű alakváltozással reagálnak a külső terhelésre.
- Fontos mechanikai jellemzők a teherbírás (szilárdság), alakíthatóság (duktilitás), a merevség és a keménység.
- A mechanikai tulajdonságokat befolyásoló tényezők: a terhelés természete (fajtája; eloszlása (egyenletes vagy lokális; időben állandó (sztatikus) vagy fluktuáló (dinamikus)), nagysága, időtartama, az anyag mikroszerkezete (fém, kerámia vagy műanyag; kristályos vagy polikristályos; ...), külső körülmények (hőmérséklet).
- Mi döntően a **fémek és ötvözetek** mechanikai tulajdonságaival foglalkozunk.

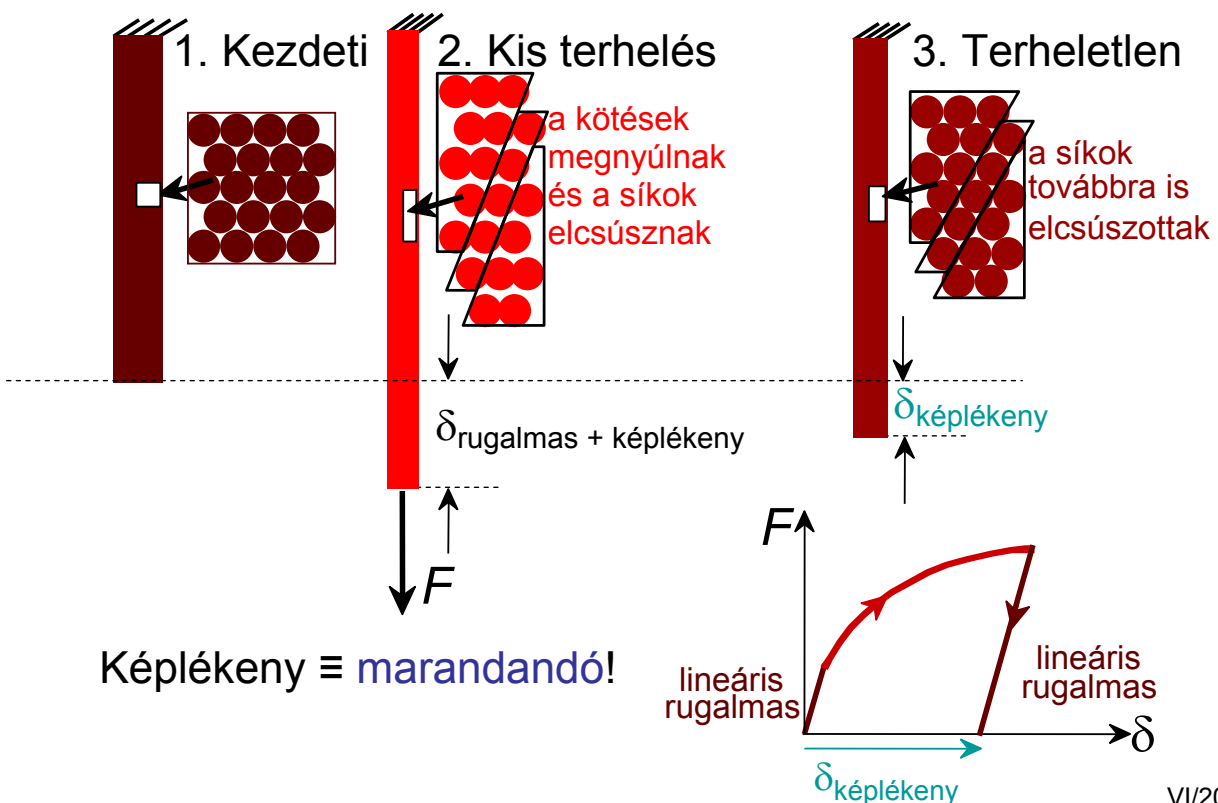
VI/18

# I. Rugalmas alakváltozás



VI/19

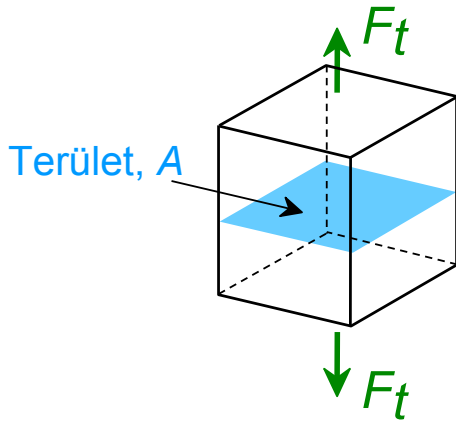
# Képlékeny alakváltozás (fémek)



VI/20

# A külső hatás: terhelés → feszültségek

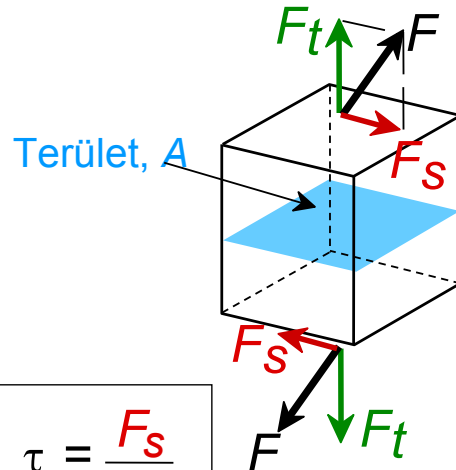
- Húzó feszültség,  $\sigma$ :



$$\sigma = \frac{F_t}{A_0} \quad [\sigma] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

a terhelés előtti keresztmetszet

- Nyíró feszültség,  $\tau$ :



$$\tau = \frac{F_s}{A_0}$$

∴ A feszültség mértékegysége:  $\text{N/m}^2$

## A feszültségek leggyakoribb fajtái

- Egyszerű nyújtás: kábel

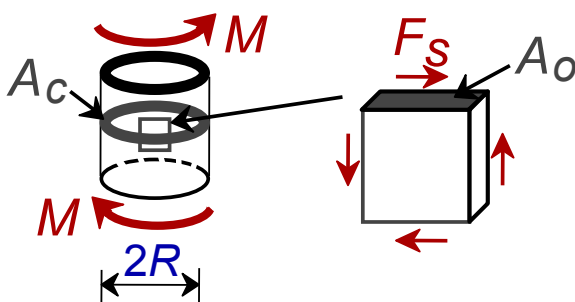


$A_0$  = keresztmetszet  
terheletlen esetben

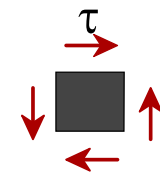
$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \sigma \leftarrow \blacksquare \rightarrow \sigma$$



- Csavarási/torziós (a nyírás egy formája): meghajtó tengely



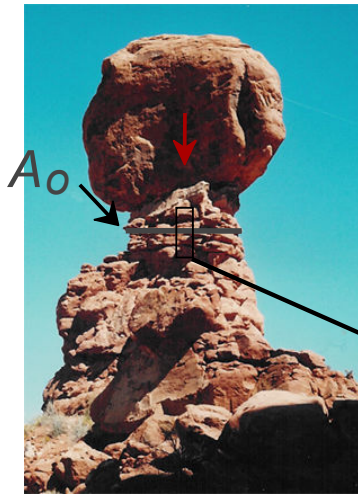
$$\tau = \frac{F_s}{A_0}$$



Most:  $\tau = M/A_c R$ .

# További alapvető feszültség típusok 1/2

- Egyszerű összenyomás:



Alátámasztott szikla,  
Arches Nemzeti Park



Viadukt, Los Alamos

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$



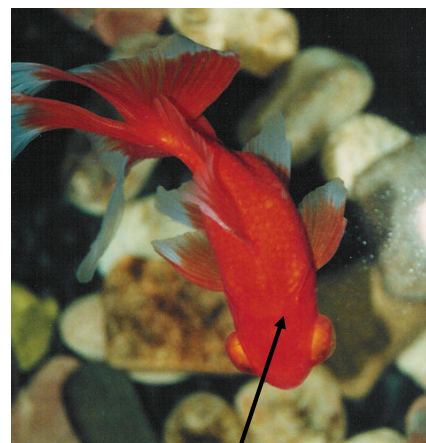
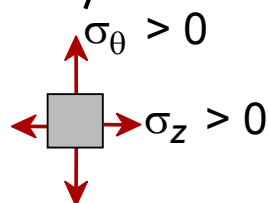
Összenyomáskor a feszültség megegyezés szerint negatív ( $\sigma < 0$ ).

# További alapvető feszültség típusok 2/2

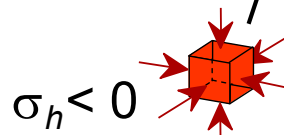
- Kéttengelyű nyújtás:
- Hidrosztatikai összenyomás:



Nyomás alatt levő palack



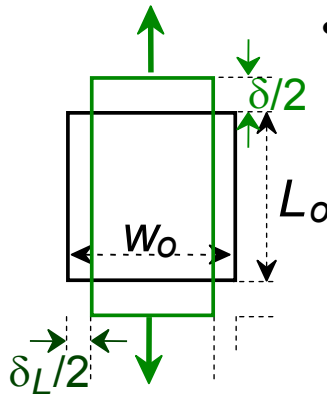
Hal



# Az anyag válasza: deformáció, alakváltozás

- **Megnyúlás:**

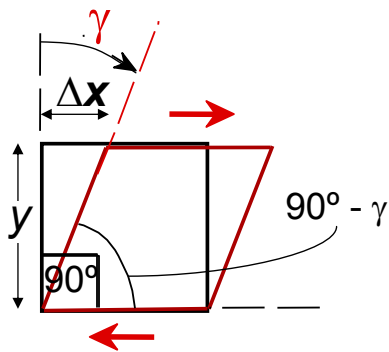
$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0}$$



- **Haránt összehúzódás:**

$$\varepsilon_L = \frac{-\delta_L}{W_0}$$

- **Nyírás(i alakváltozás):**



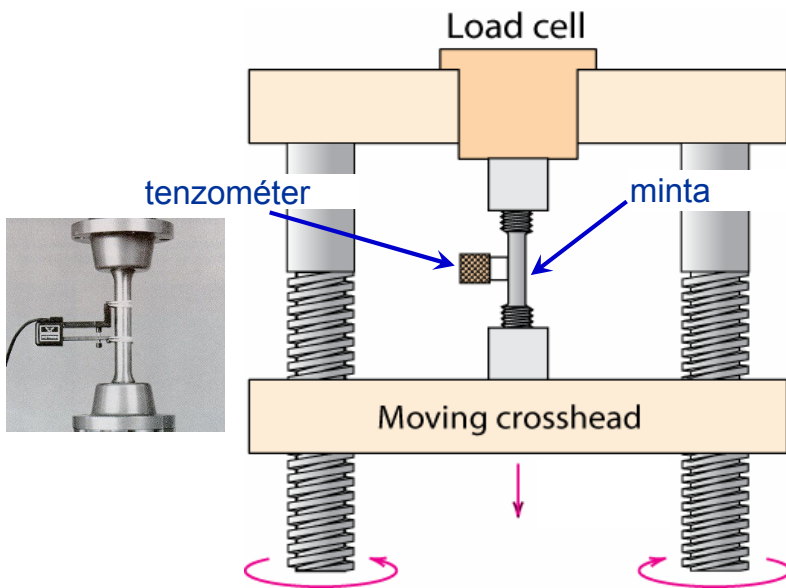
$$\gamma \approx \Delta x / y = \tan \gamma$$

**A deformáció mindig dimenzió nélküli szám!**

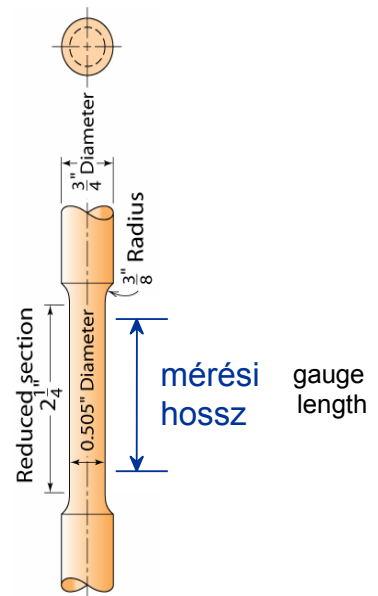
VI/25

## Feszültség-alakváltozás mérése

- **Megnyúlás mérő berendezés**



- **A szokásos minta**

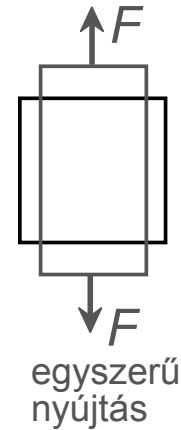
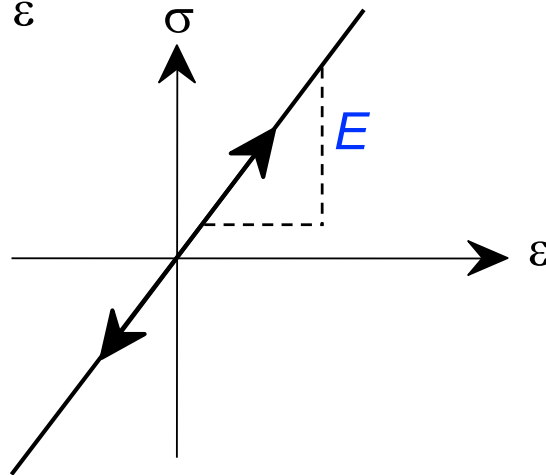


VI/26

# Lineáris rugalmas tulajdonságok

- Rugalmassági együttható vagy Young modulus,  $E$ :
- Hooke törvény:

$$\sigma = E \varepsilon$$

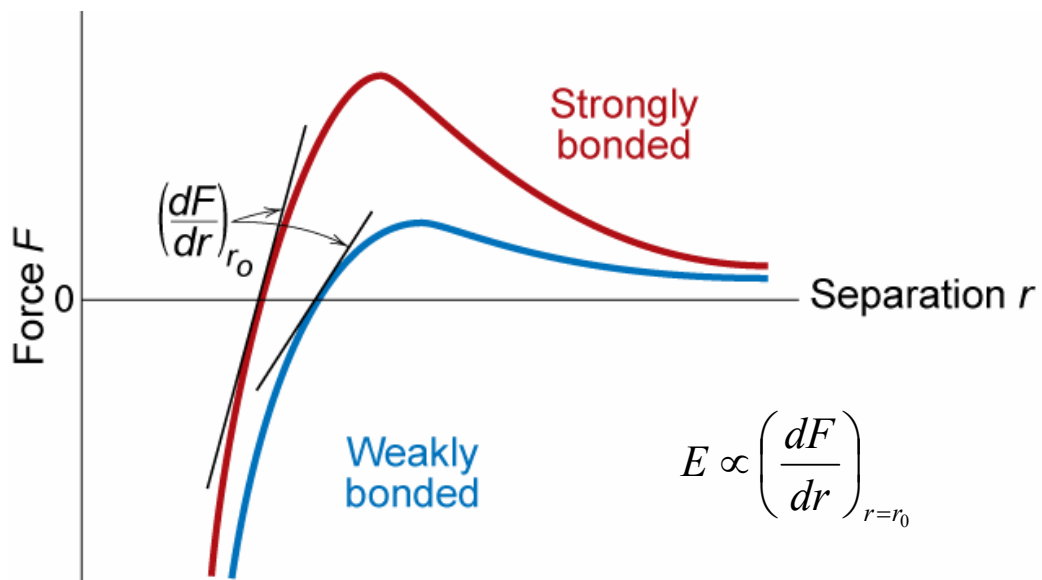


Figyelem: tengelyek!

VI/27

## Mikroszkópikus magyarázat

- A rugalmassági együttható a fémes kötés erősségétől függ



VI/28

# Poisson szám, $\nu$

- **Poisson szám,  $\nu$** : a kereszt-, illetve hosszirányú **relatív** alakváltozások hányadosának -1-szerese

$$\nu = -\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon}$$

elméleti értéke 0.25-0.5

**fémek:**  $\nu \sim 0.33$

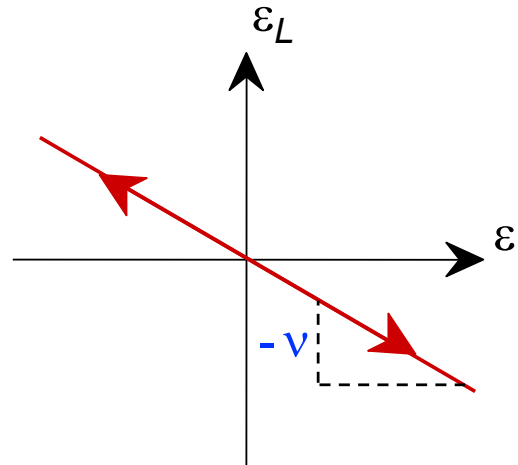
**kerámiák:**  $\nu \sim 0.25$

**műanyagok:**  $\nu \sim 0.40$

Mértékegységek:

$[E] = \text{GPa}$

$\nu$ : mértékegység nélküli



Ha

$\nu > 0.50$  a sűrűség nő

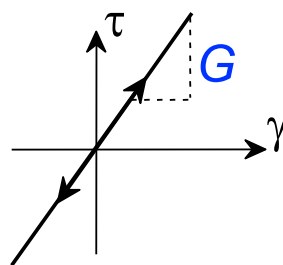
$\nu < 0.50$  a sűrűség csökken

VI/29

## További rugalmas tulajdonságok

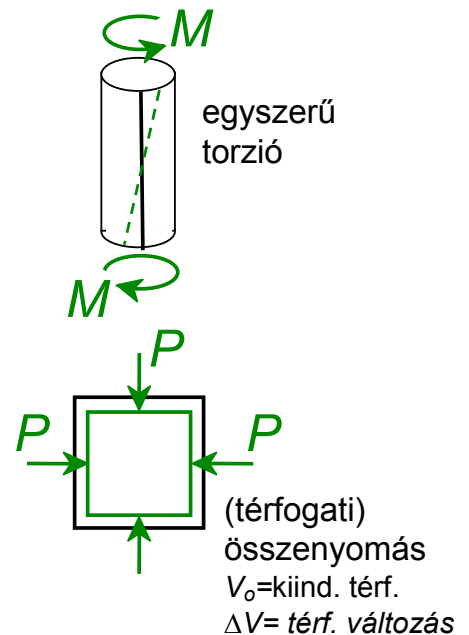
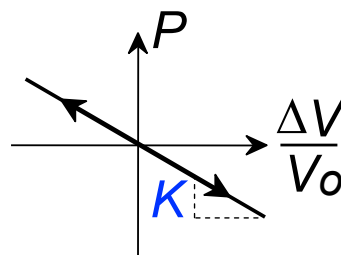
- **Rugalmas nyírási modulus,  $G$** :

$$\tau = G \gamma$$



- **Térfogati rugalmassági modulus,  $K$** :

$$P = -K \frac{\Delta V}{V_0}$$



- **Izotróp anyagokra:**

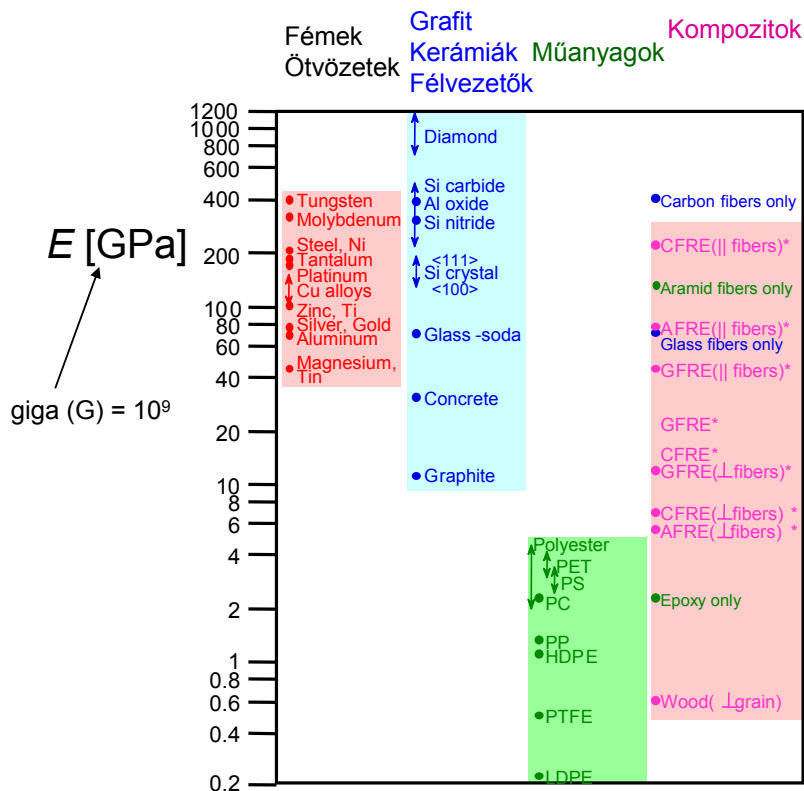
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

Egy kocka deformációjára mutassa meg az összefüggések érvényességét!

VI/30



# Young modulus: összehasonlítás

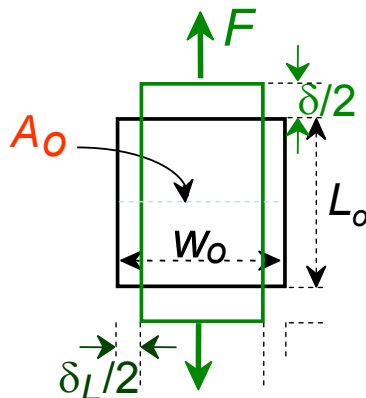


VI/31

## Néhány hasznos összefüggés

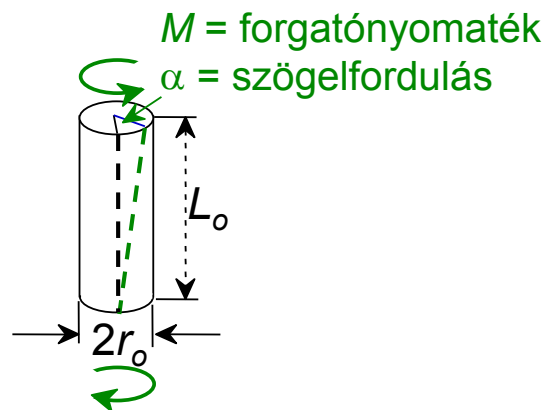
- Egyszerű nyújtás:

$$\delta = \frac{FL_o}{EA_o} \quad \delta_L = -\nu \frac{FW_o}{EA_o}$$



- Egyszerű torzió:

$$\alpha = \frac{2ML_o}{\pi r_o^4 G}$$



- Az anyag, a geometria és a terhelés paramétereinek egyaránt befolyásolják a deformációt.
- A nagyobb rugalmas állandó kisebb rugalmas deformációt jelent.

VI/32