



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

### 5.

Általános anyagszerkezeti ismeretek  
Anyagcsaládok: fémek, kerámiák

Tankönyv  
fejezetei:  
9-11

HF:

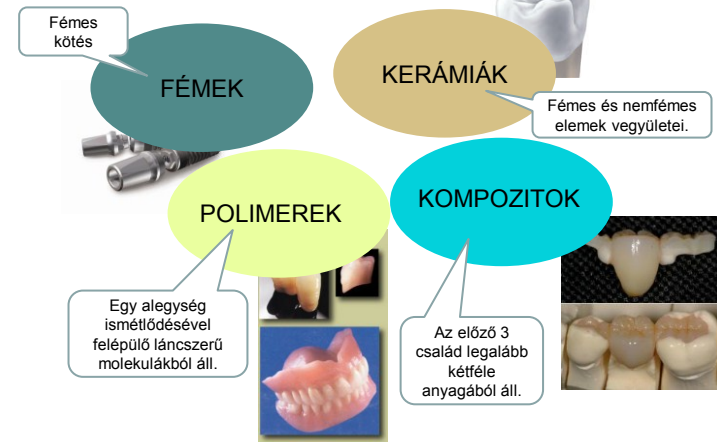
3. fej.:  
3-5, 8, 10, 12, 14,  
18

Kiemelt témák:

- ❖ Ötvözetek fázisdiagramjai
- ❖ Martenzit fázis
- ❖ Fémek és kerámiák szerkezetének összehasonlítása
- ❖ Cirkon ( $ZrO_2$ )

1

## Fogászati anyagok fajtái

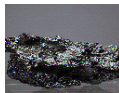


2

## Fémek

Tulajdonságai:

- gyakori anyag; változatos tulajdonságúak
- viszonylag nagy sűrűség
- szobahőmérsékleten szilárd (kivéve Ga és Hg)
- viszonylag nagy szívósságúak és szilárdságúak
- viszonylag jól alakíthatók
- hajlamosak a korrózióra (kivéve a nemesfémek)
- ötvözéssel tulajdonságaik jól befolyásolhatók
- jó hő- és elektromos vezetőképesség
- fémes szín
- nagyrészt nem biokompatibilisek



amorf  
fémüveg!

Szerkezete:

- fémes kötés
- színfémekben azonos méretű atomok
- kristályos (leggyakrabban hexagonális, vagy köbös)\*
- polikristályos\*\*

Alkalmazási példák:

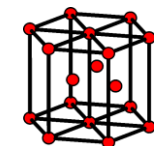
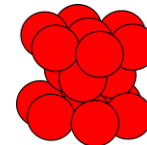
- koronák, hidak
- implantátumok
- tömés
- fogszabályozó készülékek

Előállítás: olvasztás, öntés

3

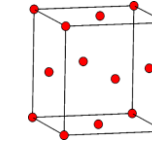
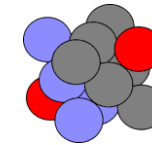
## \*Miért gyakori a hexagonális és köbös rács a fémeknél?

Egyforma gömbök illeszkedése!



szoros illeszkedésű  
hexagonális (hcp)

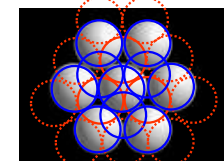
pl. Ti, Cd, Co, Zn, ...  
térkitöltési  
tényező: 74 %



szoros illeszkedésű köbös  
(lapcentrált köbös, fcc)

pl. Ag, Au, Pt, Al, Cu, Ni, ...

74 %



kevésbé szoros  
illeszkedés: pl.  
tércentrált köbös (bcc)

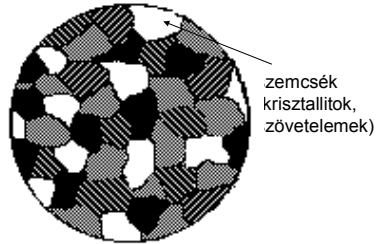
pl. Fe, Cr, ...

68 %

4

## \*\*Polikristályos szerkezet

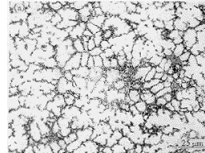
### Szövetszerkezet, mikrostruktúra:



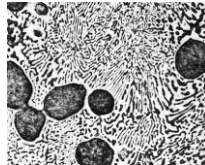
#### Szövetszerkezet vizsgálata:

- csiszolás durvabb/finomabb
- kémiai maratás
- mikroszkópi megfigyelés (fémmikroszkóp)

homogén szövetszerkezet



heterogén szövetszerkezet



5

## Fémötvözetek Cél: tulajdonságok javítása, pl.

- korrózióállóság javítása, pl. Fe, Ni, Co, ...+Cr
- nagyobb keménység, merevség elérése, pl. Au+Cu
- fém-kerámia adhézió növelése, pl. nemesfém+Fe, Sn, In

### Osztályozás:

- fém+fém, pl. Fe+Cr
- fém+nemfém, pl. Fe+C
- használat szerint (pl. inlay, korona, ...)
- alap elem szerint (arany alapú, palládium alapú, ...)
- komponensek száma (biner, terner, kvaterner,...) szerint
- 3 fő elem szerint (pl. Au-Pd-Ag, Ni-Cr-Be, ...)
  - szilárd oldat
  - eutektikus ötvözet
  - peritektikus ötvözet
  - fémvegyület



6

### Ötvözési arányok:

• tömeg%  $c_{m,1} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot 100\%$

• mól%  $c_{v,1} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} \cdot 100\%$  → tulajdonságok!  
(Pl. Ni-Cr-Mo-Be ötvözet: Be 1,8 súly% ↔ 11 mól%)

Átszámoláshoz:

$$c_{v,1} = \frac{c_{m,1} \cdot M_2}{c_{m,1} \cdot M_2 + c_{m,2} \cdot M_1} \cdot 100\% \quad c_{m,1} = \frac{c_{v,1} \cdot M_1}{c_{v,1} \cdot M_1 + c_{v,2} \cdot M_2} \cdot 100\%$$

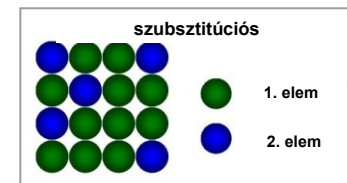
Átlagsűrűség:  $\bar{\rho} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{c_{m,1} \cdot \rho_2 + c_{m,2} \cdot \rho_1}$

7

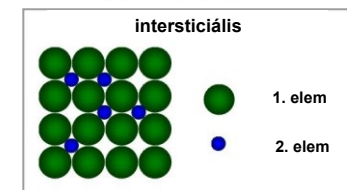
## Szilárd oldat (elegykristály)

Mind folyadék fázisban, mind szilárd fázisban jó oldódás →

homogén szövetszerkezet



pl. Cu-Ni, Pd-Ag, Au-Cu, ...



pl. Fe-C, CP Ti (O, C, N, H), ...

(CP: kereskedelmi tisztaságú)

8

### Oldhatóság feltételei szubsztitúciós szilárd oldatra:

- atomok mérete ne nagyon különbözzön (< 15%)
- azonos kristályrács típus
- hasonló elektronegativitás
- vegyérték azonos, vagy az „oldószer” vegyértéke nagyobb

fém	atom átmérő (nm)	rács típus	elektro-negativitás
Au	0,2882	fcc	2,4
Pt	0,2775	fcc	2,2
Pd	0,2750	fcc	2,2
Ag	0,2888	fcc	1,9
Cu	0,2556	fcc	1,9
Ni	0,25	fcc	1,8
Sn	0,3016	tetragonális	1,8

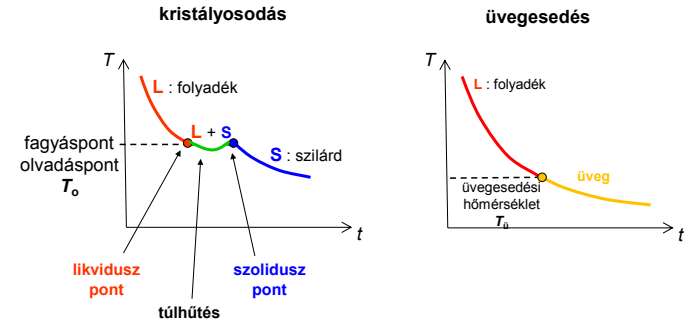
### Oldhatóság feltételei intersticiális szilárd oldatra:

- „oldott” atom mérete jóval kisebb
- „oldott” anyag mennyisége kicsi (< 10%)

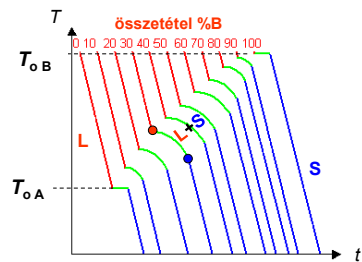
### Szilárd oldat tulajdonságai:

Rugalmassági határ, szilárdság, keménység nő,  
képlékenység csökken, pl. Au-Cu(5 tömeg%)

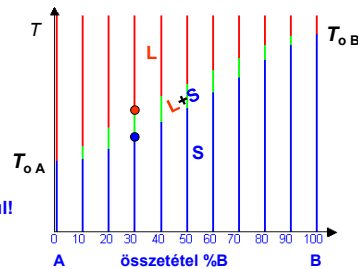
### Tiszta fémolvadék lehűlési görbéje



### Szilárd oldat lehűlési görbéje

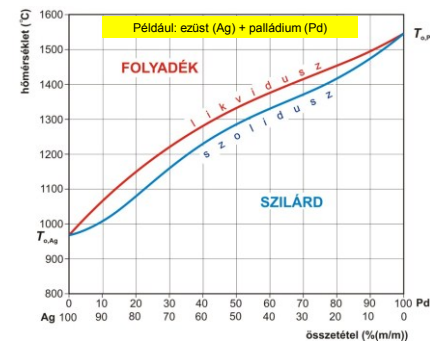
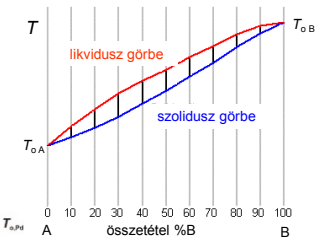


### fázisdiagramja



Egyensúlyi állapotokon keresztül!  
= végtelenül lassú hűtés

### Egyensúly!



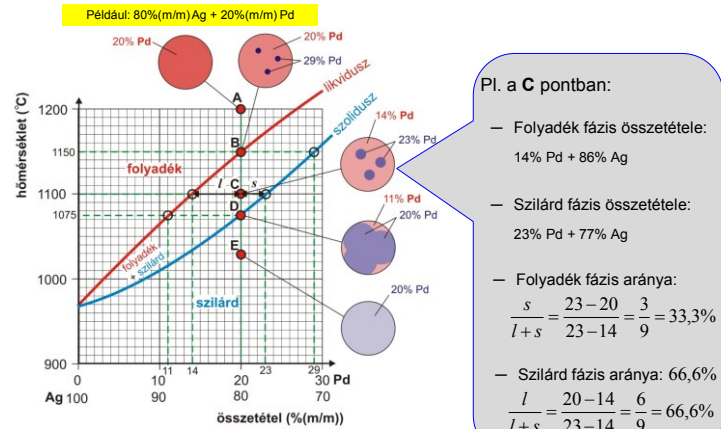
9

10

11

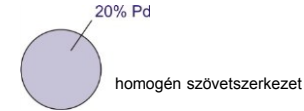
12

## Fázisok arányának, összetételének meghatározása



13

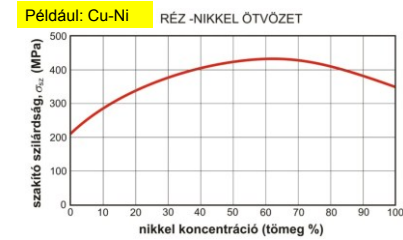
Egyensúlyi állapotokon keresztül = végtelenül lassú hűtés



**Nem egyensúlyi állapotokon keresztül  
= ésszerű sebességű hűtés**



## Ötvözés hatása a tulajdonságokra



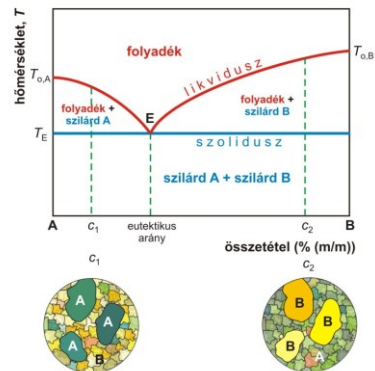
14

## Eutektikus ötvözetek

Szilárd fázisban teljes oldhatatlanság →

színfém krisztallitok →

heterogén szövetszerkezet



Például:

77% $\text{H}_2\text{O}$ +23% $\text{NaCl}$ :

$$T_E = -21^\circ\text{C}$$

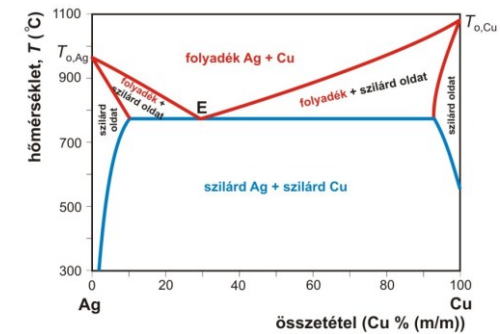
Wood-fém (Bi-Pb-Cd-Sn):

$$T_E = 68^\circ\text{C}$$

$>230^{\circ}\text{C}$

15

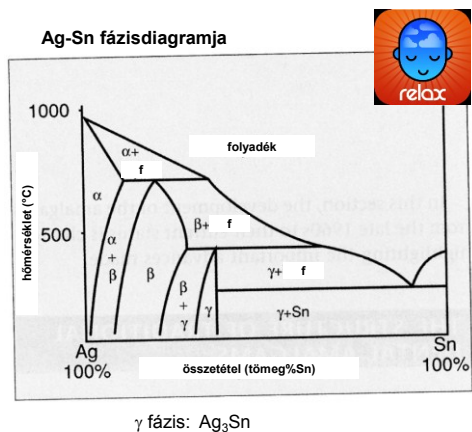
## Pl. Ag-Cu



16

## Amalgám

tipikus összetétel	
fém	%(m/m)
Hg	50
Ag	34
Sn	13
Cu	2
Zn	1

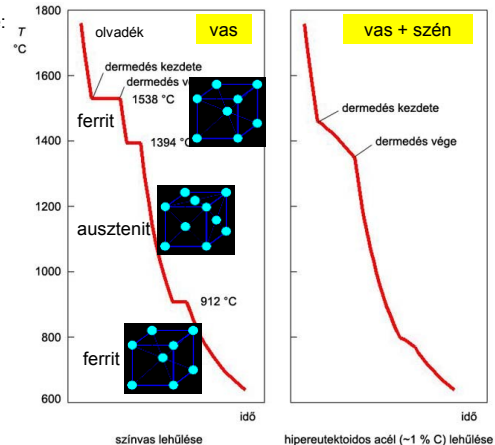


17

## Egy exotikus fázis – martenzit

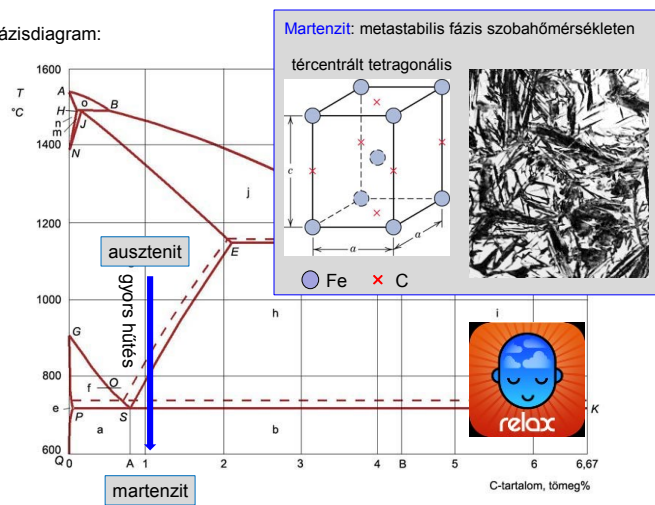
Példa: vas-szén ötvözet

Lehülési görbe:



18

Fázisdiagram:



19

## Kerámiák

Definíció: fémek és nemfémek vegyülete (vannak kivételek!)

Tulajdonságai:

- közepes sűrűség
- szobahőmérsékleten szilárd
- nagy merevség, keménység, de nem jól alakíthatók, törékenyek
- nagy hő- és korrózióállóság
- gyenge hőszigetelés
- rossz hő- és elektromos vezetőképesség
- változatos optikai tulajdonságok
- biokompatibilitás

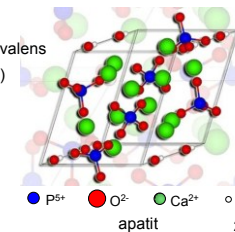


Szerkezete:

- főként ionkötés, kisebb részben kovalens
- különböző méretű ionok (általában)
- kristályos v. amorf

Alkalmazási példák:

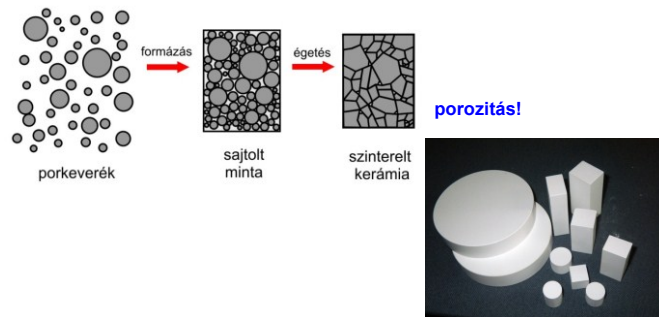
- koronák, hidak
- gyökérstift
- cementek
- csiszolóanyagok



20



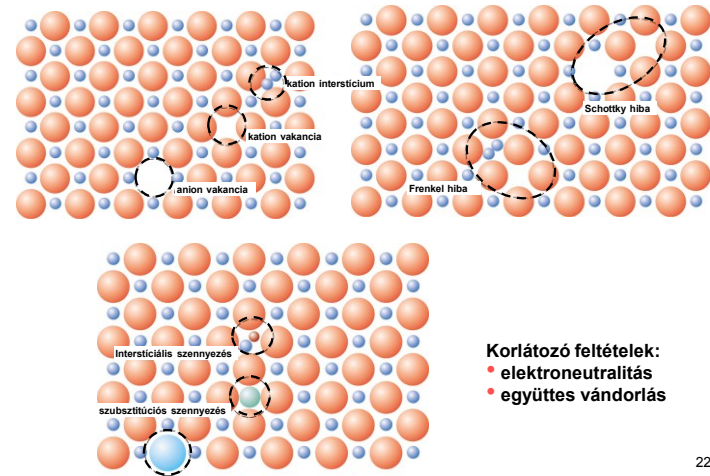
**Előállítás:** égetés, szinterelés



**Üvegkerámia:** Amorf üveg → kristály átalakulás magas hőmérsékleten  
⇒ nagyon finom szemcsés polikristályos anyag

21

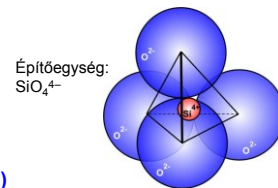
**Hibák:**



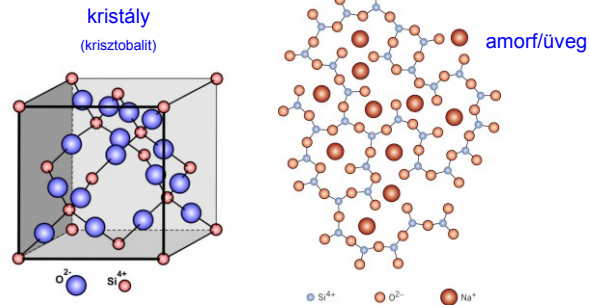
22

## Szilikátok

Meghatározó elemek: Si és O

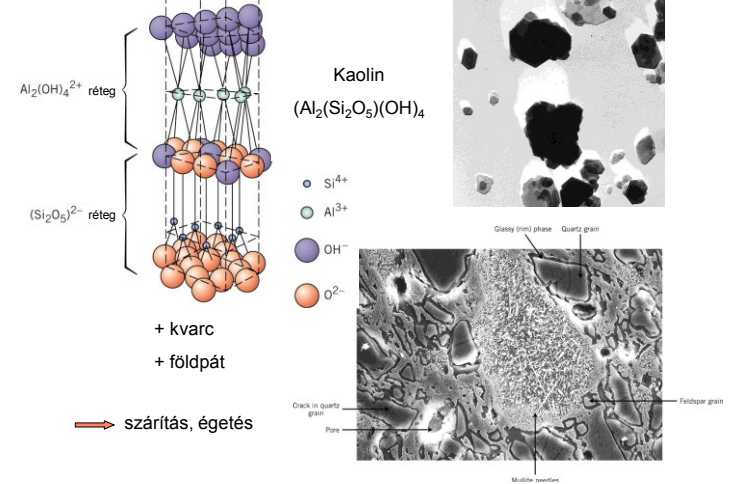


### • Szilícium-dioxid ( $\text{SiO}_2$ )



23

### • Porcelán (hagyományos)



## Oxid kerámiák

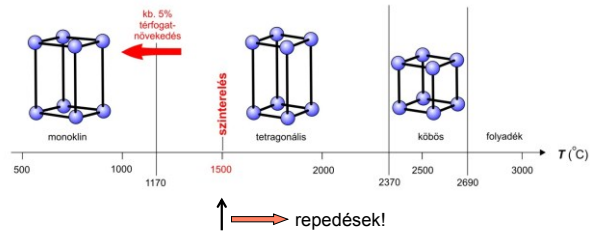
### • Cirkónium-dioxid ( $ZrO_2$ , cirkon)

Tulajdonságok (tömrre szinterelt állapotban):

- fehér
- sűrűsége kb.  $6 \text{ g/cm}^3$
- nagy szilárdságú és nagy szívósságú, merev, kemény (l. később)

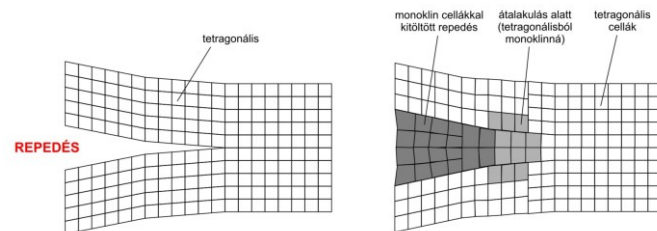
Előállítás:

- cirkonhomokból ( $ZrSiO_4$ )
- drága tisztítási eljárások, de hafniumoxid marad kb 1%-ban (radioaktivitás  $<1 \text{ Bq/g!}$ )
- hideg v. meleg sajtolás, szinterelés



25

A cirkon „önjavító” képessége:

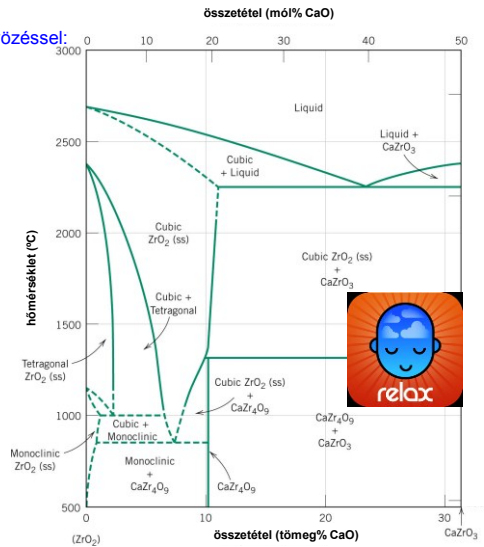
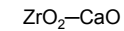
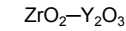
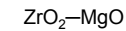


→ Cirkon hozzáadásával más kerámiák is ellenállóbbá tehetők a repedésekkel szemben!

→ I. Fázisátalakulással szívóított kerámiák!

27

Cirkon stabilizálása ötvözással:



6

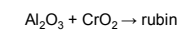
### • Alumínium-oxid ( $Al_2O_3$ )

Tulajdonságok:

- színtelen, fehér
- olvadáspont  $2700^\circ\text{C}$
- sűrűsége kb.  $4 \text{ g/cm}^3$
- nagyon kemény (l. később)

Kristályos formák:

korund



Következő előadáshoz:  
12-13.  
tankönyvi fejezetek

28