



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

4.

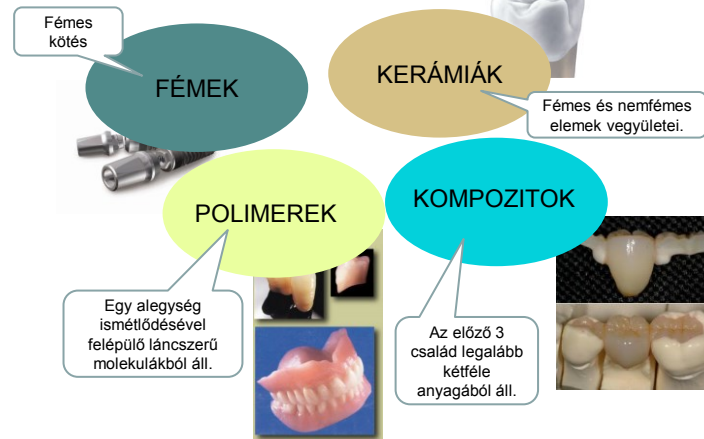
Általános anyagszerkezeti ismeretek  
Anyagcsaládok: fémek és kerámiák

Tankönyv  
fejezetei:  
9-11

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

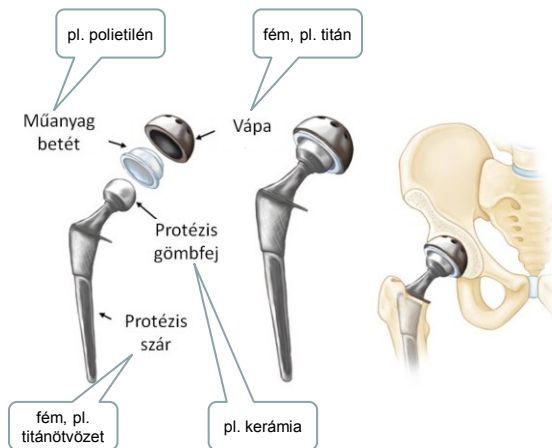
1

## Fogászati anyagok fajtái

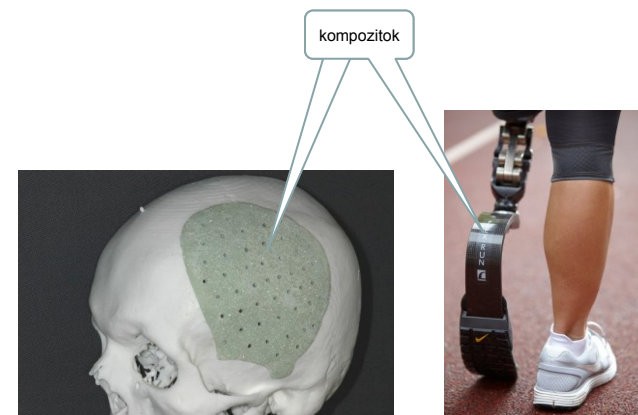


2

Néhány általános orvosi példa:

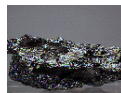


3



4

## 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)
- ötvözzel tulajdonságaik jól befolyásolhatók
- jó hő- és elektromos vezetőképesség
- fémes szín
- nagyrészt nem biokompatibilisek



### Szerkezete:

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

amorf  
fémüveg!

### Alkalmazási példák:

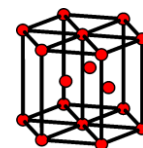
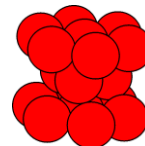
- koronák, hidak
- implantátumok
- tömés
- fogszabályozó készülékek

Előállítás: olvasztás, öntés

5

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

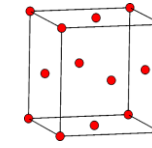
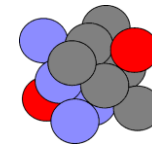
Egyforma gömbök illeszkedése!



szoros illeszkedésű  
hexagonális (hcp)

pl. Ti, Cd, Co, Zn, ...

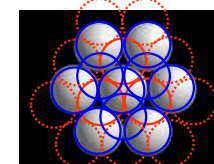
térkitöltési  
tényező: 74 %



szoros illeszkedésű köbös  
(lapcentrált köbös, fcc)

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

74 %



kevésbé szoros  
illeszkedés: pl.  
tércentrált köbös (bcc)

pl. Fe, Cr, ...

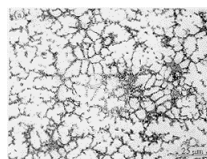
68 %

6

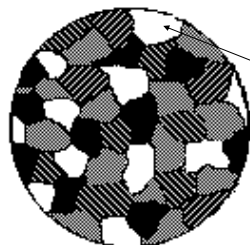
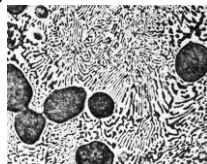
## \*\*Polikristályos szerkezet

### Szövetszerkezet, mikrostruktúra:

homogén szövetszerkezet



heterogén szövetszerkezet



zemcsék  
kristallitok,  
zövelemek)

### Szövetszerkezet vizsgálata:

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

7

## 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, ...)
- uralkodó fázisdiagram szerint
  - szilárd oldat
  - eutektikus ötvözet
  - peritektikus ötvözet
  - fémvegyület

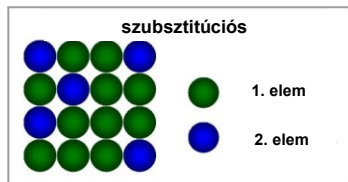


8

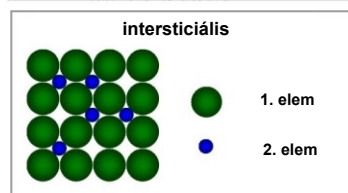
## Szilárd oldat (elegykristály)

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)

9

### 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:

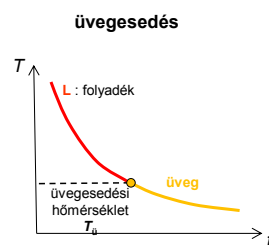
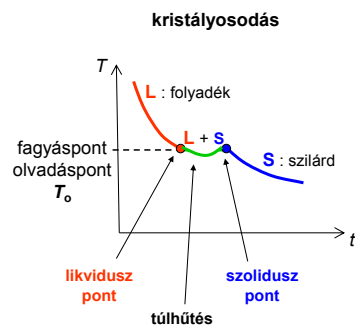
- „oldott” atom mérete jóval kisebb
- „oldott” anyag mennyisége kicsi (< 10%)

### Szilárd oldat tulajdonságai:

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

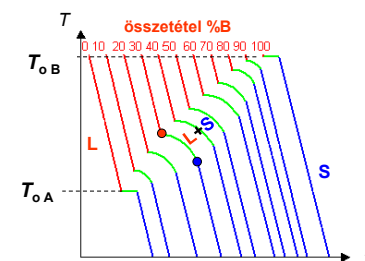
10

## Tiszta fémolvadék lehűlési görbéje

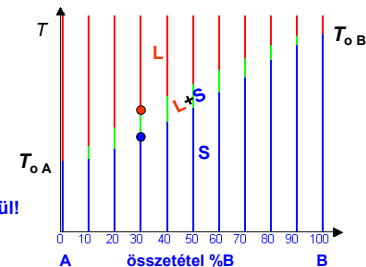


11

## Szilárd oldat lehűlési görbéje



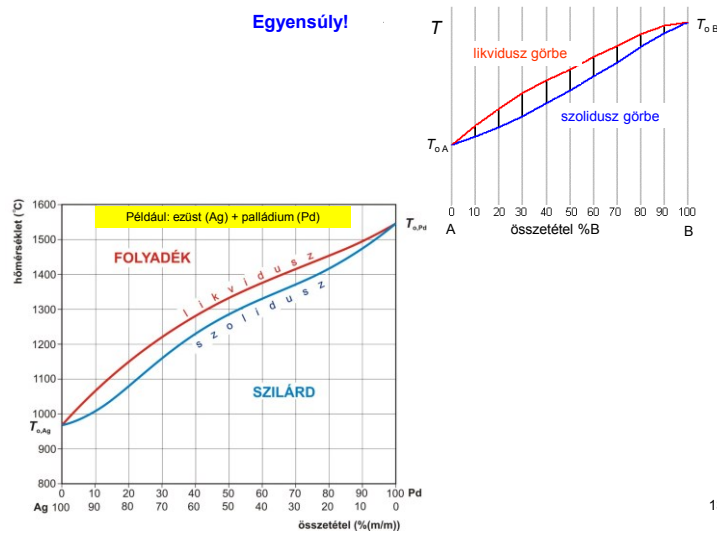
## fázisdiagramja



Egyensúlyi állapotokon keresztül!  
= végtelenül lassú hűtés

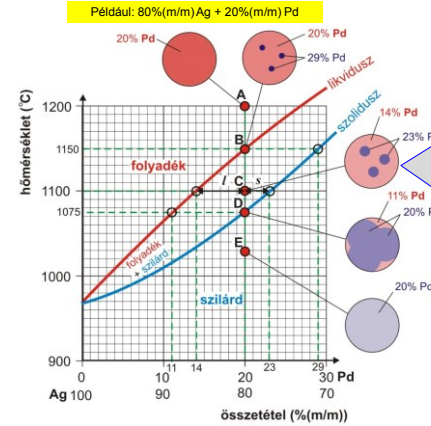
12

Egyensúly!



13

## Fázisok arányának, összetételének meghatározása

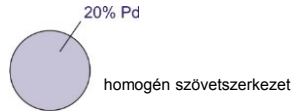


Pl. a C pontban:

- Folyadék fázis összetétele:  
14% Pd + 86% Ag
- Szilárd fázis összetétele:  
23% Pd + 77% Ag
- Folyadék fázis aránya:  
$$\frac{s}{l+s} = \frac{23-20}{23-14} = \frac{3}{9} = 33,3\%$$
- Szilárd fázis aránya: 66,6%  
$$\frac{l}{l+s} = \frac{20-14}{23-14} = \frac{6}{9} = 66,6\%$$

14

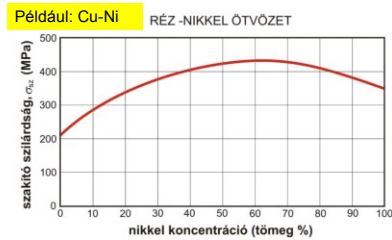
Egyensúlyi állapotokon keresztül =  
végtelenül lassú hűtés



Nem egyensúlyi állapotokon keresztül =  
ésszerű sebességű hűtés



Ötvözés hatása a tulajdonságokra



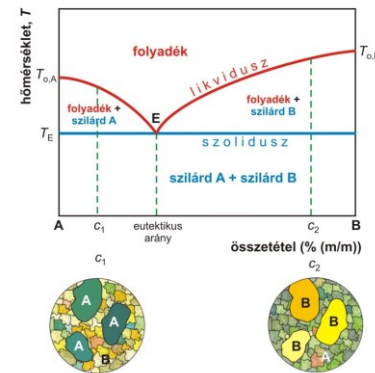
15

## Eutektikus ötvözetek

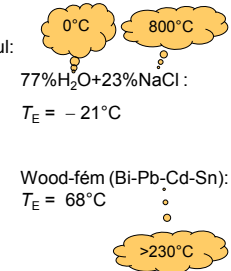
Szilárd fázisban teljes oldhatatlanság →

színfém kristallitok →

heterogén szövetszerkezet



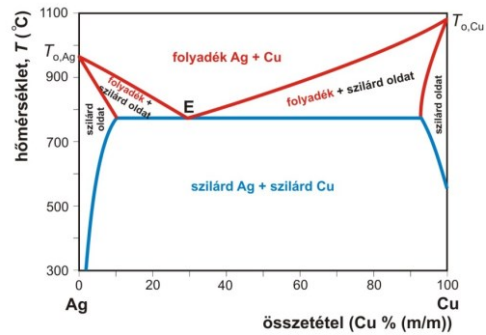
Például:



Wood-fém (Bi-Pb-Cd-Sn):  
 $T_E = 68^\circ\text{C}$

16

## Pl. Ag-Cu

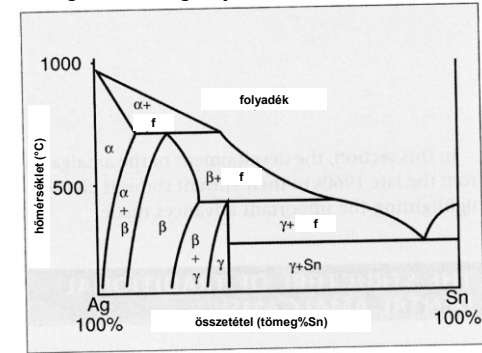


17

## Egy példa: amalgám

Ag-Sn fázisdiagramja

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

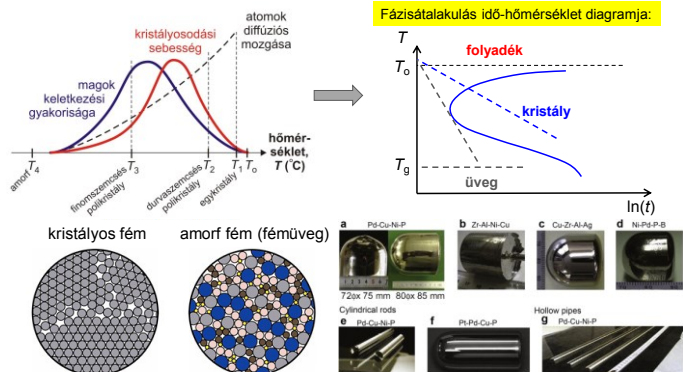


$\gamma$  fázis:  $Ag_3Sn$

18

## Fémüvegek (amorf fémek)

- Az első fémüveg: 1960-as évek, Au-Si ötvözet,  $\approx 10^6$  K/s hűtési sebesség(!), < 1 mm-es méret.
- Az első kereskedelmi forgalomba hozott fémüveg: 1990-es évek, Zr-Ti-Cu-Ni-Be ötvözet,  $\approx 1$  K/s hűtési sebesség,  $\approx$  cm-es méret.

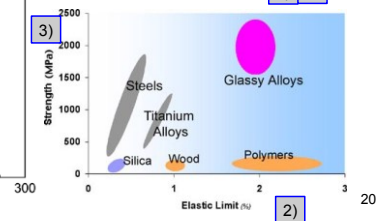
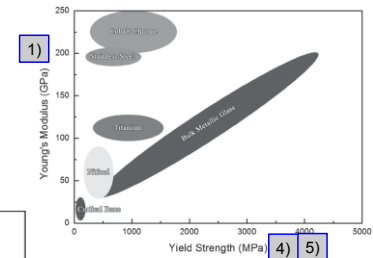
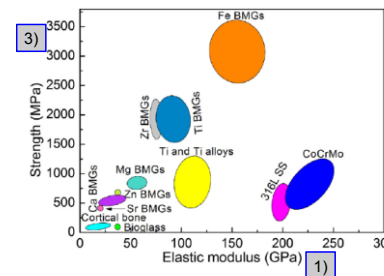


19

<https://www.youtube.com/watch?v=Yg0hUqdzXGw>

Fémüvegek (BMG) különleges tulajdonságai a kristályos fémekkel szemben:

- 1) kevésbé merevek
- 2) rugalmasabbak
- 3) erősebbek
- 4) keményebbek
- 5) kevésbé kopnak
- 6) kevésbé korrodálnak
- 7) biokompatibilitásuk jobb

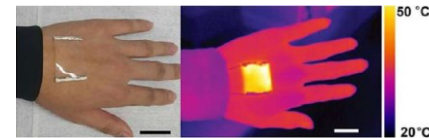
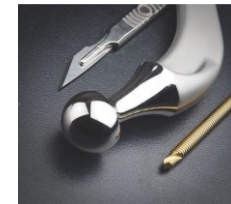
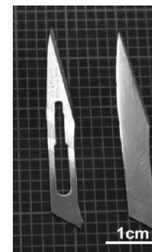






21

ZrCuAlAgSi BMG



More information: Byeong Wan An, et al.  
"Stretchable, Transparent Electrodes as Wearable  
Heaters Using Nanotrough Networks of Metallic  
Glasses with Superior Mechanical Properties and  
Thermal Stability." Nano Letters. DOI:  
10.1021/acs.nanolett.5b04134

22

## Kerámia

Definíció: fém és nemfém elemek 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



Előállítás:

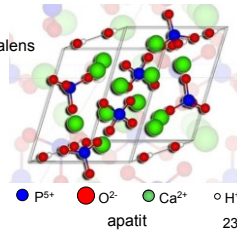
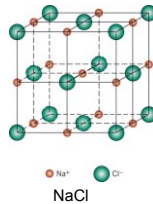
- olvasztás, öntés
- szinterelés\*

Szerkezete:

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

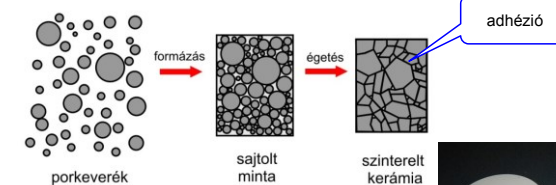
Alkalmazási példák:

- koronák, hidak
- gyökérszif
- cementek
- csiszolóanyagok



23

## \*Szinterelés



Egy gyakorlati probléma:  
**porozitás!**



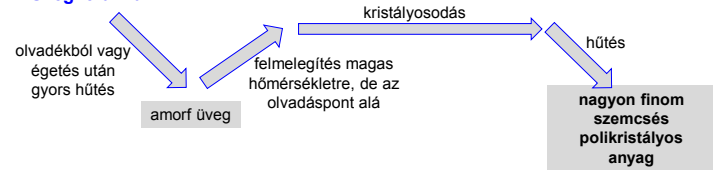
Folyadékfázisú szinterelés: olvasztás és égetés kombinációja

24

## \*\*Szerkezet

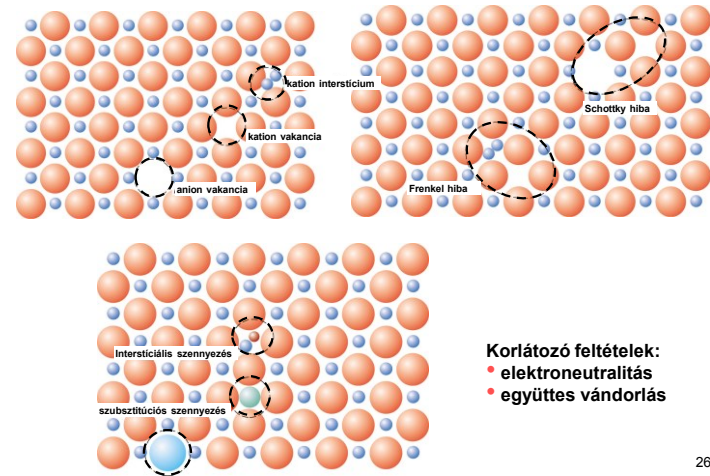


### Üvegkerámia:



25

### Kristályrácsbeli hibák:



26

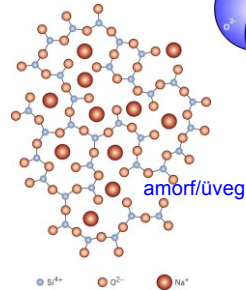
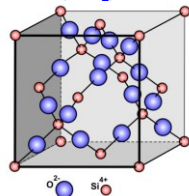
## Szilikátok

Meghatározó elemek: Si és O

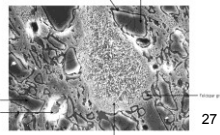
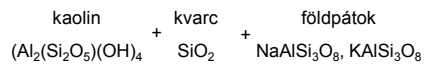
Építőegység:  $\text{SiO}_4^{4-}$

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

**kristály**  
(pl. krisztobalit)



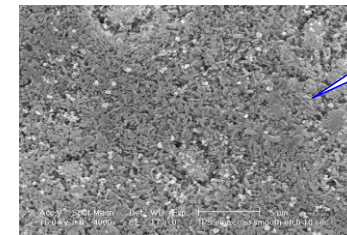
### • Porcelán (hagyományos)



27

### • Fogorvosi szilikátkerámiák

- amorf üveg (nátronföldpát -  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , kálföldpát -  $\text{KAISi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ...)
- amorf üveg kristályos tartományokkal
  - amorf földpátüveg + kevés leucitkristály ( $\text{KAISi}_2\text{O}_6$ )
  - amorf földpátüveg + 50% leucitkristály ( $\text{KAISi}_2\text{O}_6$ )
  - Li-szilikátüveg + 70% Li-diszilikátkristály ( $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ )



28

## Oxid kerámiák

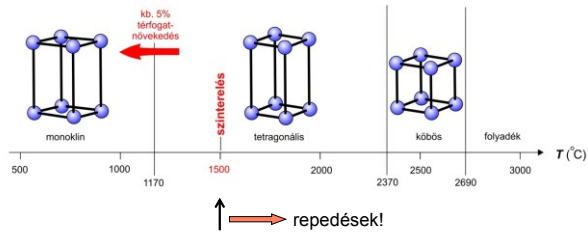
### • Cirkónium-dioxid ( $ZrO_2$ )

Tulajdonságok (tömörre szinterelt állapotban):

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

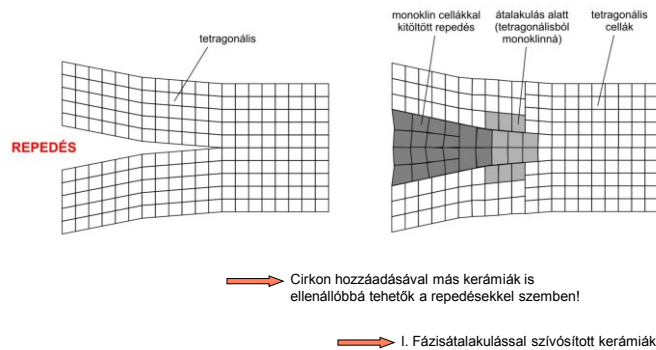
Előállítás:

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



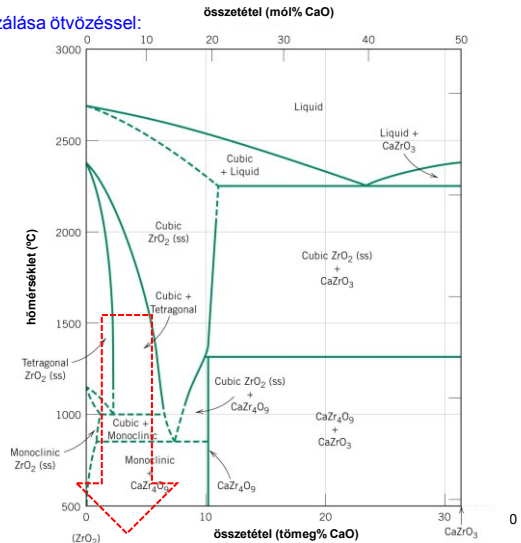
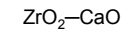
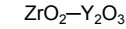
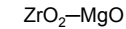
29

A cirkon „önjavító” képessége:



31

Cirkonium-dioxid stabilizálása ötvözással:

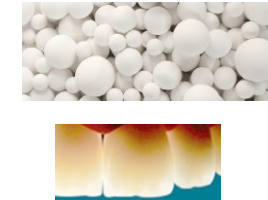
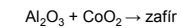
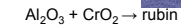


### • Alumínium-oxid ( $Al_2O_3$ )

Tulajdonságok:

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

Kristályos formák: korund



### • Oxidkerámia kristály + üveg

Következő előadáshoz:  
12-13.  
tankönyvi  
fejezetek

32