



Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

4.

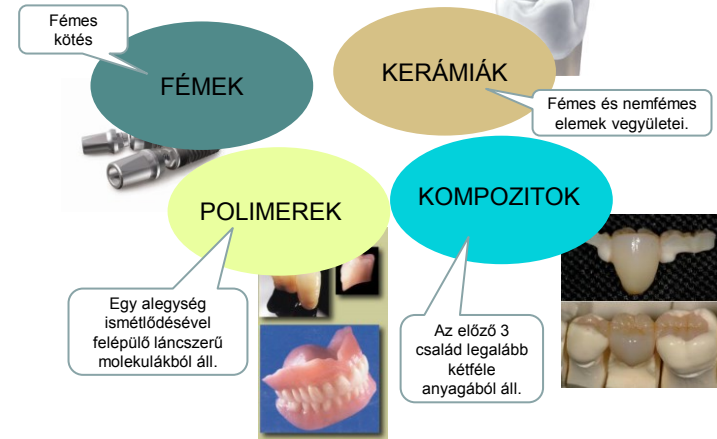
Általános anyagszerkezeti ismeretek
Anyagcsaládok: fémek és kerámiák

Tankönyv
fejezetei:
9-11

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

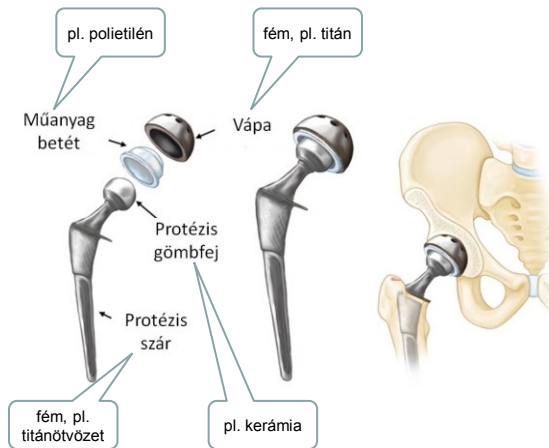
1

Fogászati anyagok fajtái

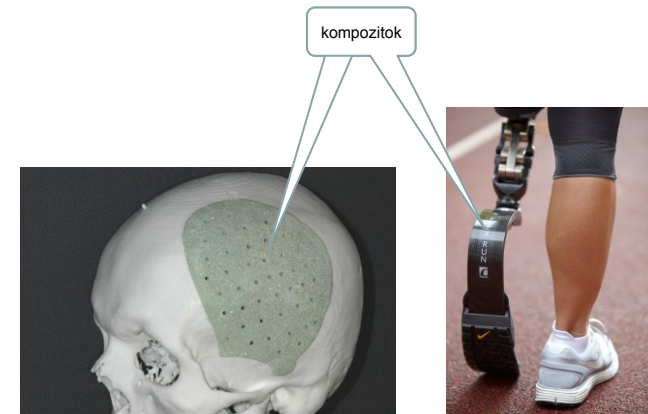


2

Néhány általános orvosi példa:

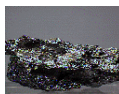


3



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
- szímfémekben azonos méretű atomok
- kristályos (leggyakrabban hexagonális, vagy köbös)*
- polikristályos**

amorf
fémüveg!

Alkalmazási példák:

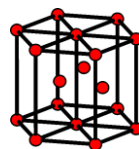
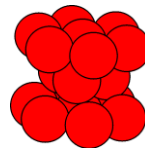
- koronák, hidak
- implantátumok
- tömés
- fogszabályozó készülékek

Előállítás: olvasztás, öntés

5

*Miért gyakori a hexagonális és köbös rács a fémeknél?

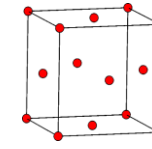
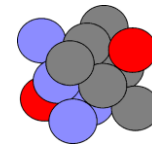
Egyforma gömbök illeszkedése!



szoros illeszkedésű
hexagonális (hcp)

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

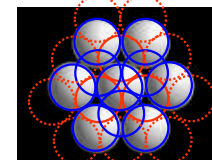
térkitöltési
tényező: 74 %



szoros illeszkedésű köbös
(lapcentrált köbös, fcc)

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

74 %



kevésbé szoros
illeszkedés: pl.
tércentrált köbös (bcc)

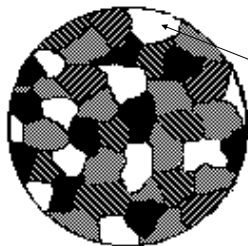
pl. Fe, Cr, ...

68 %

6

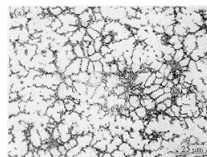
**Polikristályos szerkezet

Szövetszerkezet, mikrostruktúra:

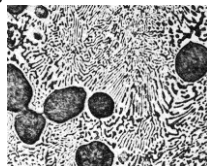


zemcsék
kristallitok,
zöveletelemek

homogén szövetszerkezet



heterogén szövetszerkezet



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

Ötvözési arányok:

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

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

Átszámoláshoz:

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

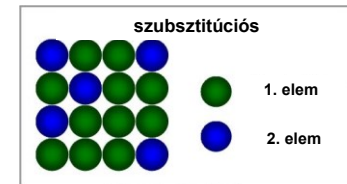
Átlagsűrűség: $\bar{\rho} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{c_{m,1} \cdot \rho_2 + c_{m,2} \cdot \rho_1}$

9

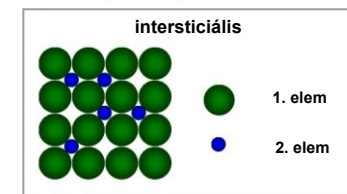
Szilárd oldat (elegykristály)

Mind folyadék fázisban, mind szilárd fázisban jó oldódás \rightarrow

homogén szövetszerkezet



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



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

(CP: kereskedelmi tisztaságú)

10

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:

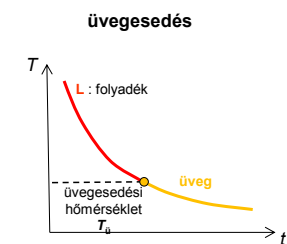
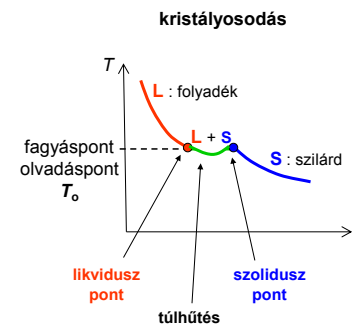
- „oldott” atom mérete jóval kisebb
- „oldott” anyag mennyisége kicsi (< 10%)

Szilárd oldat tulajdonságai:

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

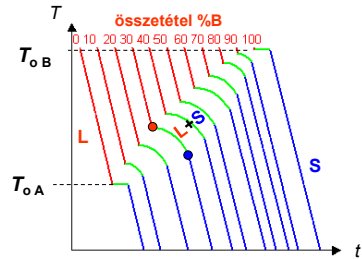
11

Tiszta fémolvadék lehűlési görbéje

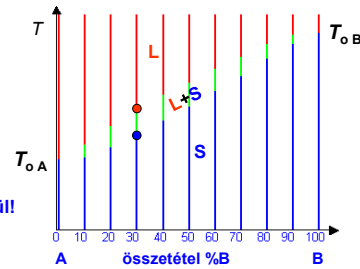


12

Szilárd oldat
lehülési görbéje



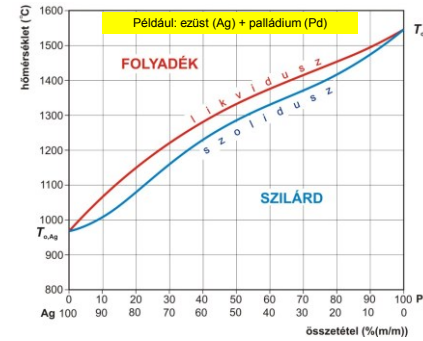
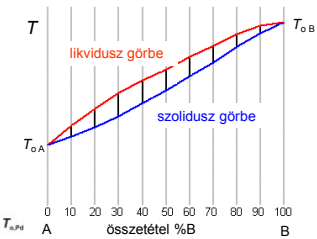
fázisdiagramja



Egyensúlyi állapotokon keresztül!
= végtelenül lassú hűtés

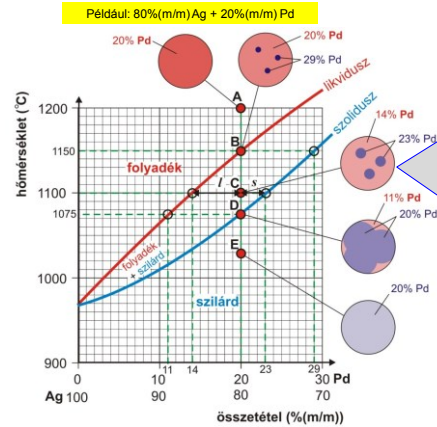
13

Egyensúly!



14

Fázisok arányának, összetételének meghatározása

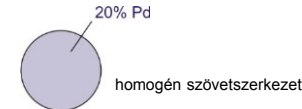


Pl. a C pontban:

- 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%
$$\frac{l}{l+s} = \frac{20-14}{23-14} = \frac{6}{9} = 66,6\%$$

15

Egyensúlyi állapotokon keresztül =
végtelenül lassú hűtés



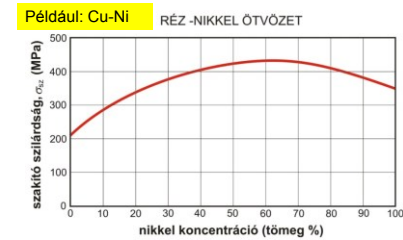
Nem egyensúlyi állapotokon keresztül =
ésszerű sebességű hűtés



szegregáció!
„magos” szerkezet
heterogén
szövetszerkezet

➔ homogenizáció

Ötvözés hatása a tulajdonságokra



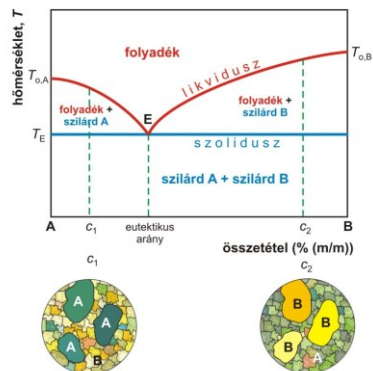
16

Eutektikus ötvözetek

Szilárd fázisban teljes oldhatatlanság →

színfém kristallitok →

heterogén szövetszerkezet



Például:

77% H_2O +23% NaCl :

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

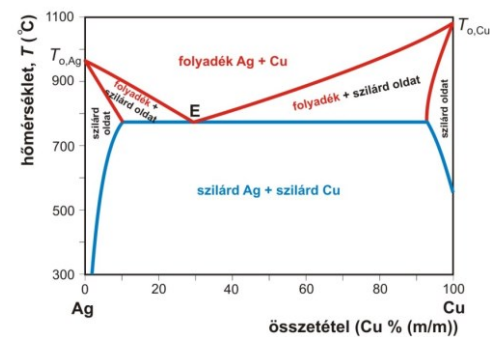
Wood-fém (Bi-Pb-Cd-Sn):

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

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

17

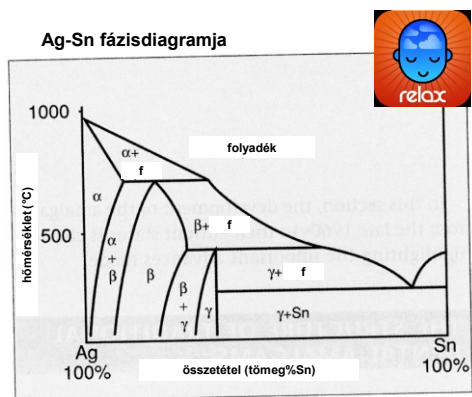
Pl. Ag-Cu



18

Amalgám

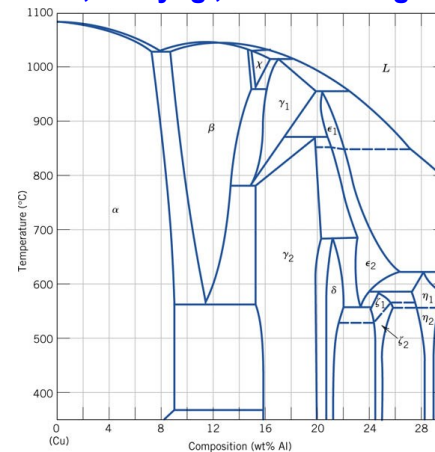
tipikus összetétel	
fém	%(m/m)
Hg	50
Ag	34
Sn	13
Cu	2
Zn	1



γ fázis: Ag_3Sn

19

Ilyen is van, de nyugi, nem kell megtanulni!

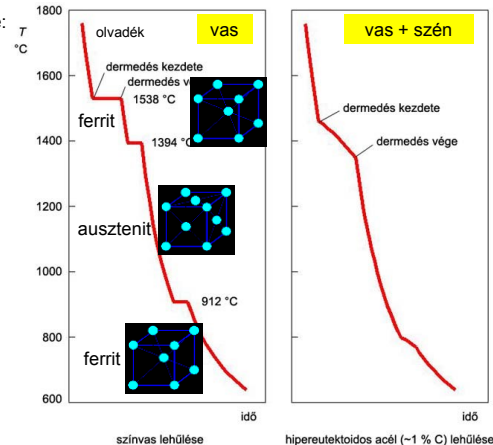


20

Egy exotikus fázis – martenzit

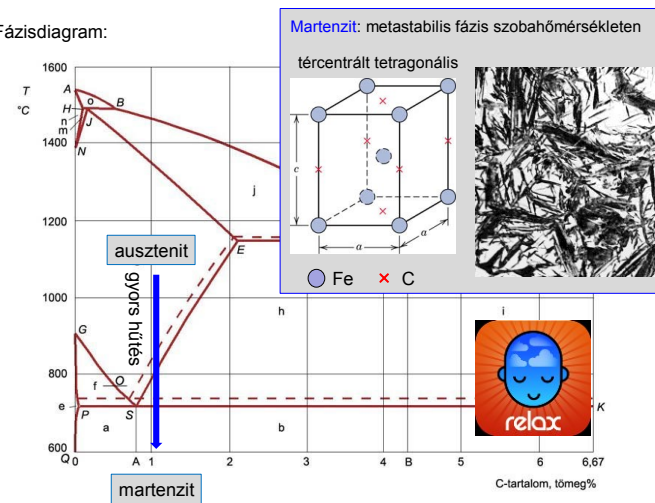
Példa: vas-szén ötvözet

Lehülési görbe:



21

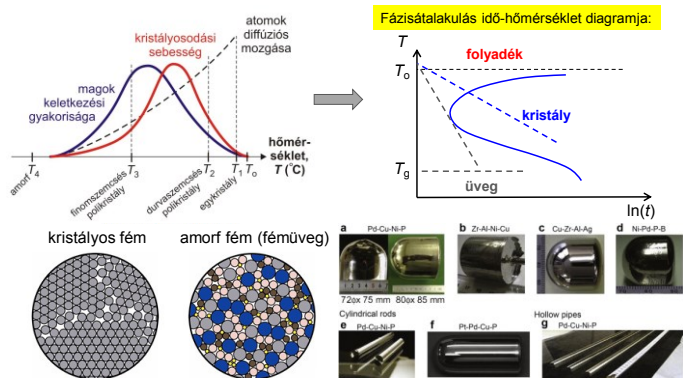
Fázisdiagram:



22

Fémüvegek (amorf fémek)

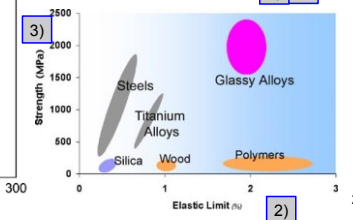
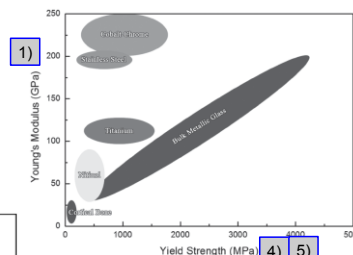
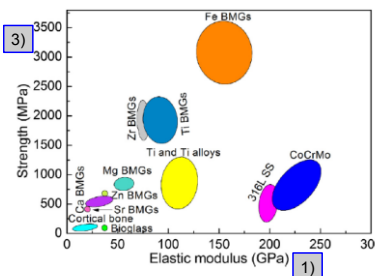
- Az első fémüveg: 1960-as évek, Au-Si ötvözet, $\approx 10^6$ K/s hűtési sebesség(!), < 1 mm-es méret.
- Az első kereskedelmi forgalomba hozott fémüveg: 1990-es évek, Zr-Ti-Cu-Ni-Be ötvözet, ≈ 1 K/s hűtési sebesség, \approx cm-es méret.



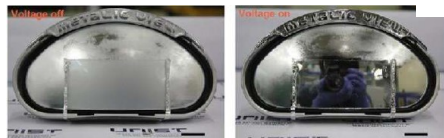
23

<https://www.youtube.com/watch?v=Yg0hUqdzXGw>
Fémüvegek (BMG) különleges tulajdonságai a kristályos fémekkel szemben:

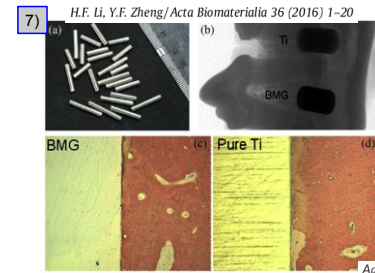
- 1) kevésbé merevek
- 2) rugalmasabbak
- 3) erősebbek
- 4) keményebbek
- 5) kevésbé kopnak
- 6) kevésbé korrodálnak
- 7) biokompatibilitásuk jobb



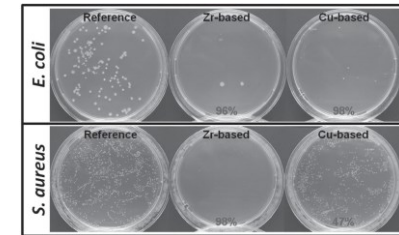
24



25

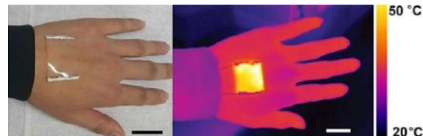
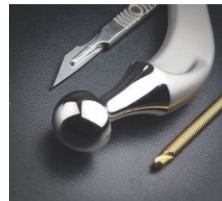
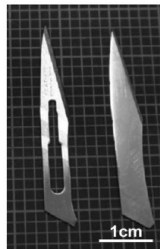


Adv. Mater. 2016, 28, 5755–5762



26

ZrCuAlAgSi BMG



More information: Byoung 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



27

Kerámiák

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:

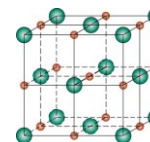
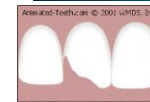
- olvasztás, öntés
- szinterelés*

Szerkezete:

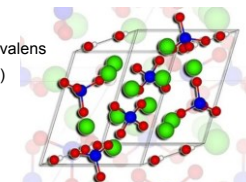
- főként ionkötés, kisebb részben kovalens
- különböző méretű ionok (általában)
- kristályos v. amorf v. vegyes**

Alkalmazási példák:

- koronák, hidak
- gyökérszif
- cementek
- csiszolóanyagok



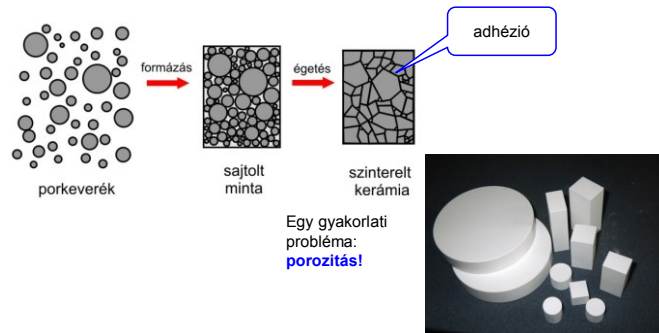
NaCl



apatit

28

*Szinterelés



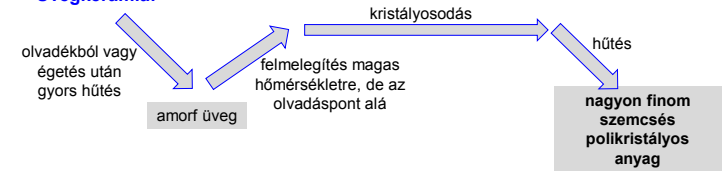
Folyadékfázisú szinterelés: olvasztás és égetés kombinációja

29

**Szerkezet

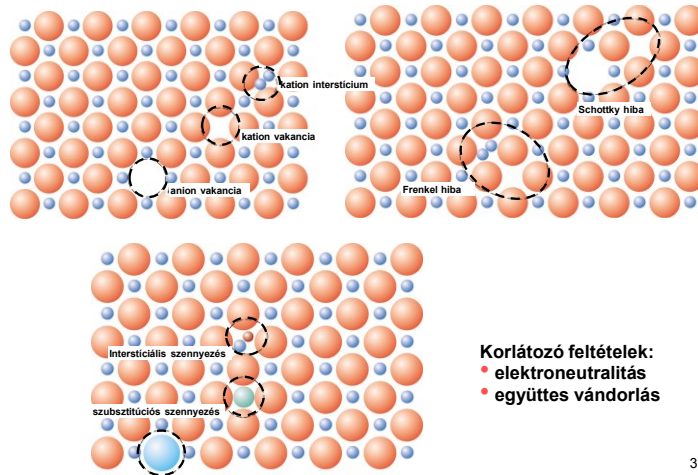


Üvegkerámia:



30

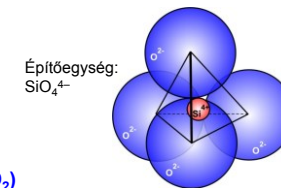
Kristályrácsbeli hibák:



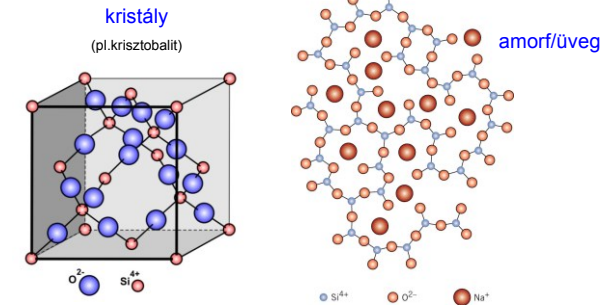
31

Szilikátok

Meghatározó elemek: Si és O

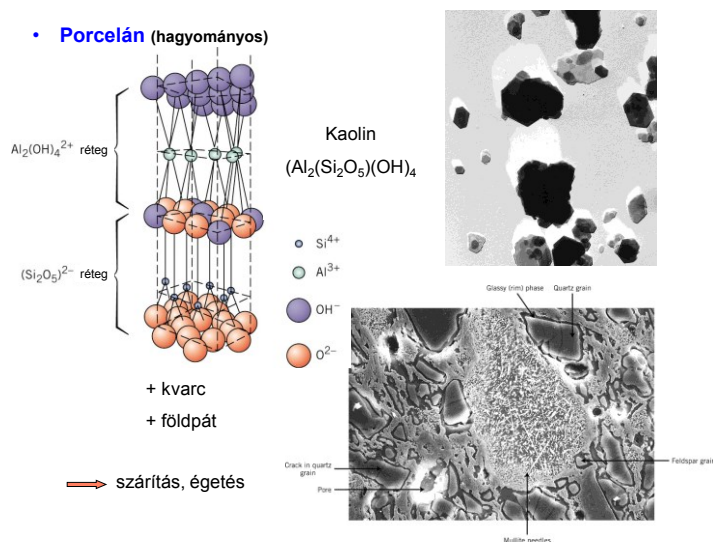


• Szilícium-dioxid (SiO₂)



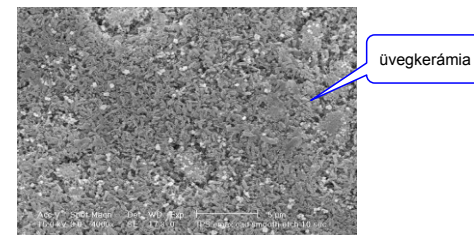
32

• Porcelán (hagyományos)



• Fogorvosi szilikátkerámiák

- amorf üveg (nátronföldpát - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, kálföldpát - KAlSi_3O_8 , SiO_2 , Al_2O_3 , ...)
- amorf üveg kristályos tartományokkal
 - amorf földpátüveg + kevés leucitkristály (KAlSi_2O_6)
 - amorf földpátüveg + 50% leucitkristály (KAlSi_2O_6)
 - Li-szilikátüveg + 70% Li-diszilikátkristály ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$)



34

Oxid kerámiák

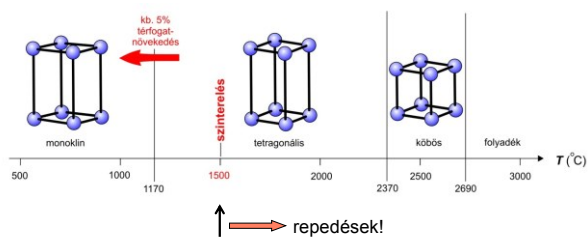
• Cirkónium-dioxid (ZrO_2 , cirkon)

Tulajdonságok (tömörre szinterelt állapotban):

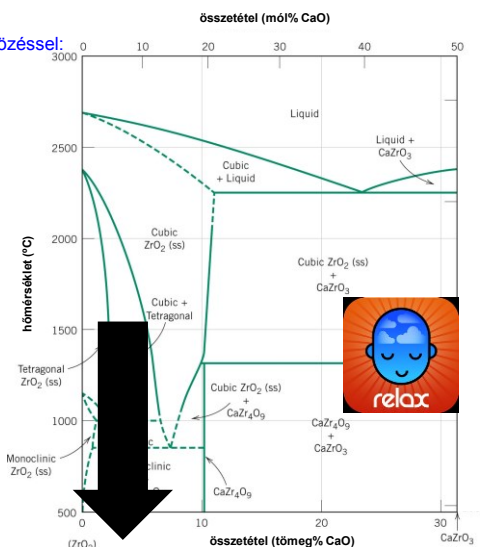
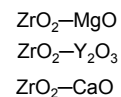
- fehér
- sűrűsége kb. 6 g/cm³
- nagy szilárdságú és nagy szívósságú, merev, kemény (l. később)

Előállítás:

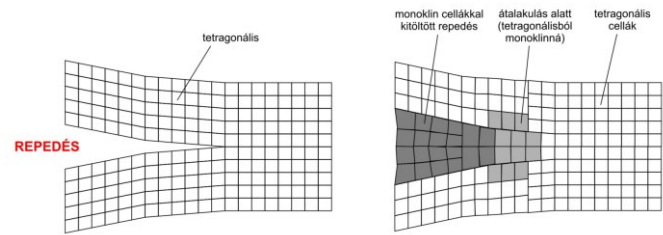
- cirkonhomokból (ZrSiO_4)
- drága tisztítási eljárások, de hafniumoxid marad kb 1%-ban (radioaktivitás <1 Bq/g!)
- hideg v. meleg sajtolás, szinterelés



Cirkon stabilizálása ötvözással:



A cirkon „önjavító” képessége:



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

→ I. Fázisátalakulással szívósított kerámiák!

37

• Alumínium-oxid (Al_2O_3)

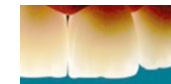
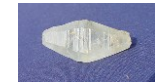
Tulajdonságok:

- színtelen, fehér
- olvadáspont 2700°C
- sűrűsége kb. 4 g/cm^3
- nagyon kemény (l. később)

Kristályos formák:

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CrO}_2 \rightarrow \text{rubin}$

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CoO}_2 \rightarrow \text{zafír}$



• Oxidkerámia kristály + üveg

Következő
előadáshoz:
12-13.
tankönyvi
fejezetek

38