



Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

5.

Általános anyagszerkezeti ismeretek

Anyagcsaládok: fémek, kerámiák, polimerek és kompozitok

Kiemelt témák:

- ❖ Ötvözetek fázisdiagramjai
- ❖ Fémek és kerámiák szerkezetének összehasonlítása
- ❖ Cirkon (ZrO_2)
- ❖ Polimerkészítmény statisztikus leírása

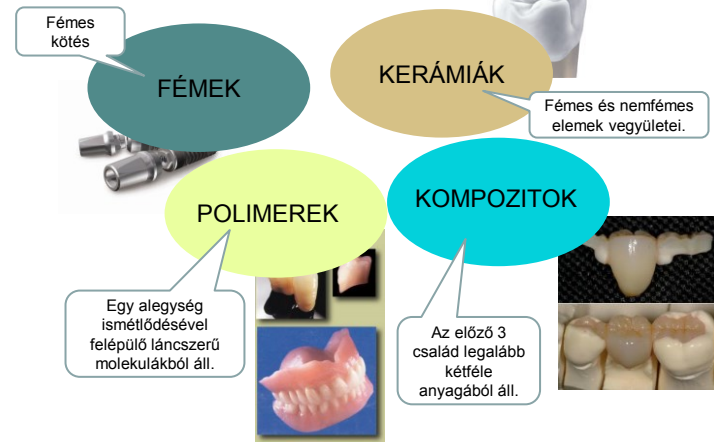
Tankönyv
fejezetei:
9-13

HF:

3. fejj.:
3-5, 8, 10, 12, 14,
18, 21, 24, 25, 27

1

Fogászati anyagok fajtái

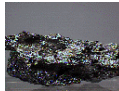


2

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:

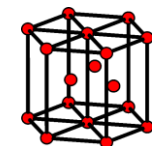
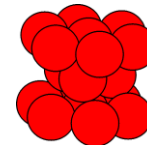
- koronák, hidak
- implantátumok
- tömés
- fogszabályozó készülékek

Előállítás: olvasztás, öntés

3

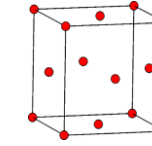
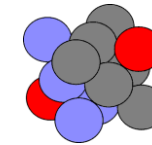
*Miért gyakori a hexagonális és köbös rács a fémeknél?

Egyforma gömbök illeszkedése!



szoros illeszkedésű
hexagonális (hcp)

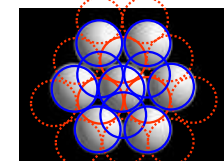
pl. Ti, Cd, Co, Zn, ...
térkitöltési
tényező: 74 %



szoros illeszkedésű köbös
(lapcentrált köbös, fcc)

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

74 %



kevésbé szoros
illeszkedés: pl.
tércentrált köbös (bcc)

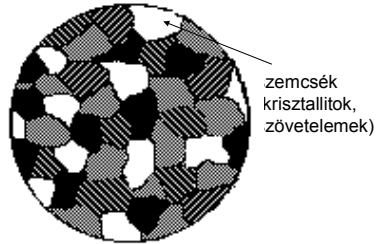
pl. Fe, Cr, ...

68 %

4

**Polikristályos szerkezet

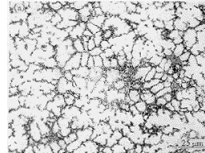
Szövetszerkezet, mikrostruktúra:



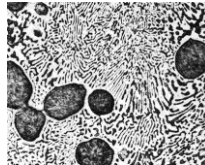
Szövetszerkezet vizsgálata:

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

Átszámoláshoz:

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

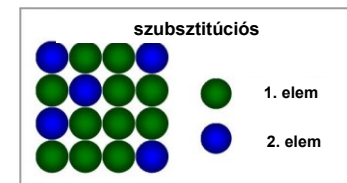
Átlagsűrűség: $\bar{\rho} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{c_{m,1} \cdot \rho_2 + c_{m,2} \cdot \rho_1}$

7

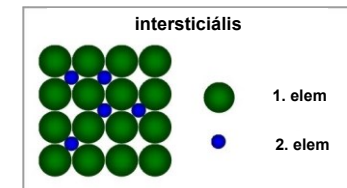
Szilárd oldat (elegykristály)

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)

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

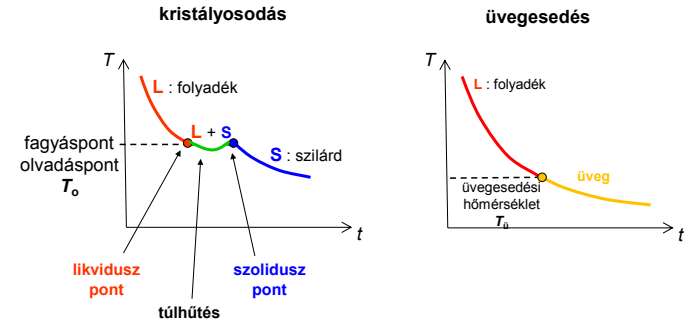
Oldhatóság feltételei intersticiális szilárd oldatra:

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

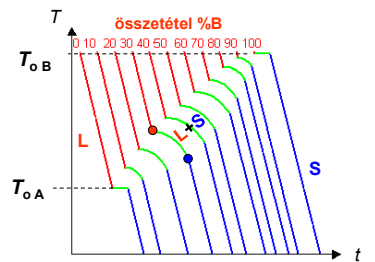
Szilárd oldat tulajdonságai:

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

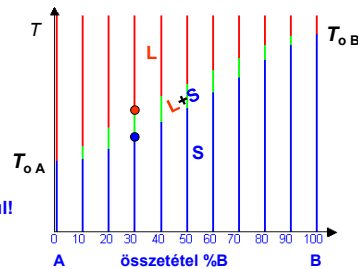
Tiszta fémolvadék lehűlési görbéje



Szilárd oldat lehűlési görbéje

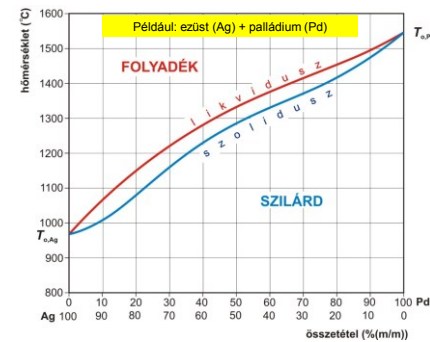
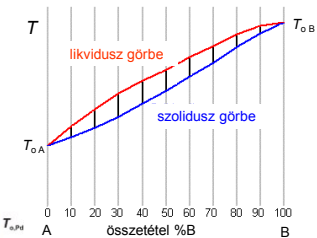


fázisdiagramja



Egyensúlyi állapotokon keresztül!
= végtelenül lassú hűtés

Egyensúly!



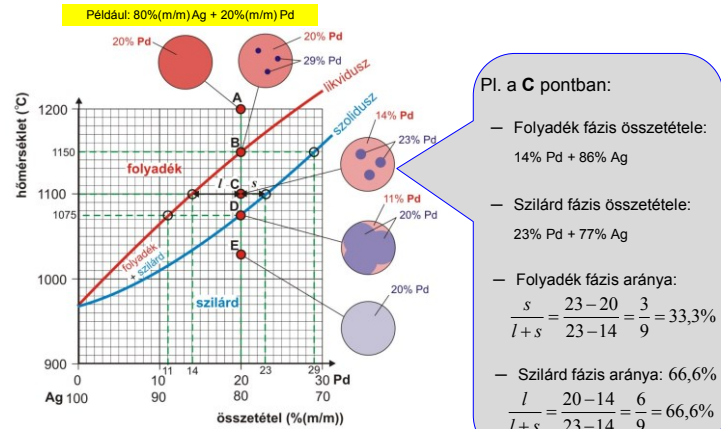
9

10

11

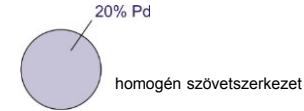
12

Fázisok arányának, összetételének meghatározása



13

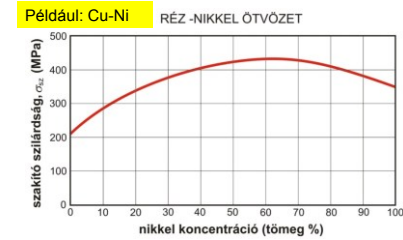
Egyensúlyi állapotokon keresztül = végtelenül lassú hűtés



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



Ötvözés hatása a tulajdonságokra



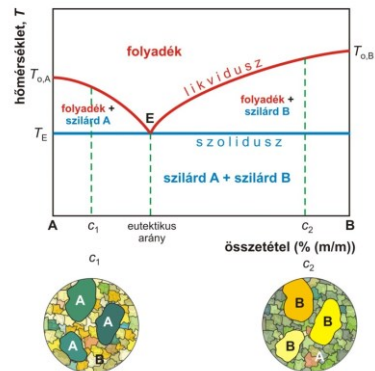
14

Eutektikus ötvözetek

Szilárd fázisban teljes oldhatatlanság →

színfém kristallitok →

heterogén szövetszerkezet



Például:

77% H_2O +23% NaCl :

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

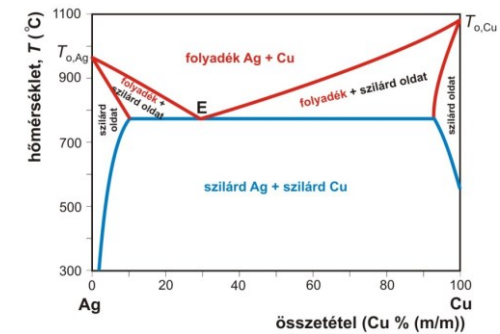
Wood-fém (Bi-Pb-Cd-Sn):

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

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

15

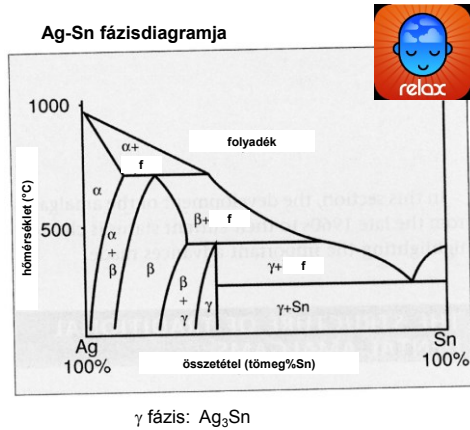
Pl. Ag-Cu



16

Amalgám

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



17

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

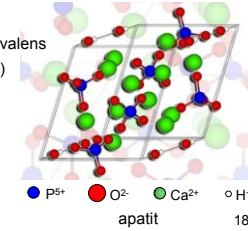


Szerkezete:

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

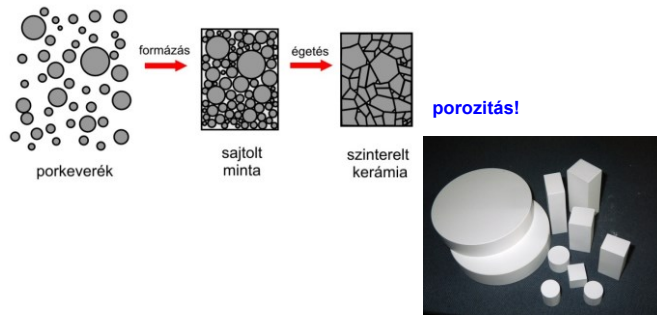
Alkalmazási példák:

- koronák, hidak
- gyökérstift
- cementek
- csiszolóanyagok



18

Előállítás: égetés, szinterelés

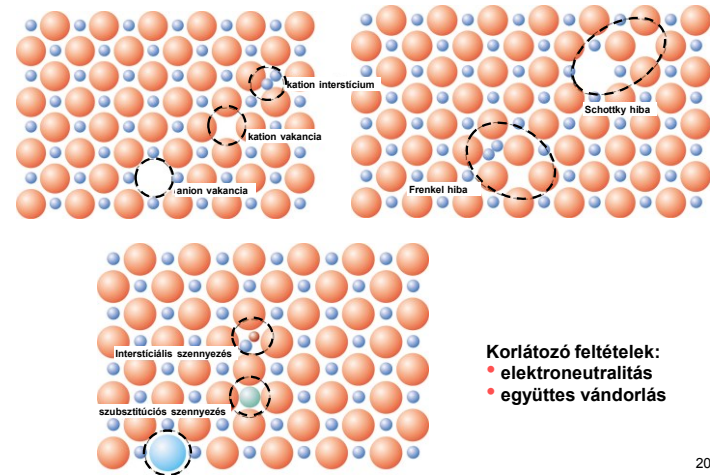


Üvegkerámia: Amorf üveg → kristály átalakulás magas hőmérsékleten

⇒ nagyon finom szemcsés polikristályos anyag

19

Hibák:



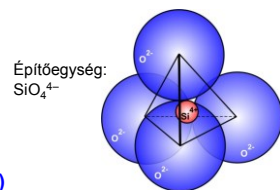
Korlátozó feltételek:

- elektroneutralitás
- együttes vándorlás

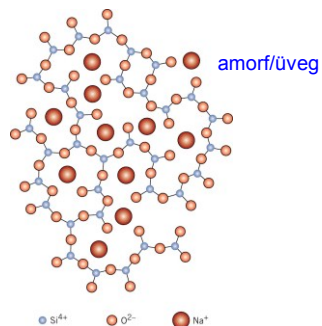
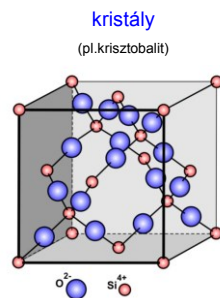
20

Szilikátok

Meghatározó elemek: Si és O

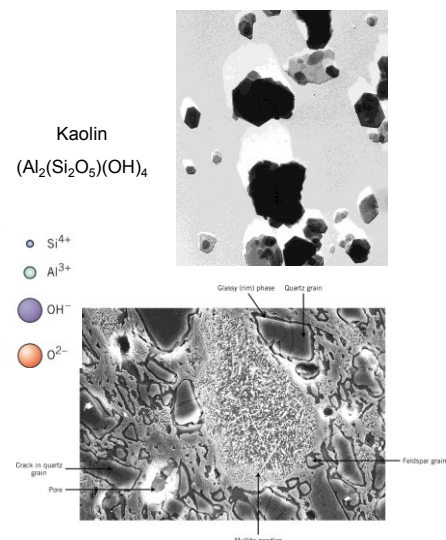
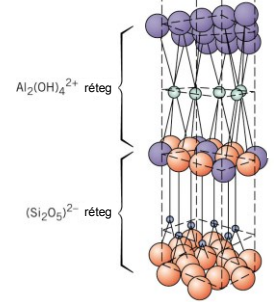


• Szilícium-dioxid (SiO_2)



21

• Porcelán (hagyományos)



Oxid kerámiák

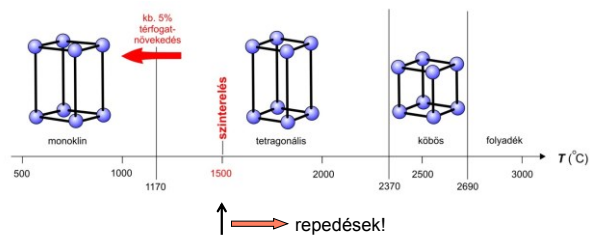
• Cirkónium-dioxid (ZrO_2 , cirkon)

Tulajdonságok (tömörre szinterelt állapotban):

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

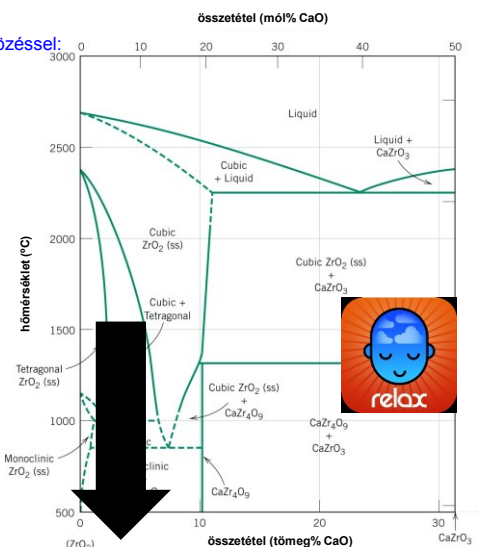
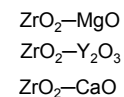
Előállítás:

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

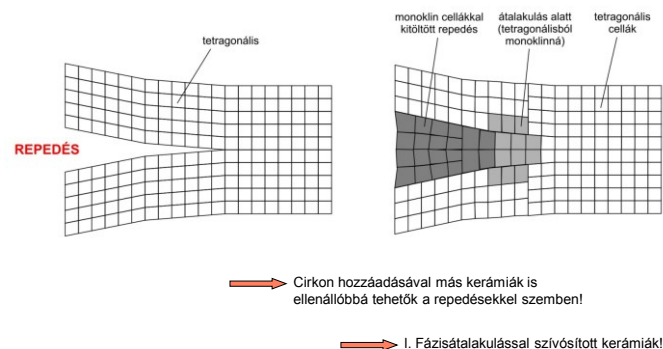


23

Cirkon stabilizálása ötvözással:



A cirkon „önjavító” képessége:



25

Alumínium-oxid (Al_2O_3)

Tulajdonságok:

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



Kristályos formák:

korund



26

Polimerek

Monomerekből felépülő hosszú, láncszerű makromolekula

Tulajdonságai:

- kis sűrűség
- szobahőmérsékleten folyékony, szilárd
- kis/közepes merevség, keménység, de jó alakíthatóság
- viszkoelasztikuság
- viszonylag gyenge hőállóság és korrózióállóság
- rossz hő- és elektromos vezetőképesség
- változatos optikai tulajdonságok



Szerkezete:

- láncan belül kovalens, láncok között másodlagos, ritkábban kovalens kötések
- szemikristályos v. amorf

Előállítás:

- ❖ addíció
- ❖ kondenzáció

Alkalmazási példák:

- műfogsor
- tömés
- lenyomatanyagok

27

Monomer

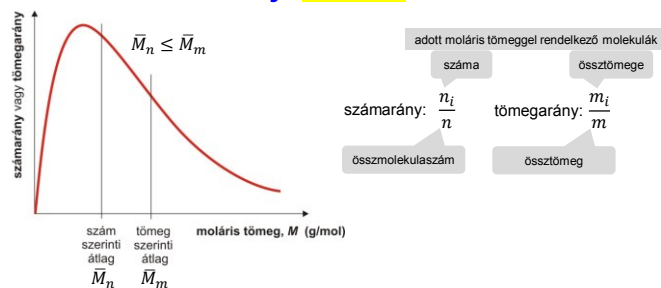
polimer elnevezése	monomer szerkezete	ipari alkalmazás	fogászati alkalmazás
polietilén (PE)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$		
polivinilklorid (PVC)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array}$		
politetrafluoretilén (PTFE, teflon)	$\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{F} & \text{F} \end{array}$		
polimetilmetakrilát (PMMA, plexi)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{CH}_3 \\ & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$		

- **homopolimer:** egyfajta monomer
- **heteropolimer (kopolimer):** két-, vagy többféle monomer

28

Polimer készítmény

Statisztika!



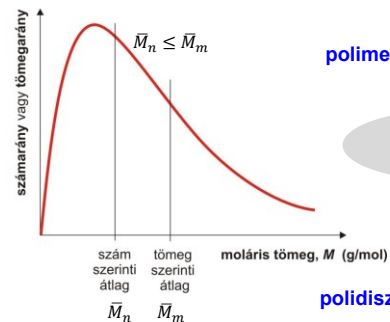
Szám szerinti átlagos moláris tömeg (\bar{M}_n):

$$\bar{M}_n = \frac{n_1 M_1 + n_2 M_2 + \dots + n_i M_i + \dots + n_k M_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_k} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i M_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Tömeg szerinti átlagos moláris tömeg (\bar{M}_m):

$$\bar{M}_m = \frac{m_1 M_1 + m_2 M_2 + \dots + m_i M_i + \dots + m_k M_k}{m_1 + m_2 + \dots + m_i + \dots + m_k} = \frac{\sum_{i=1}^k m_i M_i}{\sum_{i=1}^k m_i}$$

29



polimerizáció foka: $\frac{\bar{M}_n}{M_{\text{monomer}}}$

polimerizáció foka: $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$

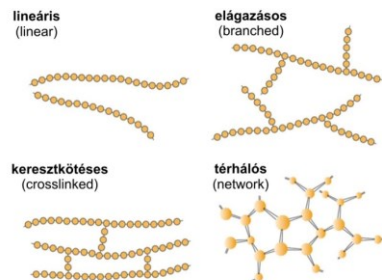
polimerizáció foka: $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$

polimerizáció foka: $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$

polimerizáció foka: $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$

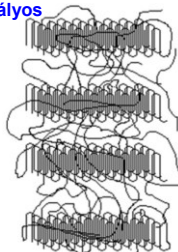
30

Polimerek szerkezete



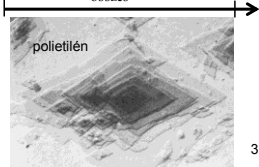
- termoplasztok
- duroplasztok
- elasztomerek

szemikristályos



Kristályossági fok (x):

$$x = \frac{m_{\text{kristály}}}{m_{\text{összes}}} \cdot 100\%$$



31

Kompozitok

Több, kémiai általában különböző, határozott határfelülettel rendelkező fázisból álló anyag

Tulajdonságai:

- kis sűrűség
- szobahőmérsékleten szilárd
- az egyes fázisok előnyös tulajdonságait kombinálja
- nagy szilárdság, ugyanakkor rugalmasság, nagy szívósság
- változatos optikai tulajdonságok



Alkalmazási példák:

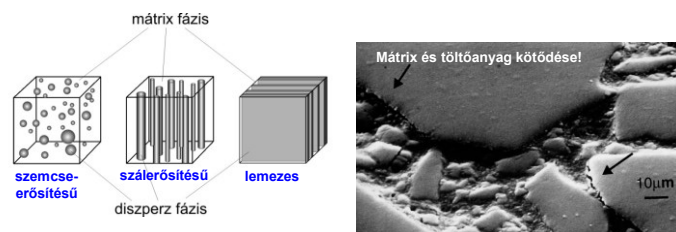
- tömés
- fogorvosi eszközök



32

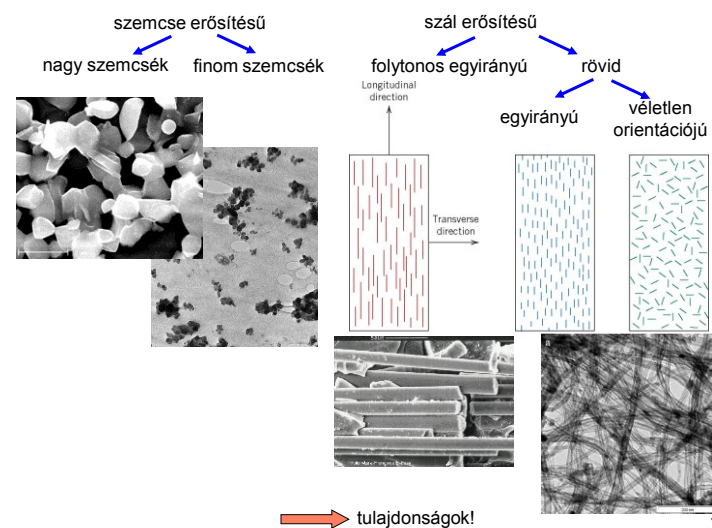
Kompozitok szerkezete

Kétfázisú kompozit: folytonos fázis/mátrix (polimer, fém, kerámia)
+
diszperz fázis/adalék/töltőanyag (kerámia, fém, ...)



Hibrid kompozitok: több diszperz komponens

33



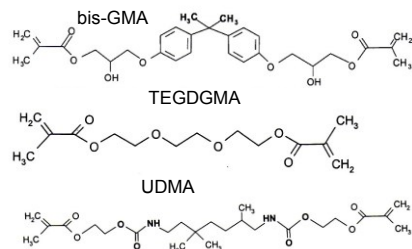
→ tulajdonságok!

1

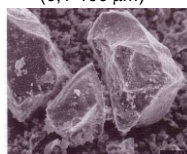
Fogászati kompozitok

mátrix: polimer (dimetakrilát)

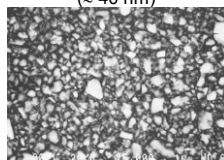
töltőanyag: üveg, kerámia kristály (pl. kvarc), polimer,
+ pigment, + UV abszorbens, ...



durva szemcsés
(0,1-100 μm)



mikroszemcsés
(≈ 40 nm)



**Következő előadáshoz:
14-15.
tankönyvi
fejezetek**

35