

# **GÉPÉSZMÉRNÖKI SZAK**

## **Anyagtudomány II.**

### **Műanyagok, kerámiák, kompozitok**

**Dr. Rác Pál**  
egyetemi docens

**Budapest**  
**2011.**

# Polimerek

## Polimerek osztályozása

Szerves, makromolekulás anyagok:

- természetes,
- mesterséges.

Szerves vegyületek:

- nyílt szénláncú;
  - ❖ telítetlen (olefinek, pl. etilén:  $C_2H_4$ ),
  - ❖ telített (paraffinek, pl. metán:  $CH_4$ ),
- zárt szénláncú;
  - ❖ izociklusos,
  - ❖ heterociklusos.

**Monomer:** olyan egyszerű molekula, amely hozzá hasonlókkal addíciós vagy kondenzációs reakciókban polimert képez.

**Polimer:** ismétlődő egységekből, monomerekből felépülő nagy méretű molekulák, melyekben az egységeket kémiai kötések kapcsolják össze.

# Polimerek

## Polimerek előállítása

### Polimerizáció:

telítetlen, szerves monomer molekulák aktiválása, a szabad vegyértékek telítése melléktermék keletkezése nélkül, exoterm láncreakciókban hosszú ( $>10^3$ ) láncú kovalens kötések kialakításával,

pl.: polietilén (PE), polipropilén (PP), polisztirol (PS).

### Polikondenzáció:

különböző típusú monomerek egyesítése láncreakcióban makromolekulává kis molekuláris reakciótermékek ( $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $NH_3$ ,  $NaCl$  stb.) keletkezése mellett,

pl.: telített poliészter (PET, PBT), poliamid (PA), fenoplaszt (PF).

### Poliaddíció:

reakcióképes funkciós csoportok egyik monomerből egy másikhoz való átrendeződése melléktermék keletkezése nélkül,

pl.: poliuretán (PUR), epoxigyanta (EP), szilikon gyanta (SI).

# Polimerek

## Polimerek tulajdonságai

### Előnyös tulajdonságok:

- kis sűrűség (0,9...2,0 kg/dm<sup>3</sup>),
- kis rugalmassági modulus;
  - ❖ hőre lágyuló (0,7...4000 MPa),
  - ❖ hőre keményedő (2500...10000 Mpa),
- kis szakítószilárdság (5...80 MPa),
- általában nagy nyúlás (100...800 %),
- kis súrlódási együttható,
- jó siklási tulajdonság,
- kis hővezető képesség,
- jó elektromos szigetelő,
- jó ellenállás savakkal, lúgokkal környezeti hőmérsékleten,
- jó hangszigetelés, rezgés- és zajcsillapítás,
- könnyű megmunkálhatóság,
- viszonylag alacsony gyártási ár.

# Polimerek

## Polimerek tulajdonságai

### Hátrányos tulajdonságok:

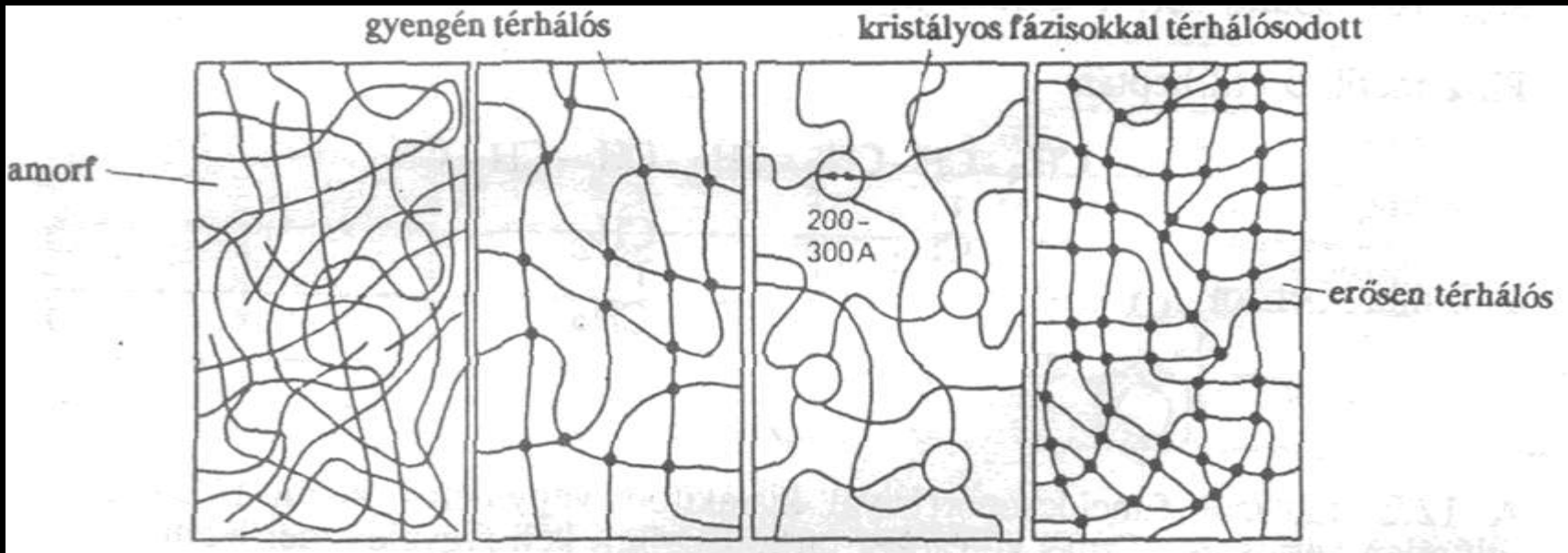
- nagy hőtágulási együttható,
- kisebb szilárdság és merevség,
- elektrosztatikus feltöltődés,
- kúszási hajlam már 20°C-on is,
- nagyobb öregedési hajlam normál környezeti hatásokra,
- kis kifáradási határ,
- nagyobb gyúlékonyság.

# Polimerek

## Polimerek tulajdonságai

A polimereket szerkezetük alapján négy fő csoportba lehet sorolni:

- amorf,
- gyengén térhálós,
- kristályos fázisokkal térhálósodott,
- erősen térhálós.

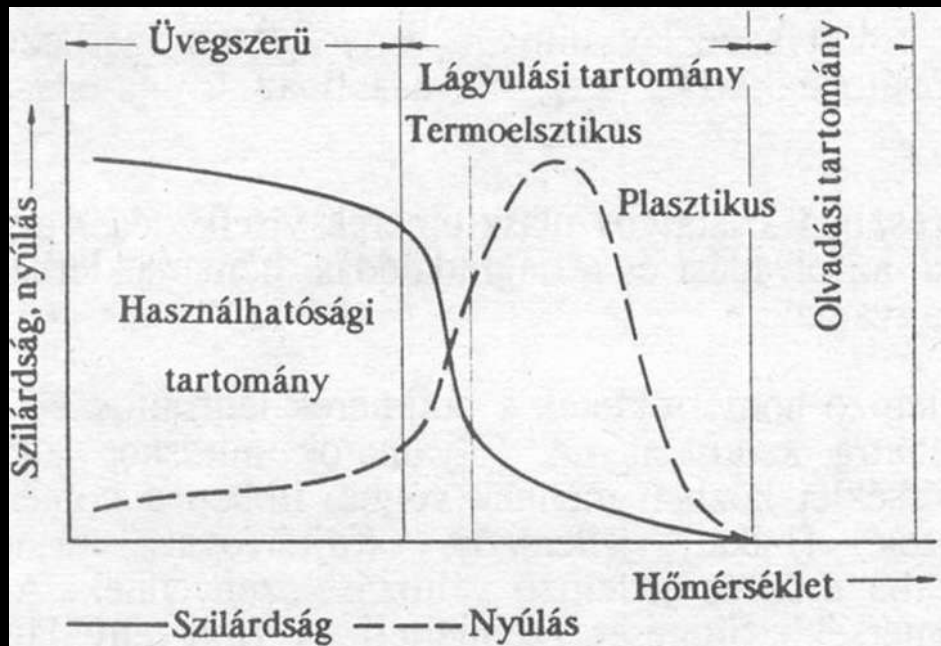


# Polimerek

## Polimerek tulajdonságai

**Amorf polimerek** (plasztomerek, pl. PVC, PS, PC):

- üvegesedési hőmérsékletük alatt használhatók terhelt szerkezetekben,
- üvegesedési hőmérsékletük fölött rugalmasan viselkednek,
- nagyobb hőmérsékleten meglágyulnak és képlékenyen viselkednek.

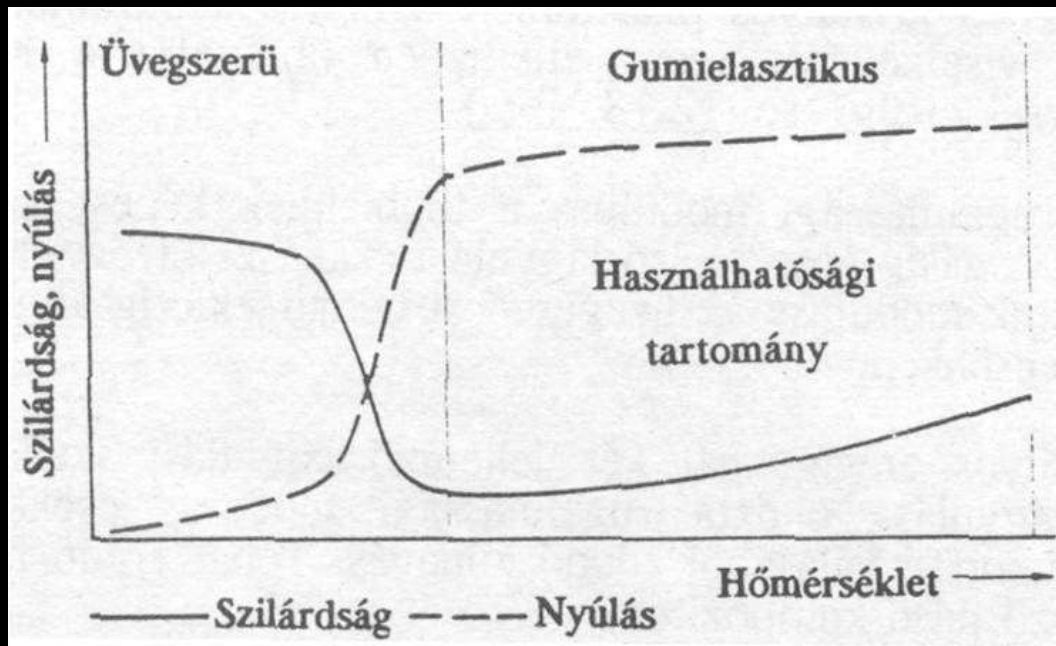


# Polimerek

## Polimerek tulajdonságai

**Gyengén térhálós polimerek** (elasztomerek, pl. PUR, SIL):

- üvegesedési hőmérsékletük kicsi ( $-70 \dots -130^\circ\text{C}$ ),
- mechanikai igénybevételre rugalmasan válaszolnak,
- nincs jellegzetes lágyulásuk és olvadásuk,
- gumyszerű állapotukat a degradálódásig megtartják,
- két szomszédos polimer molekulához egyszerre kapcsolódó atomokkal (pl. S) hozhatók létre.



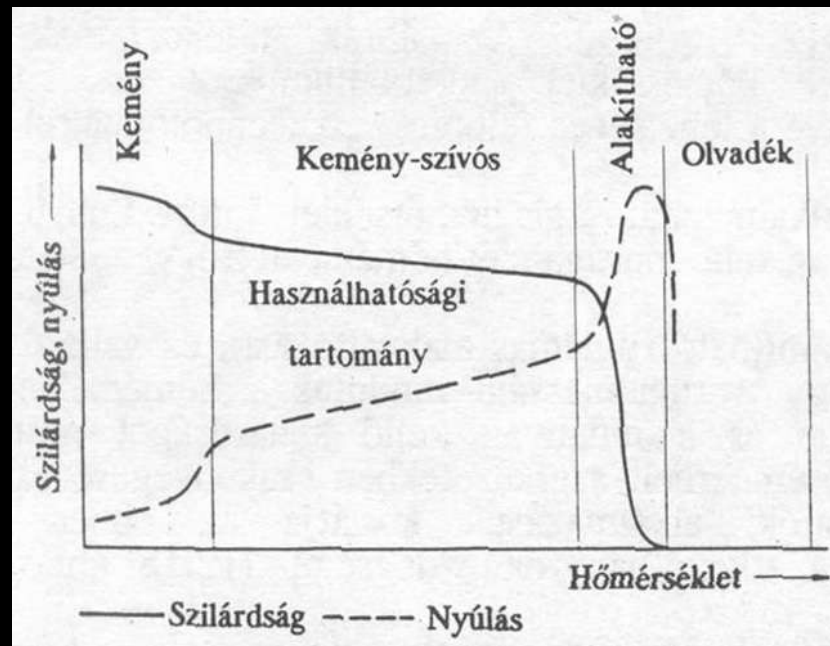


# Polimerek

## Polimerek tulajdonságai

**Részben kristályos polimerek** (plasztomerek pl. PE, PP, POM):

- üvegesedési hőmérséklet alatt kemények,
- üvegesedési hőmérséklet fölött jelentős szilárdság mellett szívósan viselkednek,
- kristálybomlási hőmérséklet fölött a kristályos részek amorf állapotba mennek át, meglágyulnak és képlékenyen viselkednek.

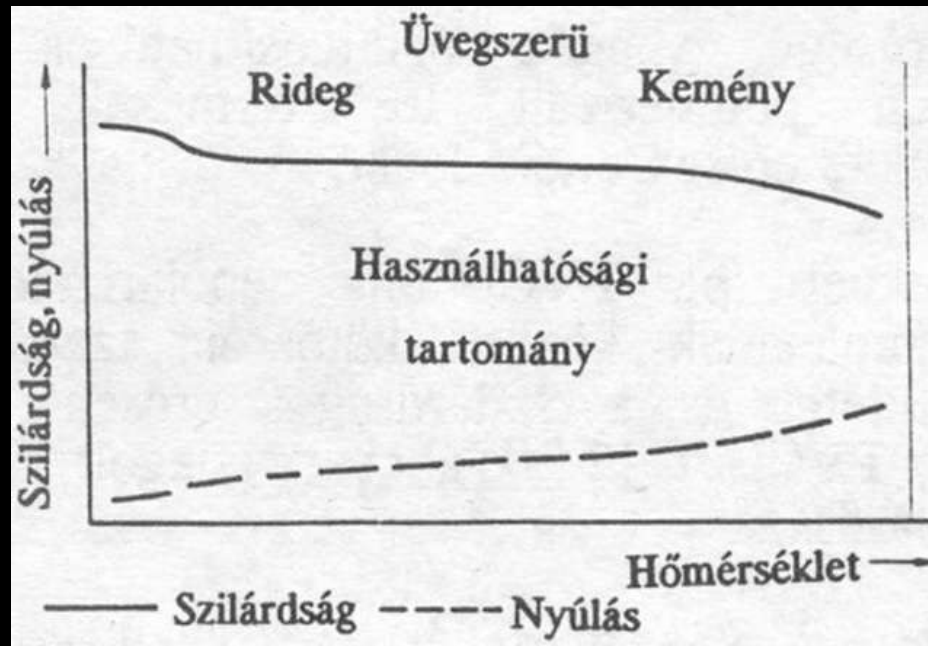


# Polimerek

## Polimerek tulajdonságai

**Erősen térhálós polimerek** (duromerek pl. PF, MF, UP):

- melegítéskor nem lágyulnak és nem olvadnak,
- kemény állapotukat a degradálódásig megtartják.



# Polimerek

## Néhány fontosabb polimer

### Polietilén (PE):

- részben kristályos polimer,
- etilén homopolimerizációja,
- LDPE: kis sűrűségű ( $0,91 \text{ kg/dm}^3$ ),
- HDPE: nagyobb sűrűségű ( $0,97 \text{ kg/dm}^3$ ),
- csomagolástechnika, építőipar, mezőgazdasági fólia.



# Polimerek

## Néhány fontosabb polimer

### Polipropilén (PP):

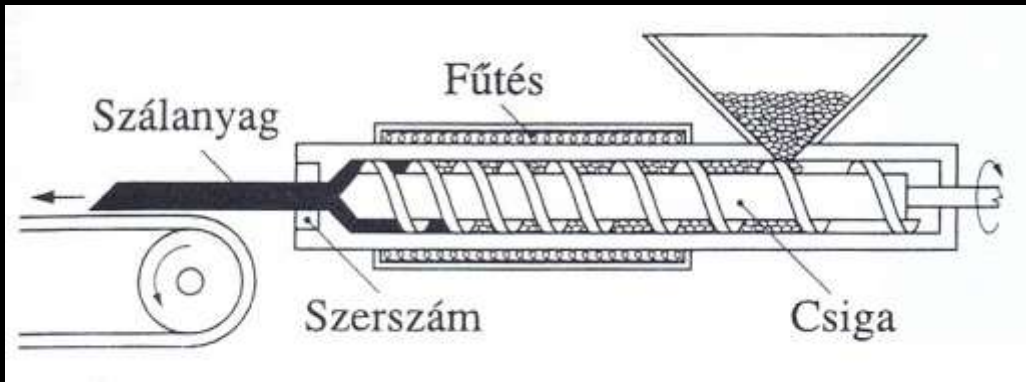
- részben kristályos plasztomer,
- propilénből polimerizálva, etilénnel kopolimerizálva,
- csomagolástechnika, építőipar, labor és konyhafelszerelés.



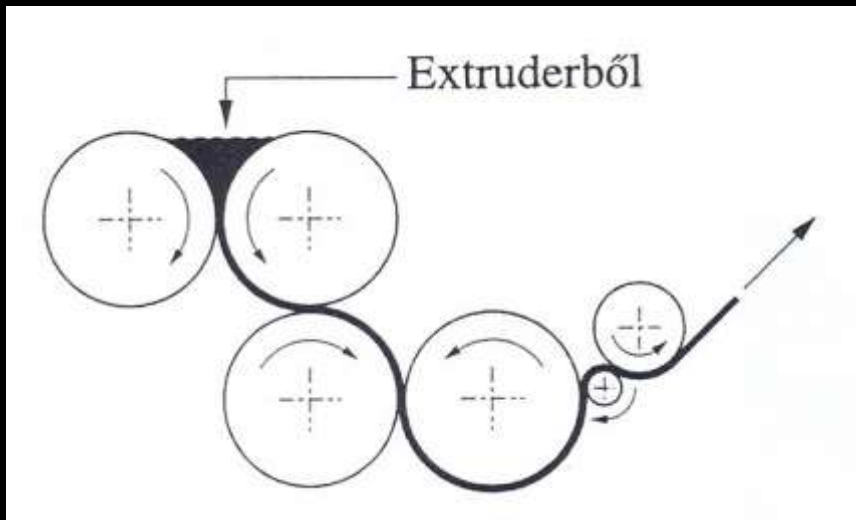
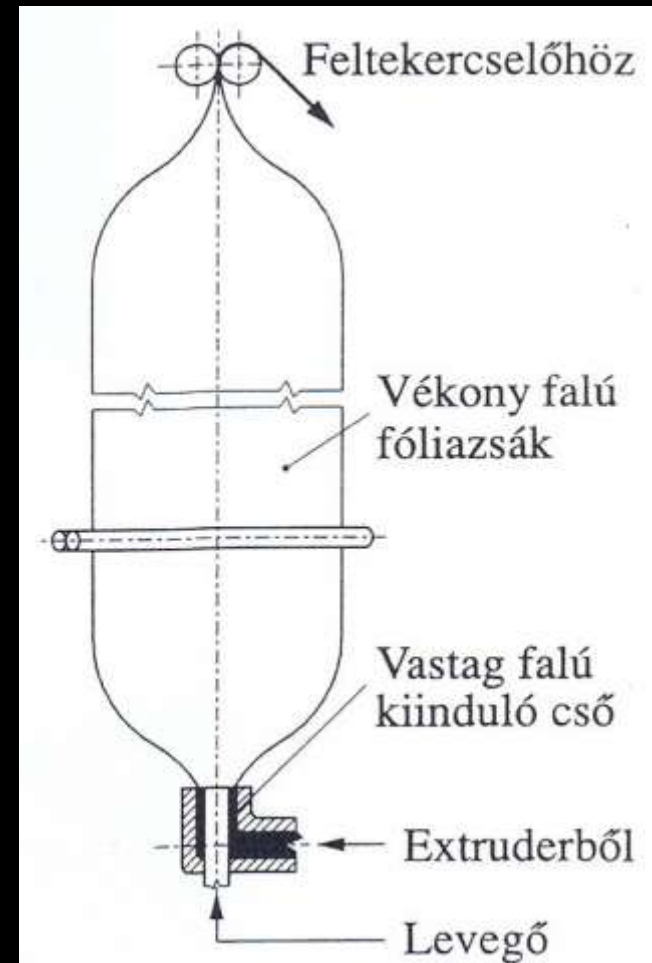
# Polimerek

## Polimerek feldolgozása

### Extrudálás



### Fólia fúvás



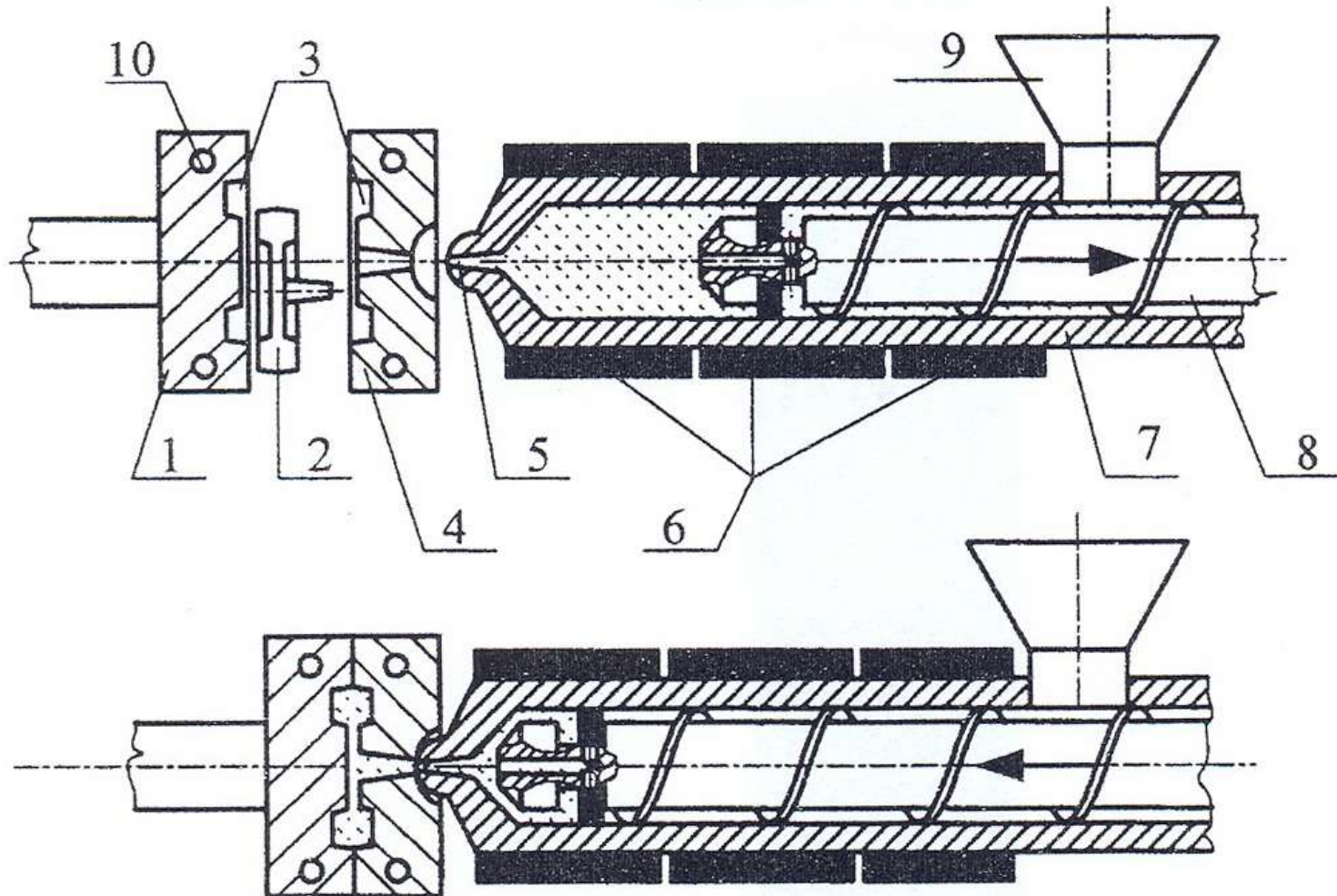
### Lemez hengerlés



# Polimerek

## Polimerek feldolgozása

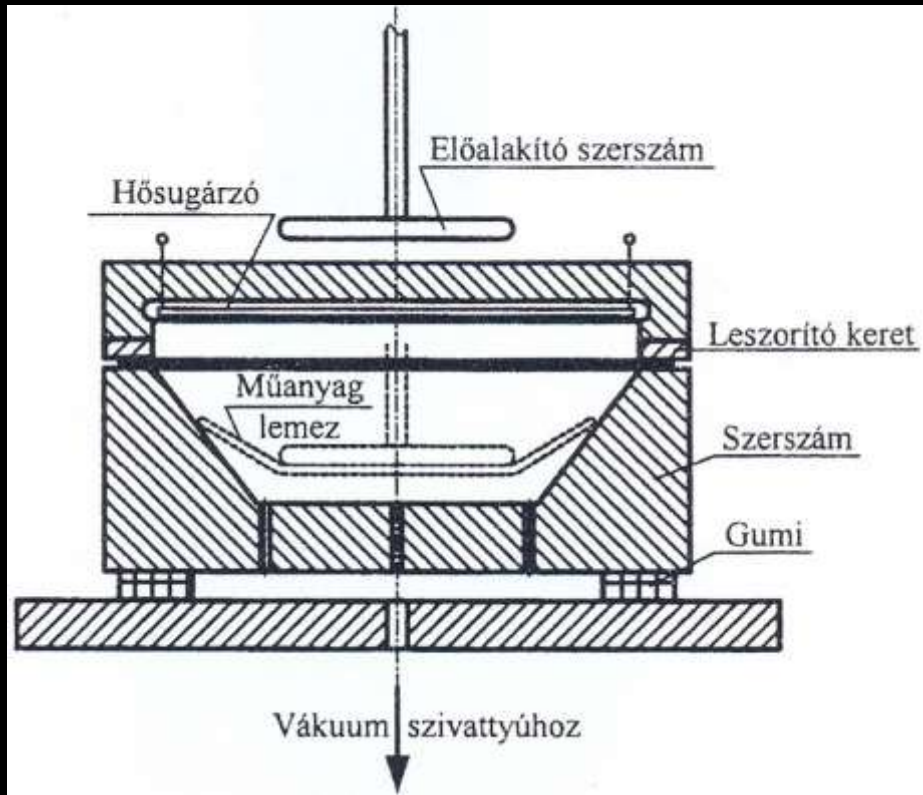
### Fröccsöntés



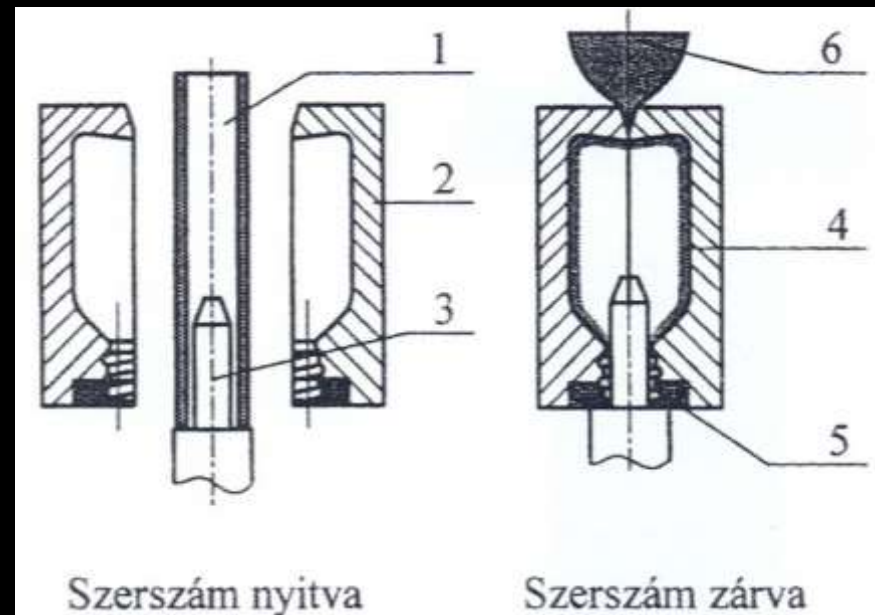
# Polimerek

## Polimerek feldolgozása

### Vákuum formázás



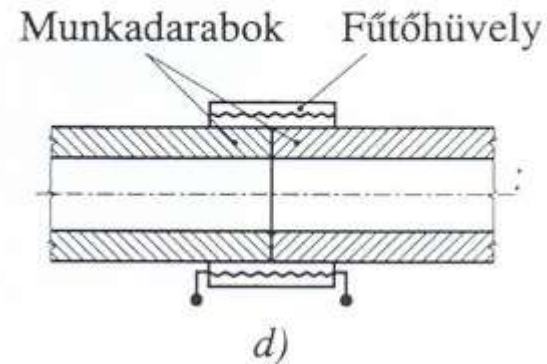
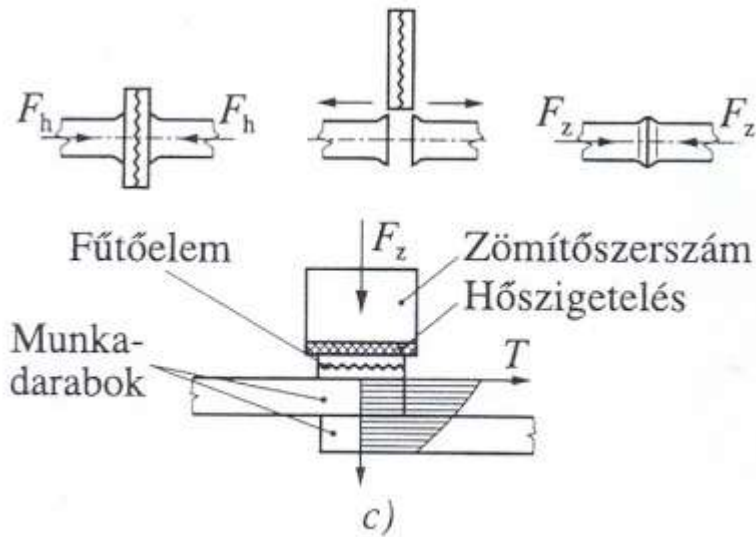
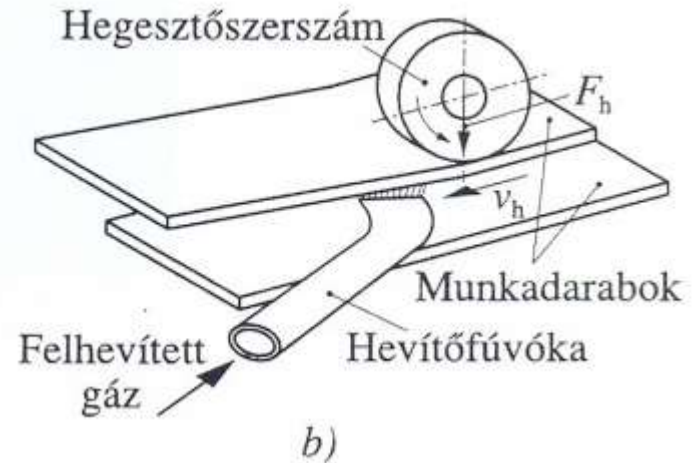
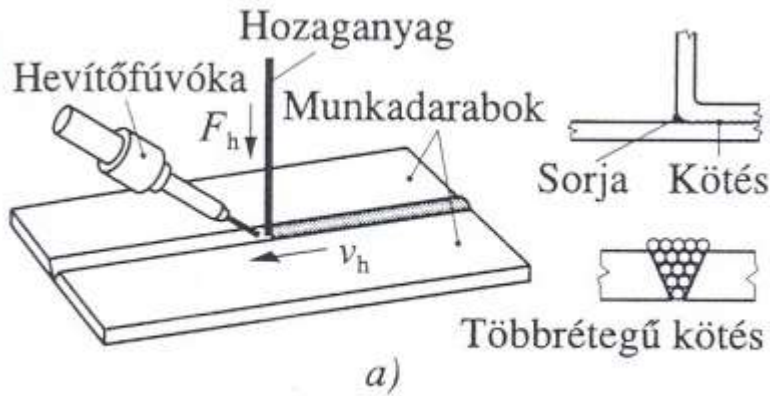
### Palackfúvás



# Polimerek

## Polimerek feldolgozása

### Hegesztés





# Kerámiák

## Kerámiák jellemzői

Egyre bővül a változatos tulajdonságú finom kerámiák, műszaki kerámiák felhasználása az élet szinte minden területén.

A kerámiák szerkezeti és szerszám anyagként egyaránt használhatók.

**Jellemző tulajdonságaik:**

- magas olvadáspont (800 – 2000 - 4000 C, TaC),
- stabilitás, hőállóság,
- kémiai ellenállóság,
- nagy keménység, szilárdság,
- ridegség, minimális alakíthatóság.

# Kerámiák

## Kerámiák csoportosítása

### Vegyület kerámiák:

- oxidok;
  - ❖ kristályos oxidok ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ),
  - ❖ kristályos hidrátok (cement),
  - ❖ üveg (amorf),
- nem oxidok;
  - ❖ karbidok ( $\text{SiC}$ ,  $\text{B}_4\text{C}$ ,  $\text{WC}$ ),
  - ❖ nitridek ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{BN}$ ),
  - ❖ boridok ( $\text{TiB}_2$ ,  $\text{CrB}$ ),

### Egy atomos kerámiák:

- C (grafit, gyémánt), B,
- Si, Ge (félvezetők).

# Kerámiák

## Tűzálló oxid kerámiák

### Jellemzőik:

- nagy lágyulási (1300...1700°C), vagy
- nagy olvadási hőmérsékletköz (1580...2000°C),
- jó hősokk-állóság (főként 600°C fölött),
- nagy kémiai ellenálló képesség.

### Típusaik:

- savas kémhatású;  
szilika téglá ( $\text{SiO}_2 = 92\text{...}98\%$ ),
- semleges kémhatású;  
samott téglá ( $\text{Al}_2\text{O}_3 < 45\% + \text{SiO}_2$ ),  
szillimanit téglá ( $36\% \text{SiO}_2 + 63\% \text{Al}_2\text{O}_3 + 1\% \text{CaO}$ ),
- bázikus kémhatású;  
magnezit téglá  $\text{MgO}$  (37...98%) +  $\text{CaO}$  és/vagy  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (1...60%).



# Kerámiák

## Cement, beton (hidralizált szilikátok)

### Cement gyártás:

- mészkő + agyag + víz – hevítés;
- klinker – őrlés (nagy fajlagos felület).

### Összetevők hidralizálhatók, metastabilak:

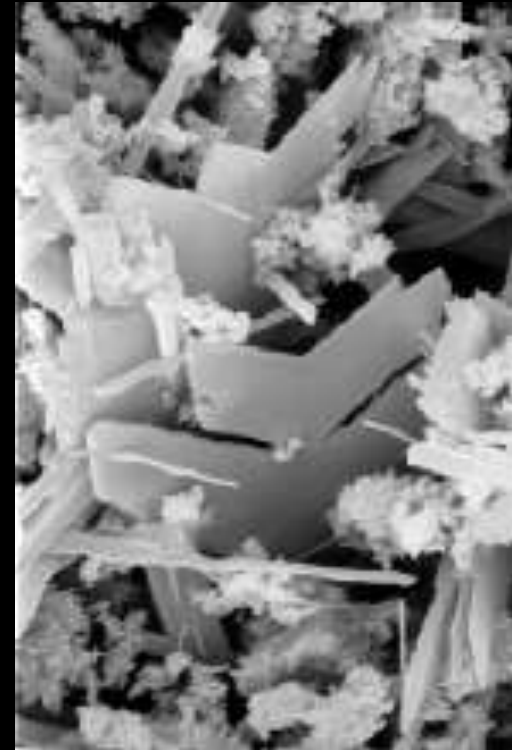
- $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  -  $\text{C}_3\text{S}$  – trikálcium-szilikát,
- $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  -  $\text{C}_2\text{S}$  – dikalcium-szilikát,
- $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_5$  -  $\text{C}_3\text{A}$  – trikálcium-aluminát.

### Cementek kötése:

- víz hozzáadása, kötési reakció,
- kristályos hidrátok növekedése.

### Beton jellemzői:

- rideg, kis húzószilárdságú, rossz hőállóság,
- hőtágulási együttható mint az acélnak – vasbeton.



# Kerámiák

## Üvegek

### Üveg állapot sajátosságai:

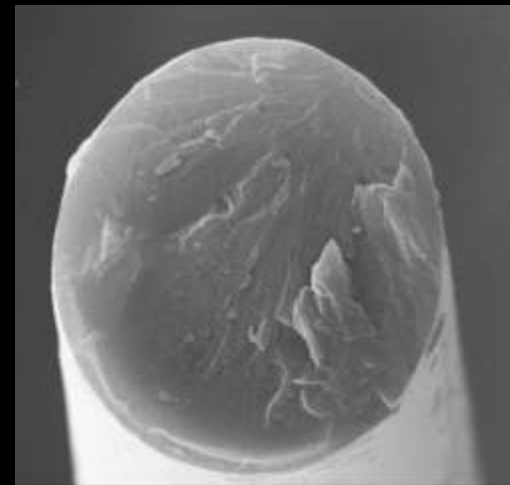
- amorf szerkezet, nem kristályos,
- rossz hővezető, áramot nem vezet, szigetelő,
- nincs határozott olvadáspont.

### Kvarcüveg:

- nagy olvadási és lágyulási hőmérséklet,
- kis hőtágulási együttható,
- nagy hőállóság.

### Közönséges üveg:

- $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  adagolás,
- olvadáspont  $800^\circ\text{C}$ -ra csökkenthető,
- olcsó, könnyen feldolgozható,
- alaktartó, merev, rideg.



# Kerámiák

## Műszaki kerámiák

### Főbb jellemzőik:

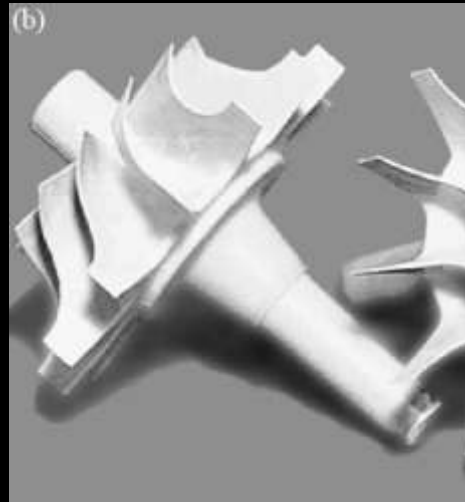
- nagy szilárdság (300–500 Mpa), amely növelt hőmérsékleten is jelentős,
- jó rugalmassági modulusz (80–400 Gpa),
- termikus stabilitás,
- keménység,
- vegyi ellenálló-képesség,
- elektromos szigetelő képesség,
- közepes sűrűség (3–6 g/cm<sup>3</sup>),
- ridegségük, törékenységük hátrányos.

# Kerámiák

## Műszaki kerámiák

### Alkalmazások:

- repülő és űrtechnológia,
- robbanó motorok,
- turbinák, turbinalapátok,
- vágótárcsák,
- fémszivattyúk,
- bevonatok,
- fúvókák.



# Kerámiák

## Műszaki kerámiák

### Fontosabb műszaki kerámia anyagok tulajdonságai

Kerámia megnevezése	Kerámia jele	Olvadáspont °C	Rugalmassági modulusz GPa	Nyomó szilárdság MPa	Keresztirányú törőszilárdság MPa	Vickers keménység -	Sűrűség kg/dm <sup>3</sup>
Alumínium oxid	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2053	310 - 410	1000 - 2900	140 - 240	2000	3,99
Cirkónium oxid	ZrO <sub>2</sub>	2690	200	-	620	1200 - 1400	6,07
Volfrám karbid	WC	2775	520 - 700	4100 - 5900	1030 - 2500	1800 - 2400	10,0 - 15,0
Titán karbid	TiC	3070	310 - 410	700 - 3500	1400 - 1900	1800 - 3200	5,5 - 5,5
Szilícium karbid	SiC	2830	240 - 480	700 - 3500	100 - 750	2500 - 3000	2,4 - 3,2
Szilícium nitrid	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	1897	300 - 310	-	480 - 600	1700 - 2300	2,4 - 3,3
Köbös bórnitrid	CBN	~3000	850	7000	725	7000 - 9500	3,3 - 3,5
Polikristályos gyémánt	PCD	~ 4000	830 - 1000	7000	1400	8000 - 11000	3,3 - 4,0



# Kerámiák

## Műszaki kerámiák

### Fontosabb műszaki kerámia anyagok:

- alumínium oxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ );
  - ❖ kedvező árú,
  - ❖ jó hővezető, nagy hőállóságú,
  - ❖ forgácsoló lapka, csiszoló anyag, dugattyú, szigetelő,
- cirkon oxid ( $\text{ZrO}_2$ );
  - ❖ jó hősokk-állóságú,
  - ❖ nagy hajlító szilárdságú,
  - ❖ koptató hatásnak kitett szelep, fúvóka,
- köbös bór nitrid (KBN);
  - ❖ igen kemény (szervetlen gyémánt),
  - ❖ nagy sebességű forgácsolás, vassal nem lép reakcióba,
  - ❖ gyorsacél, keményfém, réz, alumínium forgácsolása,

# Kerámiák

## Műszaki kerámiák

Fontosabb műszaki kerámia anyagok:

➤ szilícium nitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ );

❖ a legnagyobb szilárdságú, nagy hőmérsékleten is,

❖ jó hősokk-állóságú, nagy olvadáspontú

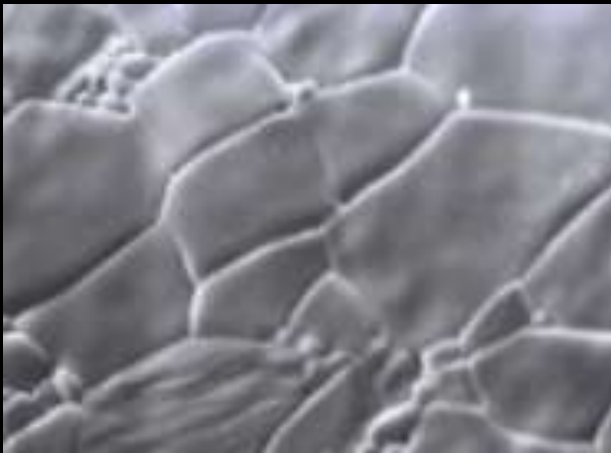
❖ motorok, turbinák elemei, szelepek, dugattyú gyűrűk,

➤ szilícium karbid ( $\text{SiC}$ );

❖ nagy keménységű, magas olvadáspontú,

❖ jó hővezető, hősokk-álló,

❖ köszörű szemcsék, szilit rúd (kemencék), tűzálló bélés,

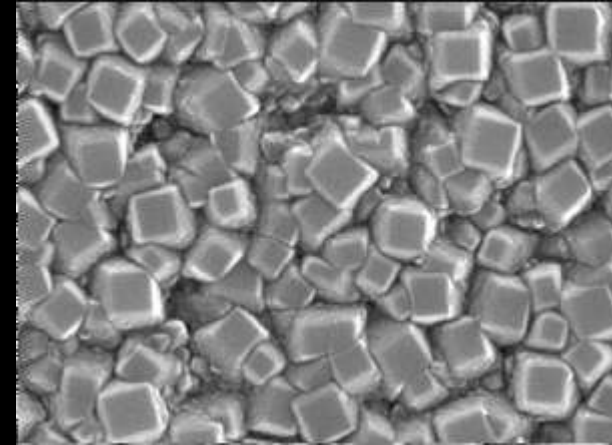


# Kerámiák

## Műszaki kerámiák

Fontosabb műszaki kerámia anyagok:

- polikristályos gyémánt;
  - ❖ nagy keménységű,
  - ❖ magas olvadáspontú
  - ❖ volfram szál húzó gyűrű, csiszoló anyag,
- karbon szál;
  - ❖ poliakrilnitril (PAN) oxidációja, majd
  - ❖ 3000°C-on semleges gázban végzett szenítése,
  - ❖ az elemi szál átmérője: 7,4 μm.
  - ❖ szálirányban igen nagy szilárdságú,
  - ❖ nagy rugalmassági modulusú,
  - ❖ kompozit szerkezetek szálanyaga,



# Kerámiák

## Műszaki kerámiák

**A gyártási technológia alapvetően porkohászat:**

- **porok előállítása szintetikus módon olvadékból vagy gőzből,**
  - ❖ **nagy tisztaság,**
  - ❖ **szabályozott szemcseméret (0,1 - 10  $\mu\text{m}$ ) és**
  - ❖ **szemcse eloszlás,**
- **sajtolás: hidegen, melegen, száraz vagy nedves állapotban,**
- **szinterezés:**
  - ❖ **fizikai és kémiai változások,**
  - ❖ **üvegesedés (megolvadás) is előfordul,**
  - ❖ **magas hőmérséklet és hosszú idő jellemzi.**

# ANYAGOK

**szerves**

## BIOANYAGOK

növényi termés  
állati váz  
kültakaró

## MŰANYAGOK

természetes alapú hőre lágyuló  
mesterséges alapú hőre keményedő  
elasztomer

## KOMPOZITOK

bevonat, szemcsés,  
szálas, réteges

**természetes**

**mesterséges**

## KERÁMIÁK

oxidos kristályos  
nem oxidos amorf  
egyatomos vegyület

## FÉMEK

vasötvözetek acélok  
nem vasfémek öntöttvasak  
könnyűfémek  
egyéb fémek

**szervetlen**

# Kompozitok

## Kompozitok jellemzői

A kompozitok olyan összetett anyagok, amelyek két vagy több különböző szerkezetű, makro-, mikro- vagy nano-méreteken elkülönülő anyag kombinációkból épülnek fel a hasznos tulajdonságok kiemelésére és a káros tulajdonságok csökkentése céljából.

Az egyik alkotó folytonos ez a mátrix, amely körülveszi a diszperz erősítő fázist. A köztük lévő határfelületnek döntő szerepe van a tulajdonságok kialakításában.

Az alkotók kémiai összetétele és legtöbbször alakja is különbözik.

A kompozitokkal olyan tulajdonságok vagy tulajdonság kombinációk valósíthatók meg, melyek az alkotókkal külön-külön nem hozhatók létre. A legtöbbször a mechanikai tulajdonságok javítása a cél, valamint az igényeknek megfelelően szabályozható a szilárdság, a képlékenység és a korrózióállóság.

# Kompozitok

## Kompozitok előállítása

A kompozitok előállításánál alapvetően kétféle utat lehet követni:

- külön állítják elő a mátrixot és a diszperz fázist és utólag keverik azokat össze, azonban a diszperz fázist alkotó részecskék méretének csökkenésével ez egyre nehezebben valósítható meg.
- a másik lehetőség a kompozit in-situ előállítása.

A kompozitokat legtöbbször végső alakjukban készítik el (near-net-shape), utólagos alakítást csak ritkán alkalmaznak.

# Kompozitok

## Kompozitok csoportosítása

A kompozitokat többféle szempont szerint csoportosíthatjuk:

- anyagpárok szerint:
  - ❖ fém-fém,
  - ❖ fém-kerámia,
  - ❖ kerámia-kerámia,
  - ❖ polimer-üveg, stb.
- a mátrix szerint:
  - ❖ polimer mátrixú,
  - ❖ fém mátrixú,
  - ❖ kerámia mátrixú kompozitok.

A mátrix anyaga nagymértékben meghatározza a felhasználás maximális hőmérsékletét.

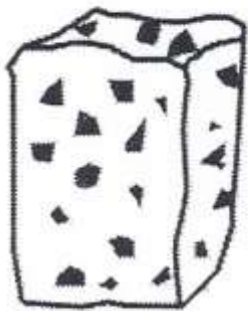


# Kompozitok

## Kompozitok csoportosítása

A komponensek morfológiája szerint a kompozitok lehetnek:

- szemcsés,
- szálas,
- réteges,
- bevonatos szerkezetűek.



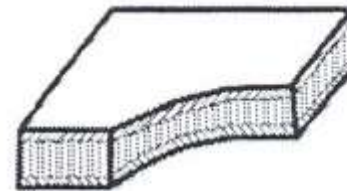
a)



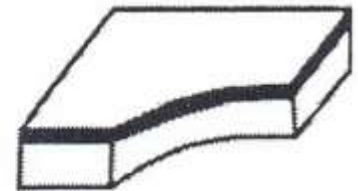
b)



c)



d)



e)

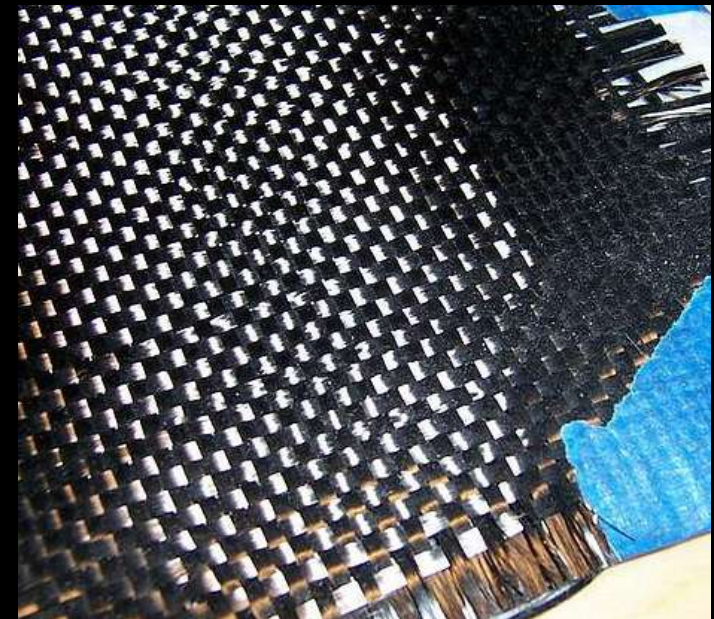
# Kompozitok

## Példák kompozit anyagokra

A természetes fa is kompozit, az ember évezredek óta készít vályogot (agyag és szalma), de ilyen anyag a vasbeton is.

A ma legismertebb anyagok szál erősítésűek:

- üveg szál, szövet,
- karbon szál, szövet.



# Kompozitok

## Kompozit anyag készítése

### SCRIMP - Seemann Composites Resin Infusion Molding Process:

- szövet anyag befektetése, rétegzése a formába,
- vákuum szivattyúval a levegő eltávolítása a szálak közül,
- műgyantával való feltöltés,
- utólagos megmunkálások.

