

Kémiai technológia

Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Kun Róbert



A szervetlen vegyipar ágazatai Szilikátipari technológiák: Építőanyag-, kerámia- és üvegyipar

Szilikátkémiai iparok felosztása

Építőipari kötőanyagok

Főbb termékei:

- Nem hidraulikus kötőanyagok (*mész, gipsz*)
- Hidraulikus kötőanyagok (*cementek*)



Durvakerámia

Főbb termékei:

- Téglá
- Cserép
- Tűzálló anyagok (*samott*)
- „Keromit”



Finomkerámia

Főbb termékei:

- Porcelántermékek
- Műszaki porcelán
- Díszmű porclán
- Csiszolóanyagok



Zománcipar

Főbb termékei:

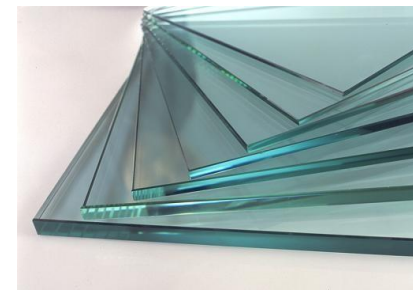
- zománcok



Üveggyártás

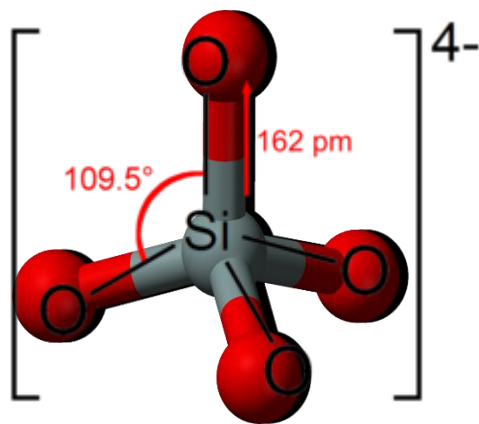
Főbb termékei:

- Öblösüveg
- Síküveg
- Műszaki üveg

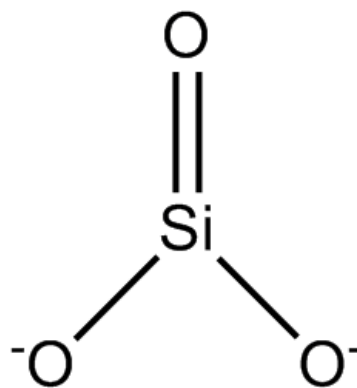


A „szilikátok”

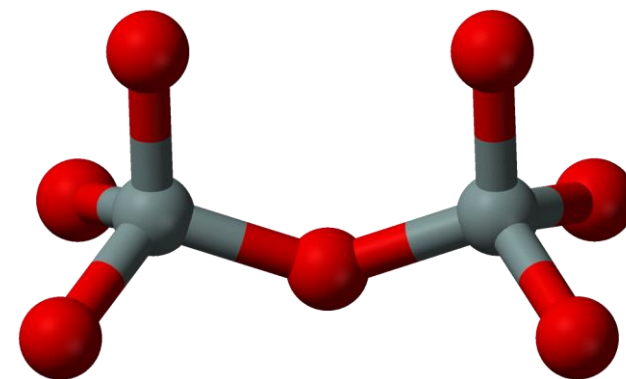
- Egy anyagcsalád, melyet Si^{4+} és O^{2-} ionokat tartalmazó anionok építenek fel
- Az anionok általános összegképlete: $[\text{SiO}_{4-x}]_n^{(4-2x)-}$, ahol $0 \leq x < 2$
- Típusai:
 - Ortoszilikát: SiO_4^{4-} , $x = 0$
 - Metaszilikát: SiO_3^{2-} , $x = 1$
 - Pirooszilikát: $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$, $x = 1$, $n = 2$



ortoszilikát-anion



metaszilikát-anion



piroszilikát-anion (*diortoszilikát*)

A „szilikátásványok”

- Szilikát anionokból (és egyéb kationokból) felépülő ásványok (SiO_4 -tetraéderek hálózata)
- Kőzetalkotó ásványok
- A földkéreg kb. 90%-át szilikátásványok alkotják

A SiO_4 -tetraéderek kapcsolódása alapján megkülönböztetünk:

- Szigetszilikátok
- Csoportszilikátok
- Gyűrűszilikátok
- Láncszilikátok
- Rétegszilikátok
- Tektoszilikátok

A szigeteszilikátok

A szigeteszilikátokban (*nezoszilikátok*) (*neso* = sziget, *görög*) az **SiO₄-tetraéderek** egymással közvetlenül nem kapcsolódnak össze.

Olivin csoport

Forsterite – Mg₂SiO₄

Fayalite – Fe₂SiO₄

Tephroite – Mn₂SiO₄

Gránát csoport

Pyrope – Mg₃Al₂(SiO₄)₃

Almandine – Fe₃Al₂(SiO₄)₃

Spessartine – Mn₃Al₂(SiO₄)₃

Grossular – Ca₃Al₂(SiO₄)₃

Andradite – Ca₃Fe₂(SiO₄)₃

Uvarovite – Ca₃Cr₂(SiO₄)₃

Cirkón csoport

Zircon – ZrSiO₄

Thorite – (Th,U)SiO₄

Hafnon – (Hf,Zr)SiO₄

Al₂SiO₅ csoport

Andalusite – Al₂SiO₅

Kyanite – Al₂SiO₅

Sillimanite – Al₂SiO₅

Dumortierite – Al_{6,5-7}BO₃(SiO₄)₃(O,OH)₃

Topáz – Al₂SiO₄(F,OH)₂

Staurolite – Fe₂Al₉(SiO₄)₄(O,OH)₂

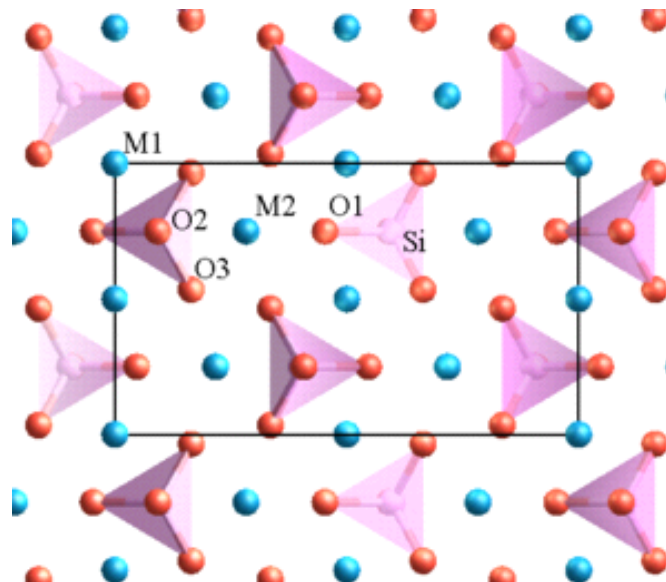
Humite csoport – (Mg,Fe)₇(SiO₄)₃(F,OH)₂

Norbergite – Mg₃(SiO₄)(F,OH)₂

Chondrodite – Mg₅(SiO₄)₂(F,OH)₂

Humite – Mg₇(SiO₄)₃(F,OH)₂

Clinohumite – Mg₉(SiO₄)₄(F,OH)₂



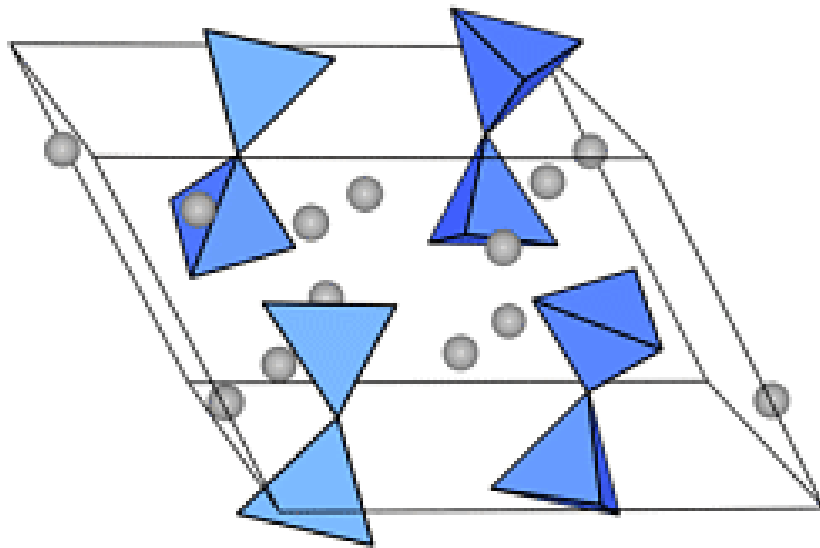
topáz – Al₂SiO₄(F,OH)₂



cirkon

A csoportszilikátok

A csoportszilikátokban (*szoroszilikátok*) az SiO_4 -tetraéderek közvetlen kapcsolódással több tagból álló csoportokká állhatnak össze. A két SiO_4 -tetraéder összekapcsolódásával elkülönült $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$ „*piroszilikát*” csoportok alakulnak ki.

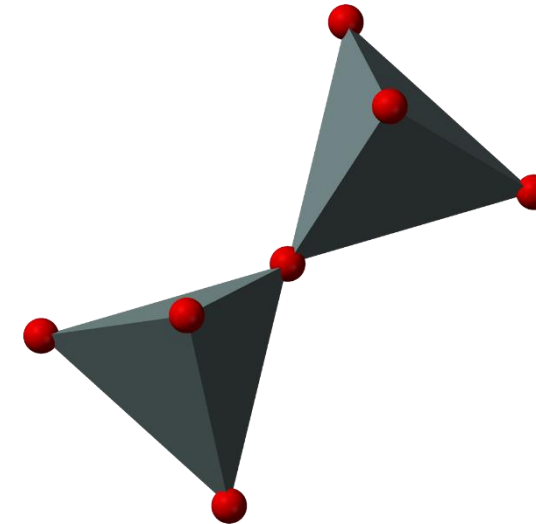


Hemimorphite (calamine) – $\text{Zn}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Lawsonite – $\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Axinite – $(\text{Ca,Fe,Mn})_3\text{Al}_2(\text{BO}_3)(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH})$

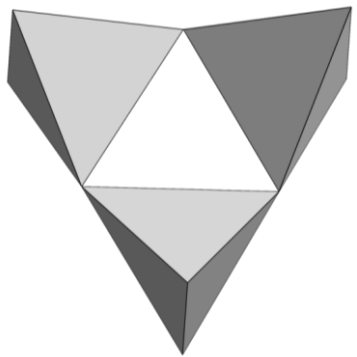
Ilvaite – $\text{CaFeII}_2\text{FeIII}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$



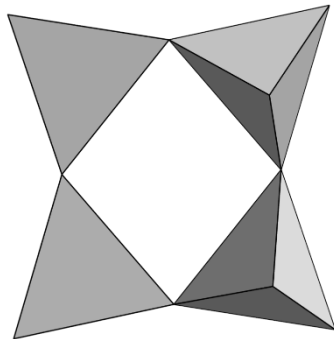
A $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$ „*piroszilikát*” anion

A gyűrűszilikátok

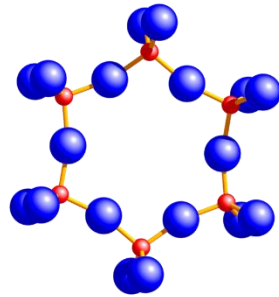
A gyűrűszilikátok (*cikloszilikátok*) kristályrácsa SiO_4 -tetraéderek összekapcsolódásával keletkező, gyűrű alakú csoportokat tartalmaz. Az SiO_4 -tetraéderek hármassal összekapcsolódásával (Si_3O_9)⁶⁻, négyes kapcsolódással (Si_4O_{12})⁸⁻, míg hatos kapcsolódással hexagonális szimmetriájú (Si_6O_{18})¹²⁻ felépítésű, gyűrű alakú csoportok jönnek létre. A cikloszilikátok csoportosítása a gyűrűk tagszáma alapján történik.



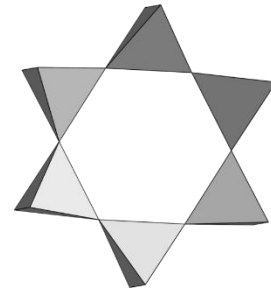
3-as egység [Si_3O_9]
(pl. *benitoite*)



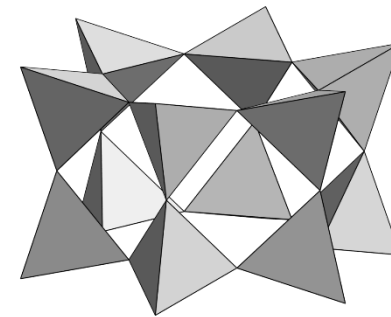
4-es egység [Si_4O_{12}]
(pl. *papagoite*)



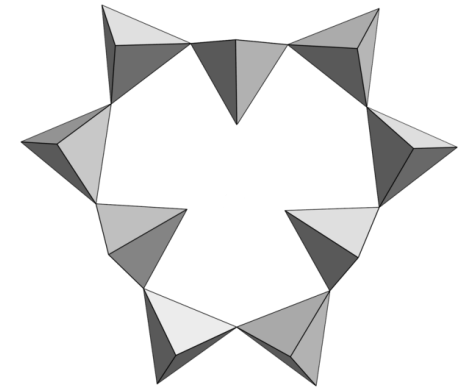
6-os egység [Si_6O_{18}],
(pl. *berill*)



(A berill zöld változata: smaragd;
színt eredményezi króm-szennyezés)



6-os dupla gyűrűs egység [Si_6O_{18}]
(pl. *milarite*)



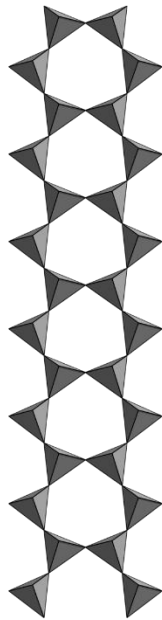
9-es egység [Si_9O_{27}]
(pl. *eudialyte*)

A láncszilikátok

A láncszilikátok (*inoszilikátok*) szerkezetében az **SiO₄-tetraéderek** közös oxigénekkal egyirányú kapcsolódással végtelen láncot alkotnak. Leggyakrabban kétféle típusú lánckapcsolódás jön létre: egyik az **egyszerű lánc**, melyben a **(Si₂O₆)⁴⁻**, illetve a kettős lánc, azaz **szalag**, melyben **(Si₄O₁₁)⁶⁻** a szerkezeti alapelem. (Ritkábban többszörös (hármas, négyes, ötös) láncok is létrejöhetnek, melyek azonban már átmenetek a rétegszilikátok felé. Az ilyen szerkezetű ásványok zömmel nyúlt oszlopos vagy tús kifejlődésűek és a láncirány szerint jól hasadnak.)



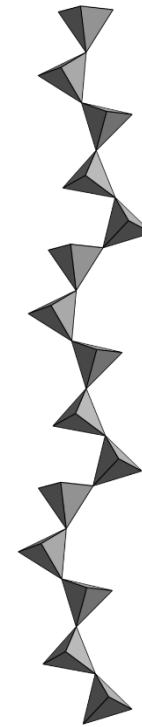
Piroxén csoport, 2-peródikus egyszerű lánc (Si₂O₆)



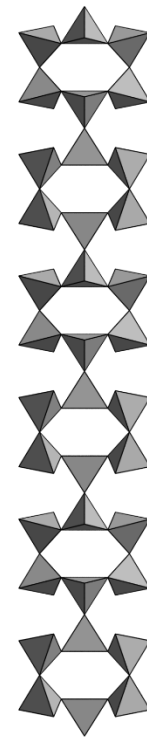
Amfibol, 2-peródikus kettős lánc (szalag) (Si₄O₁₁)



3-as lánc



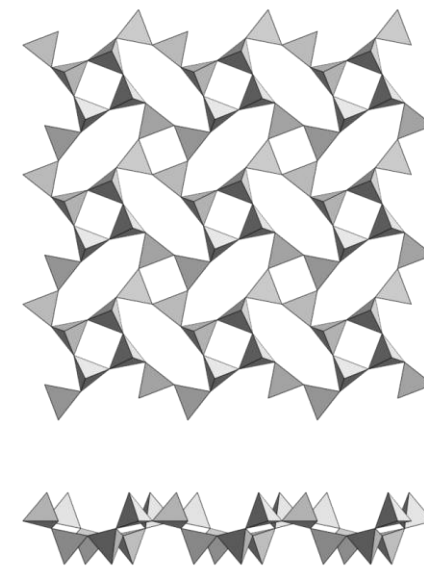
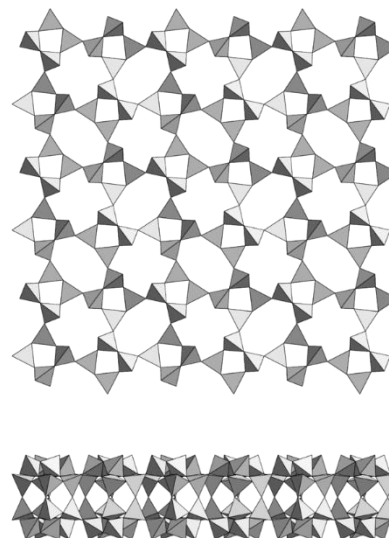
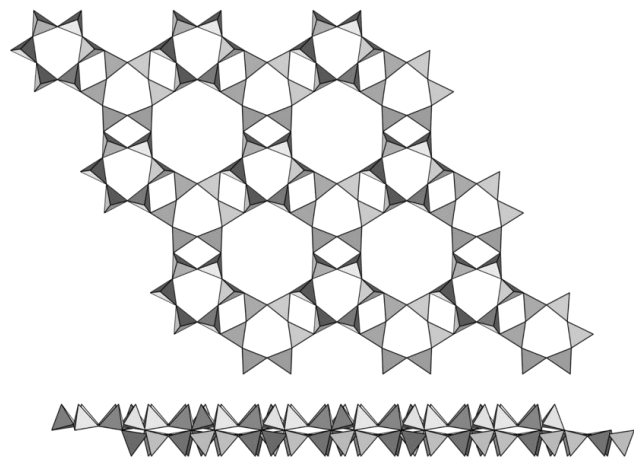
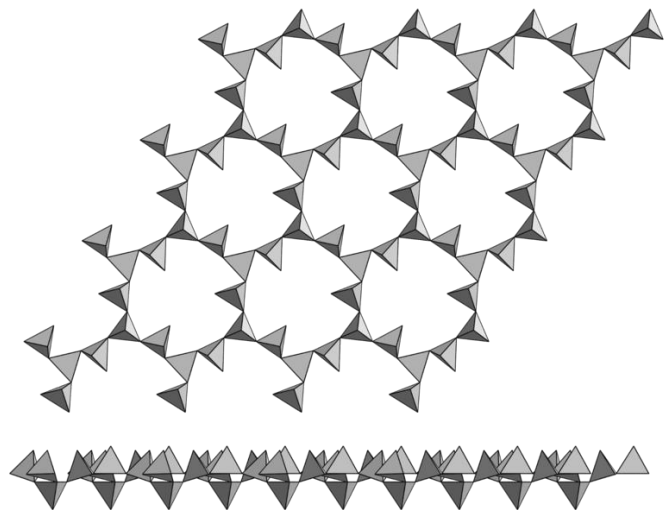
5-ös lánc



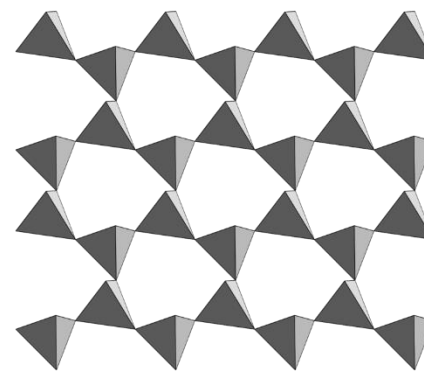
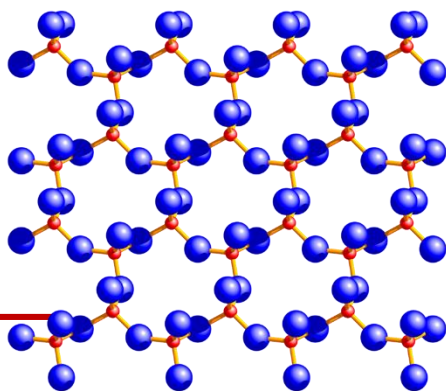
8-as lánc

A rétegszilikátok

A rétegszilikátok (*filloszilikátok*) kristályrácsát – az **SiO₄-tetraéderek** két irányú összekapcsolódása révén – végtelen síkok építik fel. Szerkezeti alapelemük a **(Si₄O₁₀)⁴⁻**. A réteges szerkezetük miatt hasadásuk kiváló.



csillámok



A rétegszilikátok

Csillámok

muszkovit-sor

muszkovit
paragonit
glaukonit

biotit-sor

biotit
annit
lepidolit
zinnwaldit
xantofillit
clintonit

Szerpentinásványok

krizotil
lizardit
antigorit

Klorit-csoport

kloritok

korundofilit
proklorit
ripidolit
klinoklor
pennin
diabantit
piknoklorit
brunsvigit
dafnit
delessit
thüringit

szeptekloritok

amezit
chamozit
greenalit
cronstedtit

kloritoid

Agyagásványok

kaolinitcsoport

kaolinit
dickit
Nakrit
halloysit
hydrohalloysit

illit-félék

illit
stilpnomelán

szmektit csoport

montmorillonit
nontronit
saponit

vermikulitok

vermikulit

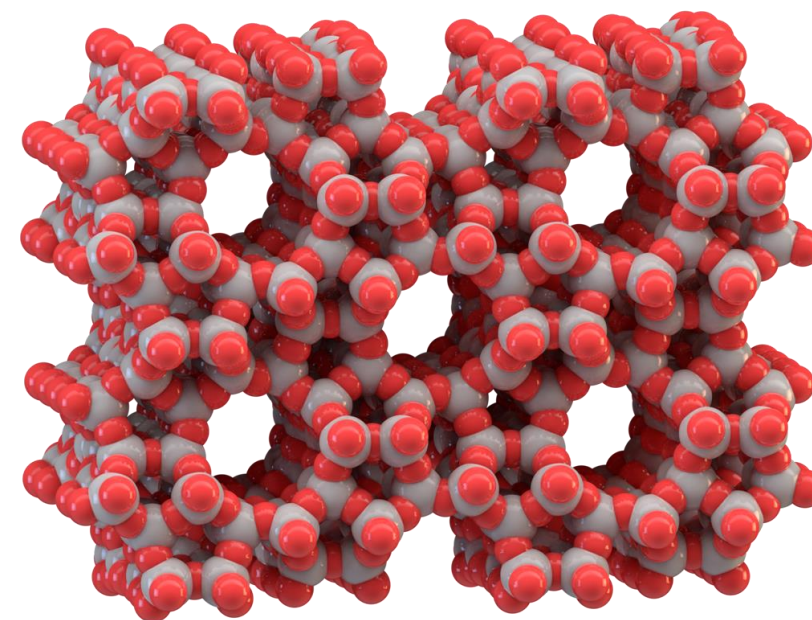
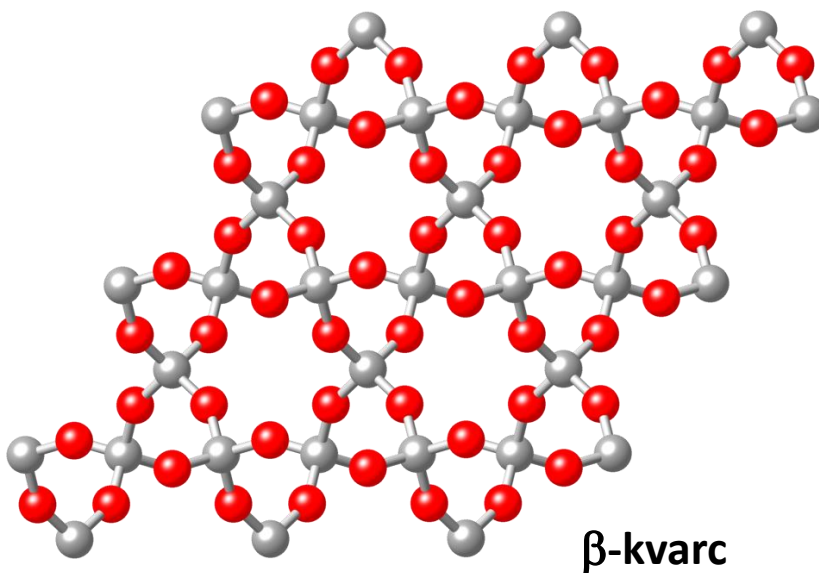
paligorszkit-félék

paligorszkit
szepiolit

A tektonosilikátok

A tektonosilikátokban az **SiO₄-tetraéderek** a tér mindhárom irányában végtelen hálózattá kapcsolódnak össze (*tekto* = építmény, *görög*). Elvileg minden oxigén közös a szomszédos tetraéderrel, tehát szerkezeti alapegységük (**SiO₂**). A valódi tektonosilikátokban azonban a Si-ot általában és gyakran a hozzá közelálló méretű Al helyettesíti (*izomorf helyettesítés*), melynek eredményeként a rács semlegesítéséhez különböző kationok beépülése szükséges.

- 1) Földpátok (alkáliföldpátok [pl. ortoklász], plagiászok,)
- 2) Földpátpótlók [pl. nefelin, leucit]
- 3) Szodalitok [pl. szodalit, lazurit]
- 4) Zeolitcsoport [pl. mordenit, chabazit, nátrólit]
- 5) Kvarc-csoport [pl. kvarc]

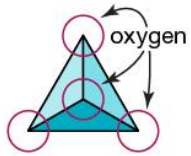


Zeolit (ZSM-5)

Structural linkage schemes among silicates

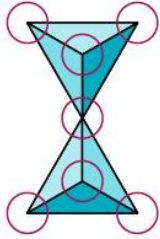
Nesosilicates

Unit composition: $(\text{SiO}_4)^{4-}$
 Example: olivine,
 $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$



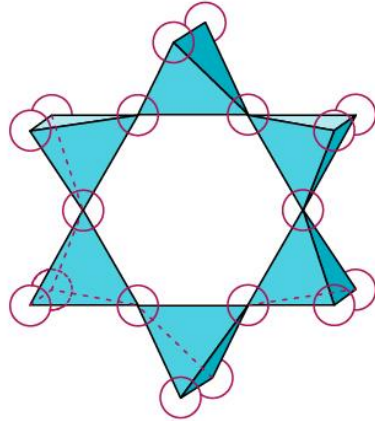
Sorosilicates

Unit composition: $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$
 Example: hemimorphite,
 $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$



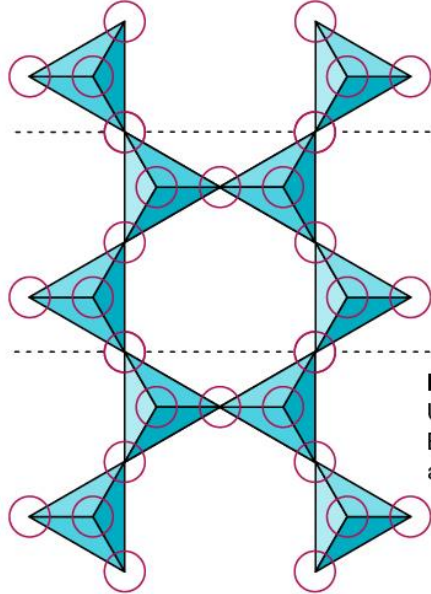
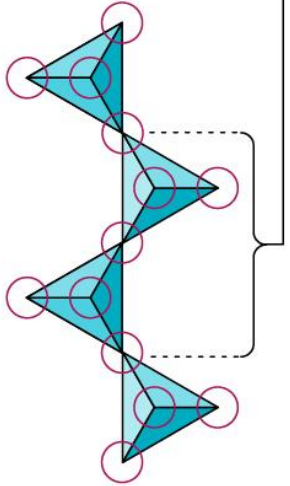
Cyclosilicates

Unit composition: $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$
 Example: beryl,
 $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$



Inosilicates (single chain)

Unit composition: $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$
 Example: pyroxene—e.g.,
 enstatite, MgSiO_3

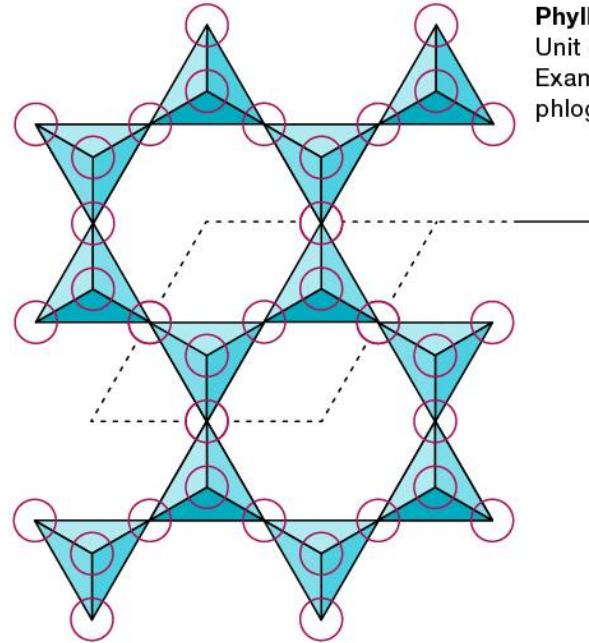


Inosilicates (double chain)

Unit composition: $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$
 Example: amphibole—e.g.,
 anthophyllite, $\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

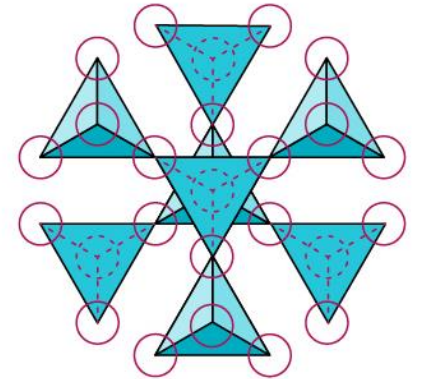
Phyllosilicates

Unit composition: $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$
 Example: mica—e.g.,
 phlogopite, $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$



Tectosilicates

Unit composition: $(\text{SiO}_4)^{4-}$
 Example: high cristobalite,
 SiO_2



A szilikátipar alapanyagai

Agyagásványok

(rétegszilikátok)

vízzel összedolgozva képlékeny, száradáskor és kiégetéskor alakját megtartja

Földpátok

(tektonoszilikátok)

tömörré teszi a kerámiákat

Kvarchomok

(tektonoszilikátok)

soványítja, képlékennyé teszi a kerámiákat

Márga

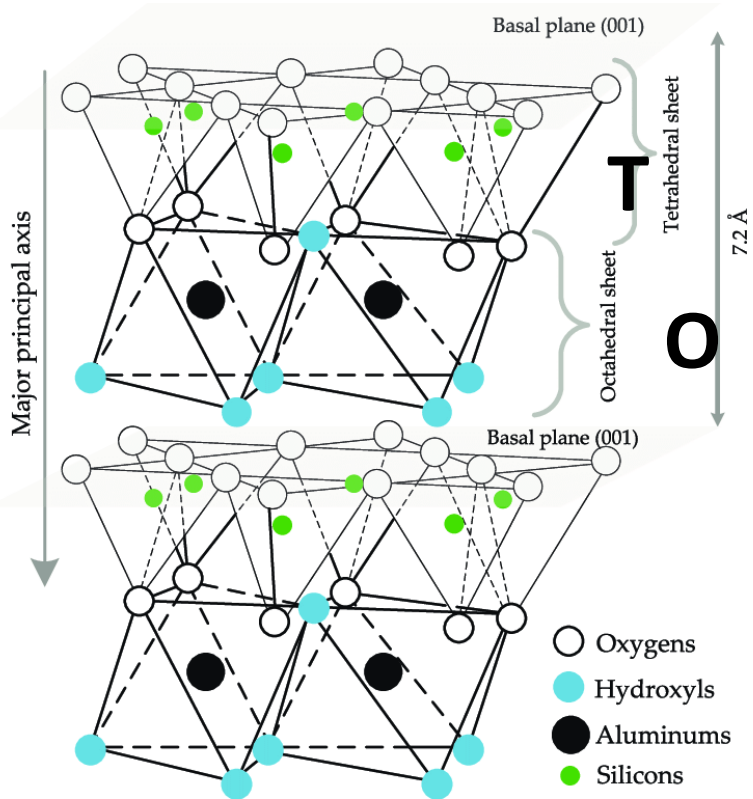
(üledékes, karbonátos kőzet)

Mészke Dolomit

Anyagfajta neve	Anyagfajta összetétele		Felhasználási terület
	CaCO ₃ (%)	Agyagos frakció (%)	
Agyag	0-10	90-100	tégla, cserép, cement
Meszes agyag	10-20	80-90	
Agyagmárga	20-40	60-80	cementgyártás
Márga	40-60	40-60	
Méשמárga	60-80	20-40	
Agyagos mészkő	80-90	10-20	építőke, oltott mész, cementgyártás
Mészke	90-100	0-10	

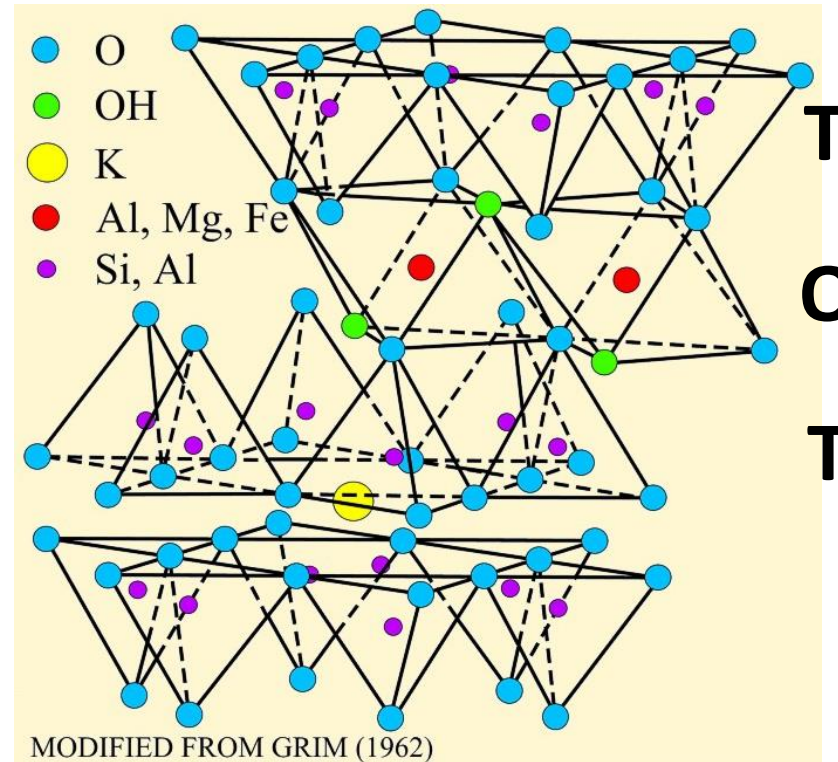
Fontosabb agyagásványok - A kaolinit, illit és montmorillonit

Kaolinit



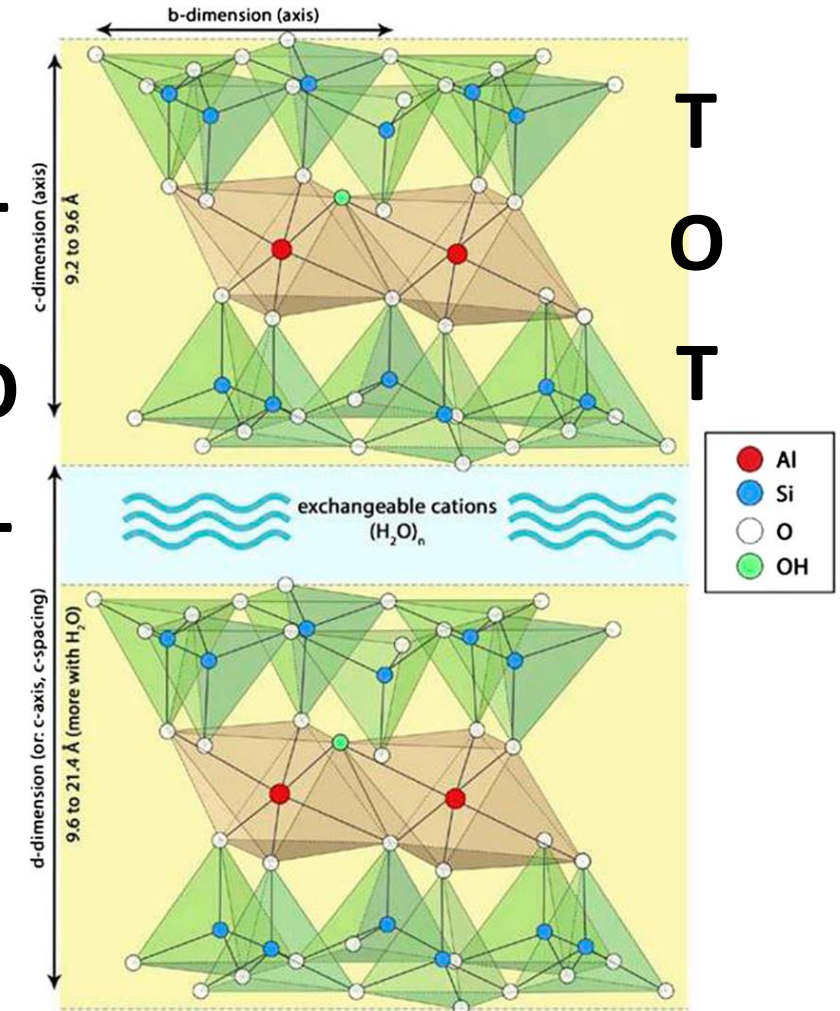
nem duzzadó agyagásvány
kaolinit ásványban gazdag kőzet →
kaolin

Illit



nem duzzadó agyagásvány
TOT rétegek között (rétegekzi térben) K⁺ ionok

Montmorillonit



duzzadó agyagásvány, TOT rétegekzi térben Na⁺ ionok vagy víz molekulák



„A Gerecse északi részén,
Lábatlan település
szomszédságában
hatalmas tájseb állítja
meg az arra utazók
tekintetét. (...)”

„Az egykori
cementgyárat
kiszolgáló bányában
napjainkban már nem
folyik termelés, (...)”

Szilikátkémiai iparok felosztása

Építőipari kötőanyagok

Főbb termékei:

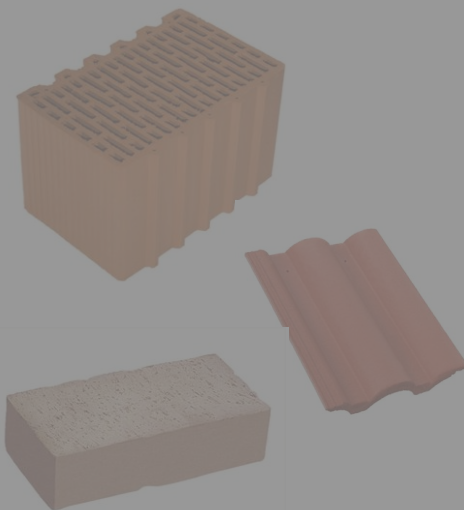
- Nem hidraulikus kötőanyagok (*mész, gipsz*)
- Hidraulikus kötőanyagok (*cementek*)



Durvakerámia

Főbb termékei:

- Téglá
- Cserép
- Tűzálló anyagok (*samott*)
- „Keramit”



Finomkerámia

Főbb termékei:

- Porcelántermékek
- Műszaki porcelán
- Díszmű porclán
- Csiszolóanyagok



Zománcipar

Főbb termékei:

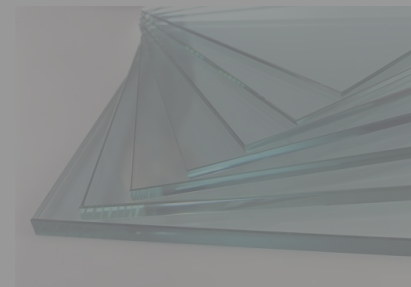
- zománcok



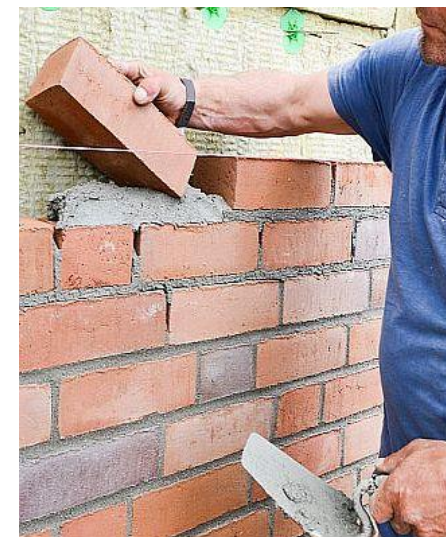
Üveggyártás

Főbb termékei:

- Öblösüveg
- Síküveg
- Műszaki üveg



Építőipari kötőanyagok



- Építőelemek rögzítésére, összetapasztására, egymáshoz kötéshez kötőanyagok szükségesek
- Pépes/folyékony kötőanyag megszilárdul (levegőn, vízben) rögzítik a beléjük kevert szilárd anyagokat (beton, vasbeton, stb.)



Eredet szerint

- Természetes (agyag, bitumen)
- Mesterséges (cement)

Anyagi minőség szerint

- Ásványi (agyag, mész, cement)
- Szerves (bitumen, gyanta)

Halmazállapot szerint

- Folyékony (vízüveg)
- Szilárd (cement)

Kötésmechanizmus szerint

- Nem hidraulikus (gipsz, mész) → víz alatt nem köt meg
- Hidraulikus (cement) → víz alatt megköt

Építőipari kötőanyagok

Nem hidraulikus kötőanyagok

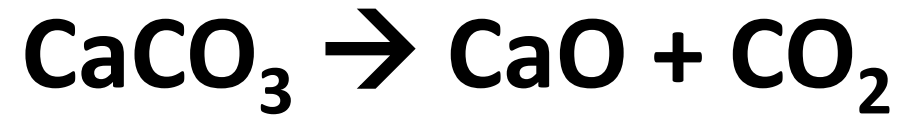
Jellegzetességük

- vízzel összekeverve levegőn hagyva megkeményednek (megkötnek)
- kötés/száradás után vízbe helyezve megpuhulnak (esetleg oldódnak)

Fontosabb nem-hidraulikus kötőanyagok

- Mész
- Gipsz

Égetett mész: mészkőből égetéssel állítják elő:



(T ~ 900 – 1000 °C)

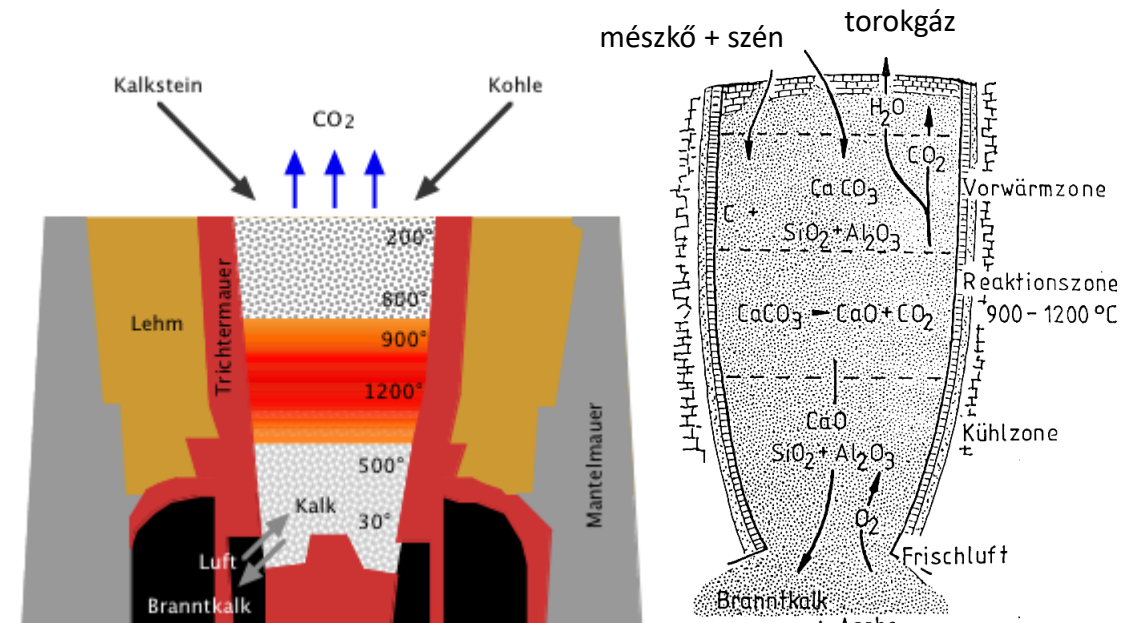
Jelentős CO₂ emisszió: 1 t CaO → ~800 kg CO₂ szabadul fel!

Nem hidraulikus kötőanyagok – Mészégetés eszközei

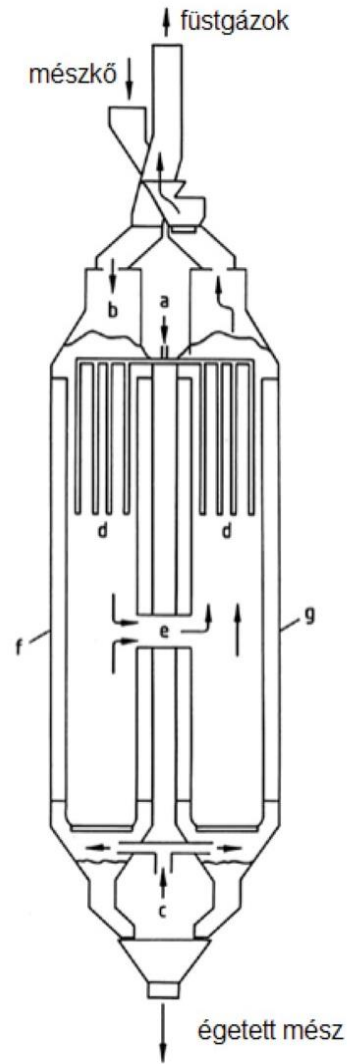
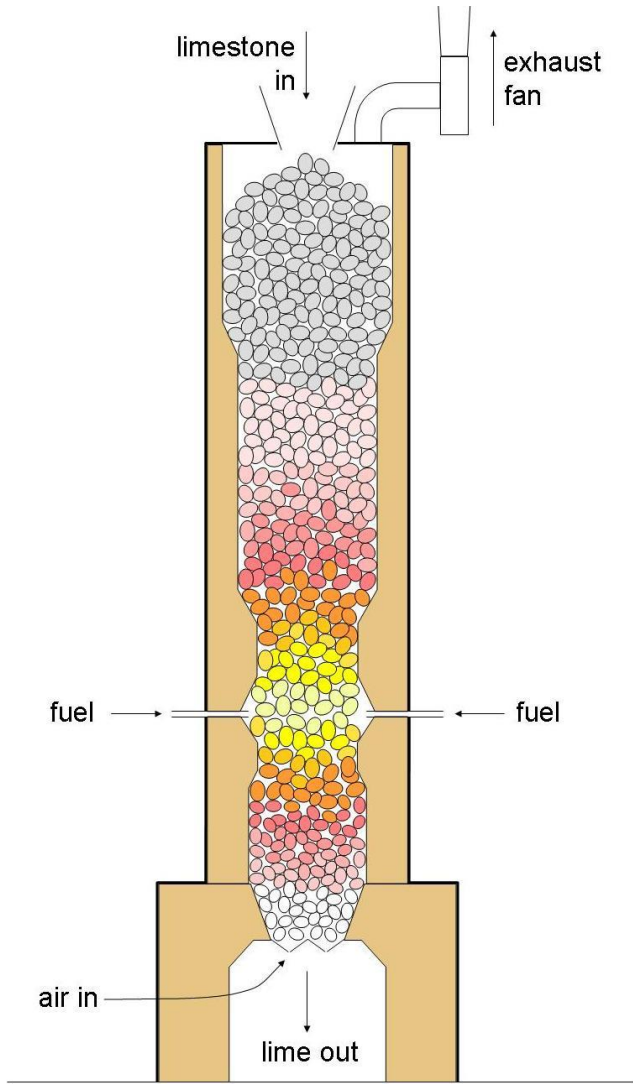
Régen: boksakemencék (erdei mészkeőgető kemencék) „szakaszos üzem”



Ma: - forgókemence
 - áramlásos álló kemence (ellenáramú, párhuzamos áramú)
 „folyamatos üzem”

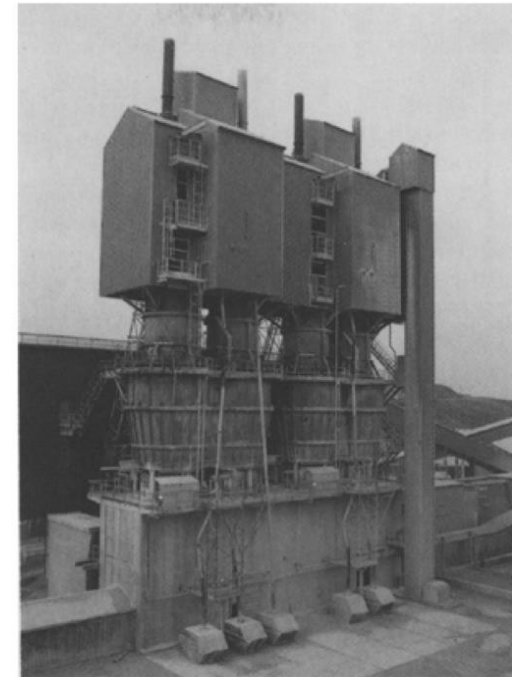


Égetőkemencék típusai – oszlopos vagy álló kemencék



- a) Tüzelőanyag;
- b) Égést tápláló levegő;
- c) Hűtő levegő;
- d) Lándzsák;
- e) Kereszt járat;
- f) 1. akna;
- g) 2. akna

Párhuzamos áramlásos regeneratív kemence



Égetőkemencék típusai – oszlopos vagy álló kemencék

Counter-current shaft kilns (*ellenáramú álló kemence*)

The fuel is injected part-way up the shaft, producing maximum temperature at this point. The fresh feed fed in at the top is first dried then heated to 800 °C, where de-carbonation begins, and proceeds progressively faster as the temperature rises. Below the burner, the hot lime transfers heat to, and is cooled by, the combustion air. A mechanical grate withdraws the lime at the bottom. A fan draws the gases through the kiln, and the level in the kiln is kept constant by adding feed through an airlock. As with batch kilns, only large, graded stone can be used, in order to ensure uniform gas-flows through the charge. The degree of burning can be adjusted by changing the rate of withdrawal of lime. Heat consumption as low as 4 MJ/kg is possible, but 4.5 to 5 MJ/kg is more typical. Due to temperature peak at the burners up to 1200 °C in a shaft kiln conditions are ideal to produce medium and hard burned lime.

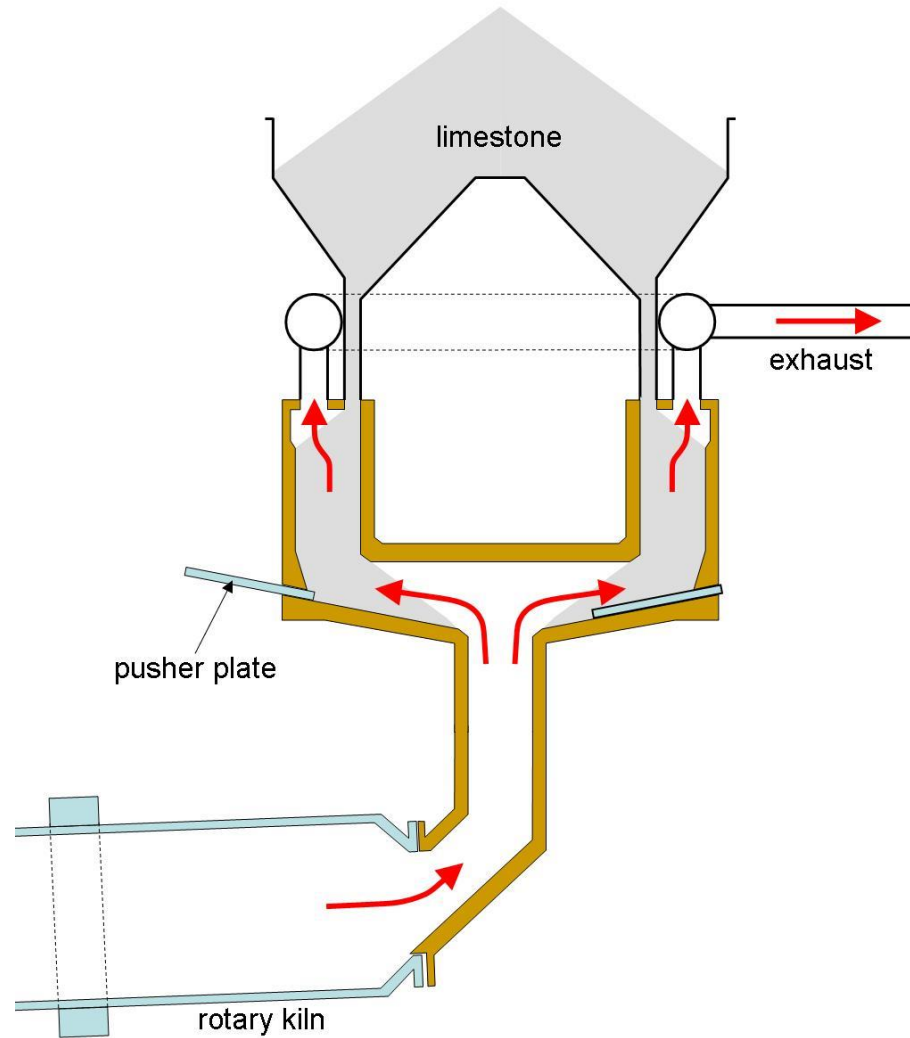
Annular kilns (*gyűrűs kemence*)

These contain a concentric internal cylinder. This gathers pre-heated air from the cooling zone, which is then used to pressurize the middle annular zone of the kiln. Air spreading outward from the pressurized zone causes counter-current flow upwards, and co-current flow downwards. This again produces a long, relatively cool calcining zone. Fuel consumption is in 4 to 4.5 MJ/kg range and the lime is typically medium burned.

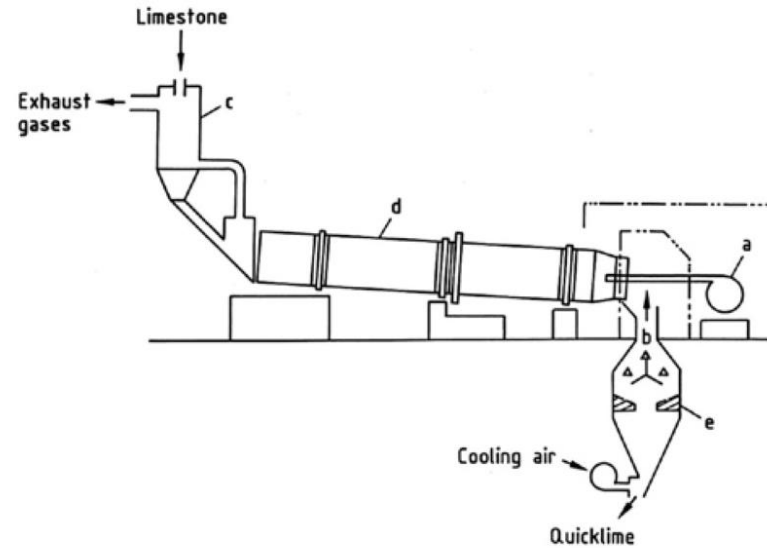
Regenerative kilns (*regeneratív kemence*)

These typically consist of a pair of shafts, operated alternately. First, when shaft A is the "primary" and B the "secondary" shaft, the combustion air is added from the top of shaft A, while fuel somewhat below via burner lances. The flame is top-bottom. The hot gases pass downward, cross to shaft B via the so-called "channel" and pass upward to exhaust of shaft B. At same time in both shafts cooling air is added from the bottom to cool the lime and to make exhaust of gases via the bottom of the kiln impossible via maintaining always a positive pressure. The combustion air and cooling air leave the kiln jointly via exhaust on top of shaft B, preheating the stone. The direction of flow is reversed periodically (typically 5–10 times per hour) shaft A and B changing the role of "primary" and "secondary" shaft. The kiln has three zones: preheating zone on the top, burning zone in the middle, and cooling zone close to the bottom. The cycling produces a long burning zone of constant, relatively low temperature (around 950 °C) that is ideal for the production of high quality soft burned reactive lime. With exhaust gas temperatures as low as 120 °C and lime temperature at kiln outlet in 80 °C range the heat loss of the regenerative kiln is minimal, fuel consumption is as low as 3.6 MJ/kg. Due to these features the regenerative kilns are today mainstream technology under conditions of substantial fuel costs. Regenerative kilns are built with 150 to 800 t/day output, 300 to 450 being typical.

Égetőkemencék típusai – forgó csőkemence



Forgó mészégető kemence

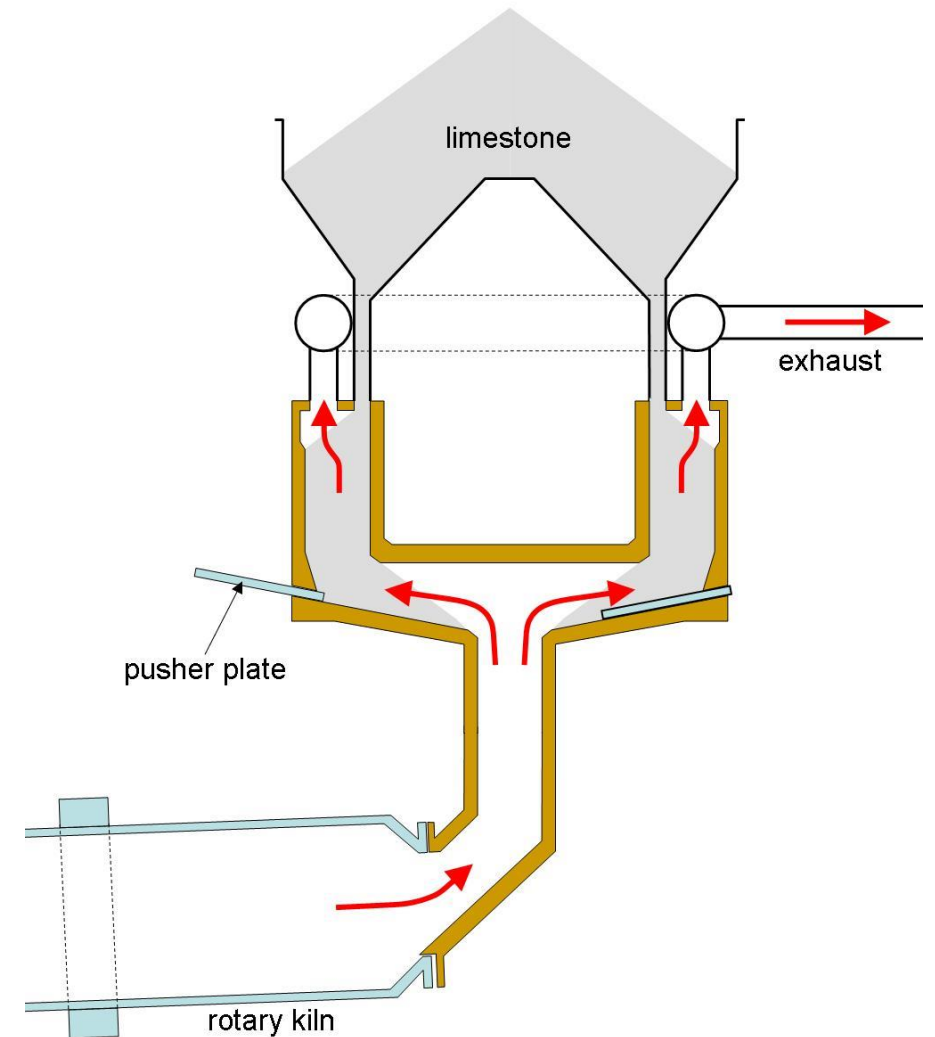


- a) Égő;
- b) Levegő;
- c) Előmelegítő;
- d) Kemence;
- e) Hűtő

Égetőkemencék típusai – forgó csőkemence

Rotary kilns (*forgó csőkemence*)

Rotary kilns started to be used for lime manufacture at the start of the 20th century and now account for a large proportion of new installations if energy costs are less important. The early use of simple rotary kilns had the advantages that a *much wider range of limestone size* could be used, from fines upwards, and undesirable elements such as sulfur can be removed. On the other hand, *fuel consumption was relatively high* because of poor heat exchange compared with shaft kilns, leading to excessive heat loss in exhaust gases. Old fashioned "long" rotary kilns operate at 7 to 10 MJ/kg. Modern installations partially overcome this disadvantage by adding a preheater, which has the same good solids/gas contact as a shaft kiln, but fuel consumption is still somewhat higher, typically in range of 4.5 to 6 MJ/kg. In the design shown, a circle of shafts (typically 8–15) is arranged around the kiln riser duct. Hot limestone is discharged from the shafts in sequence, by the action of a hydraulic "pusher plate". Kilns of 1000 tonnes per day output are typical. The rotary kiln is the most flexible of any lime kilns able to produce soft, medium, or hard burned as well as dead-burned lime or dolime.

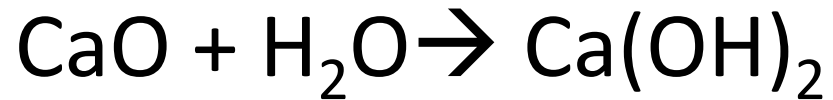


Nem hidraulikus kötőanyagok – Oltott mész

Mész oltás: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ előállítása víz adagolásával, exoterm folyamat

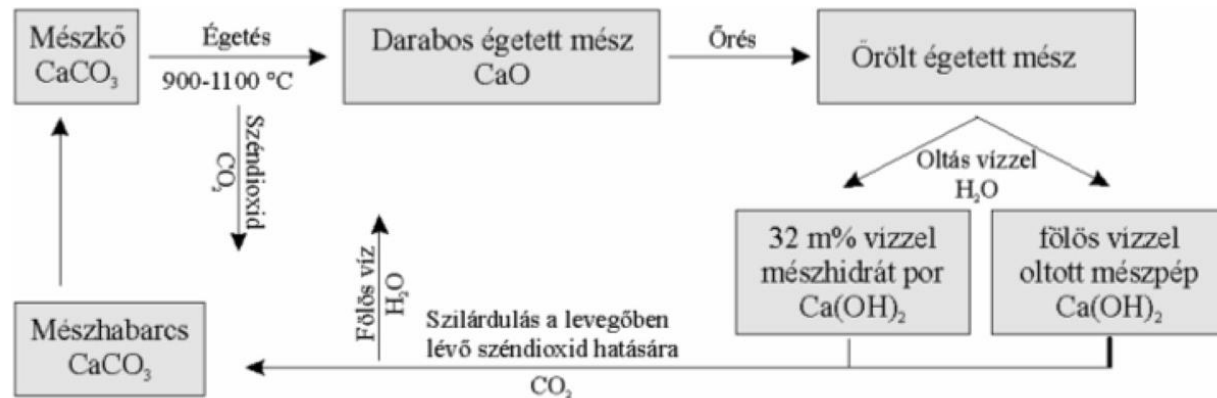
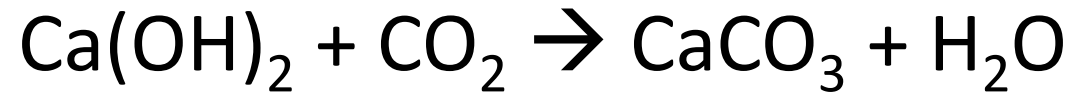
kevés víz adagolása: **mészhidrát** – por állapotú

több víz adagolása: „**oltott mész**” – kolloidális állapot; folyékony massa megjelenés

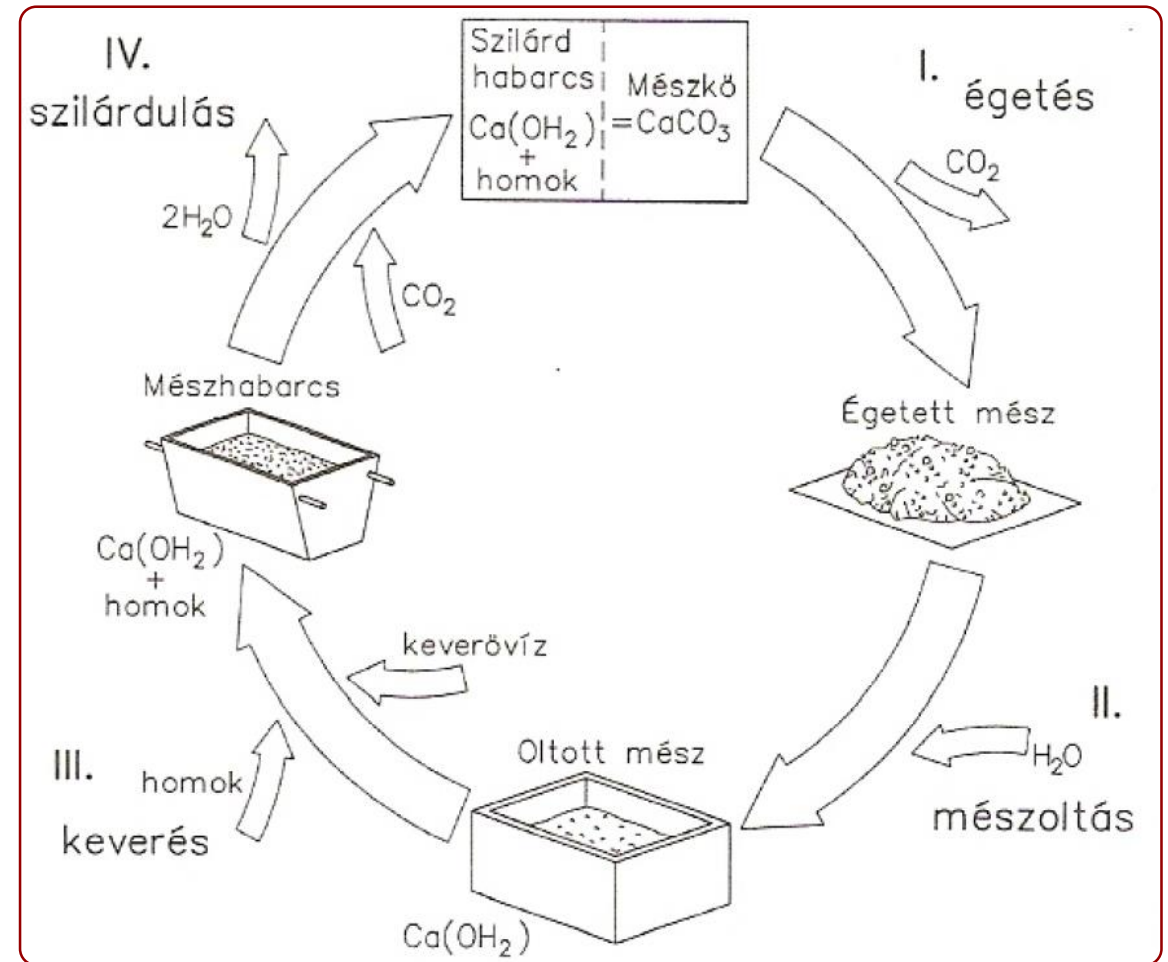


Nem hidraulikus kötőanyagok – Mészhabarcs

Mész kötése: levegőn történik



- A oltott mész megszilárdulásához CO₂ kell (nem hő)
- Az oltott mész tárolható, amíg levegőtől elzártan tárolják
- Szilárdulás során víz szabadul fel → vizesedhet az építmény, fal, stb.



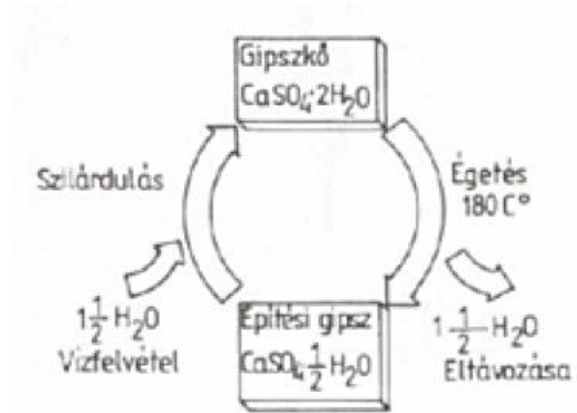
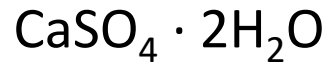
Nem hidraulikus kötőanyagok – A gipsz



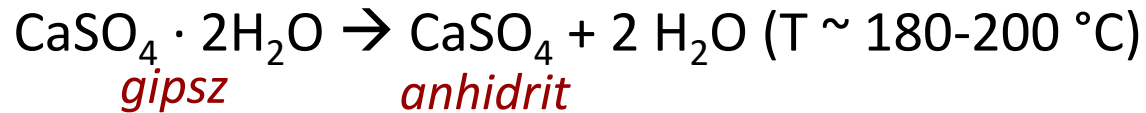
Ókori Egyiptom: piramisépítések kötőanyaga – **égetett gipsz** + égetett mész (mészködarábokkal soványítva)

Nem hidraulikus kötőanyagok – Gipsz

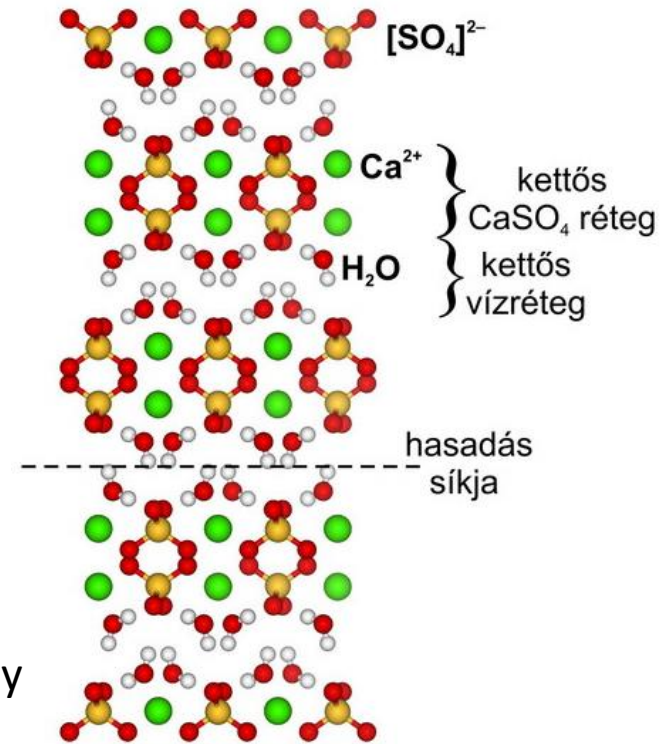
- Gipsz előfordul a természetben
- Kőzetalkotó, szulfátos ásvány



- Kristályvizét hevítés során elveszti:



- Építési gipsz (félhidrát, v. hemihidrát): gyors kötés, gyors szilárdulás
- Esztrich gipsz: $\text{CaSO}_4 \cdot \text{CaO}$ (600-1200 °C), lassúbb kötés, nagy szilárdság
- Agyonégetett gipsz: nem, vagy csak alig szilárdul (300-600 °C)
- Márványgipsz: hemihidrát + bórax, 800 °C újra égetés, jól csiszolható műmárvány
- Égetett gipszfeleségek vízzel keverve visszaalakulnak dihidráttá – *gipszkötés*



A gipsz kristályszerkezete

Nem hidraulikus kötőanyagok – Gipsz

Megnevezés		Összetétel	Égetési hőmérséklet (°C)	Kötés és egyéb tulajdonságok
Gipszkő	dihidrát	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	-	Természetes gipszkő, 60-70 °C körül kezd kristályvizet leadni
Építési gipsz	hemihidrát	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$	100 – 150	Gyorsan kötő formagipsz, modellgipsz, vakológipsz, stukatúrgipsz (α , β)
Égetett gipsz	hemihidrát + anhidrit	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ + CaSO_4	150 – 190	Gyorsan köt
Égetett gipsz	anhidrit	CaSO_4	190 – 200	Gyorsan köt, de lelassul az égetési hőmérséklet emelkedésével
Égetett gipsz	anhidrit	CaSO_4	200 – 300	Lassan köt, de nagyon szilárd lesz
Agyonégetett gipsz	anhidrit	CaSO_4	300 – 350	Nem köt, vagy igen lassan köt
Agyonégetett gipsz	anhidrit	CaSO_4	350 – 600	Lassan köt, majd emelkedő hőmérséklet esetén a megkötés gyorsul
Átmeneti és esztrich gipsz		CaSO_4 + ~3 % CaO (CaO mennyiség növekszik a kezelés hőmérsékletével)	600 – 1000	Bázikus anhidrit, amely lassan köt, de nagy szilárdságot ér el

- *Építési gipsz kötés ideje befolyásolható az őrlési fokkal (finomabb őrlemény gyorsabban köt)*

Építési gipsz felhasználása

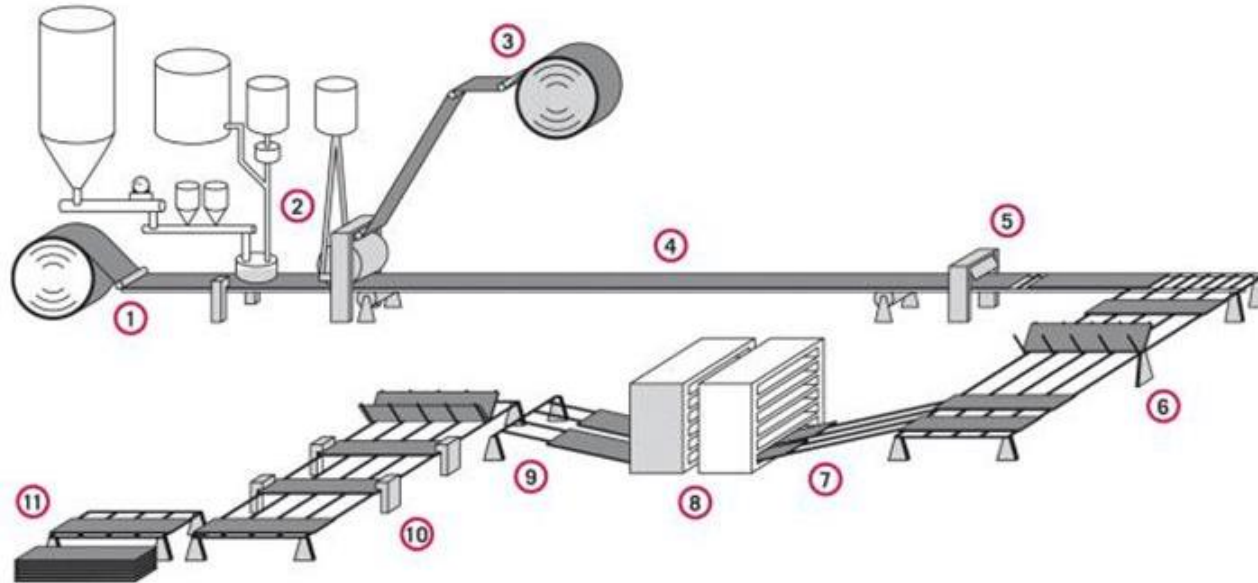
- Gipszkarton (esztrich gipszből)
- Glett
- Gipszkarton ragasztó
- Stukatúrgipsz
- Modellgipsz



Építési gipsz felhasználása

Gipszkarton gyártása

A gipszkarton lapok külső térben nem alkalmazhatók, és nem alkalmasak az épület teherhordó szerkezeteinek helyettesítésére.



1. Zulauf des Kartons unten, der die Sichtseite der Platte bildet und für die Kantenformung angeritzt wird
2. Zulauf von Gipsbrei mit Verteilung durch die Formstation

3. Gleichzeitiger Kartonzulauf von oben
4. Abbindestrecke
5. Schneidevorrichtung
6. Wendetisch
7. Zuführung

8. Mehretagentrockner
9. Plattenausrag
10. Besäumung der Querkanten
11. Plattenbündelung

Herstellungsprozess

Der gemahlene und gebrannte Gips wird mit Wasser und Zusatzstoffen angemacht, auf den Sichtseitenkarton aufgebracht und zusammen mit dem Rückseitenkarton zur Platte geformt.

Dann folgen:
Beschriften, Schneiden,
Wenden, Trocknen,
Bündeln.

Gipskarton-, Gipsfaser- und Gips-Wandbauplatten

Építési gipsz felhasználása

Rigips építőlemez

Megjelölés: **RB** (A)

Kinézet: szürke kartonlap, **élén kék felirattal**

- Minden átlagos igénybevételű belső térbe alkalmas
- maximális hőfok a lap felületén: 45°C
- maximális páratartalom 20°C mellett: 70%

Impregnált Rigips lap

Megjelölés: **RBI** (H2)

Kinézet: **zöld kartonlap**, **élén kék felirat**

- a magasabb páratartalmú helyiségekbe is alkalmas (pl. fürdőszoba)
- maximális hőfok a lap felületén: 45°C
- maximális páratartalom 20°C mellett: 80%

Tűzgátló Rigips lap

Megjelölés: **RF** (DF)

Kinézet: szürke vagy **rózsaszín kartonlap**, **élén piros felirat**

- az épített szerkezet magasabb tűzgátlásának biztosítása érdekében tűz esetén a lap gipszmagjában elhelyezett üvegszál-merevítés érvényesül, mely meghosszabbítja a lapok ellenállóképességét a tűzzel szemben.
- maximális hosszú távú hőterhelés a lap felületén 45°C
- maximális páratartalom 20°C mellett: 70%

Tűzgátló és Impregnált Rigips lap

Megjelölés: **RFI** (DFH2)

Kinézet: **zöld kartonlap**, **élén piros felirat**

- ez a lap mindent tud, amit egy gipszkarton lap tudhat
- az épített szerkezet magasabb tűzállóságának biztosítása érdekében tűz esetén a lap gipszmagjában elhelyezett üvegszál-merevítés érvényesül, mely meghosszabbítja a lapok ellenállóképességét a tűzzel szemben.
- a magasabb páratartalmú helyiségekbe is alkalmas (pl. fürdőszoba)
- maximális hosszú távú hőterhelés a lap felületén 45°C
- maximális páratartalom 20°C mellett: 80%

Építőipari kötőanyagok

Hidraulikus kötőanyagok – cementek

A cementgyártás helyzete

Climate change: The massive CO₂ emitter you may not know about

(By Lucy Rodgers, BBC News, 17 December 2018)

Idézet a cikkből:

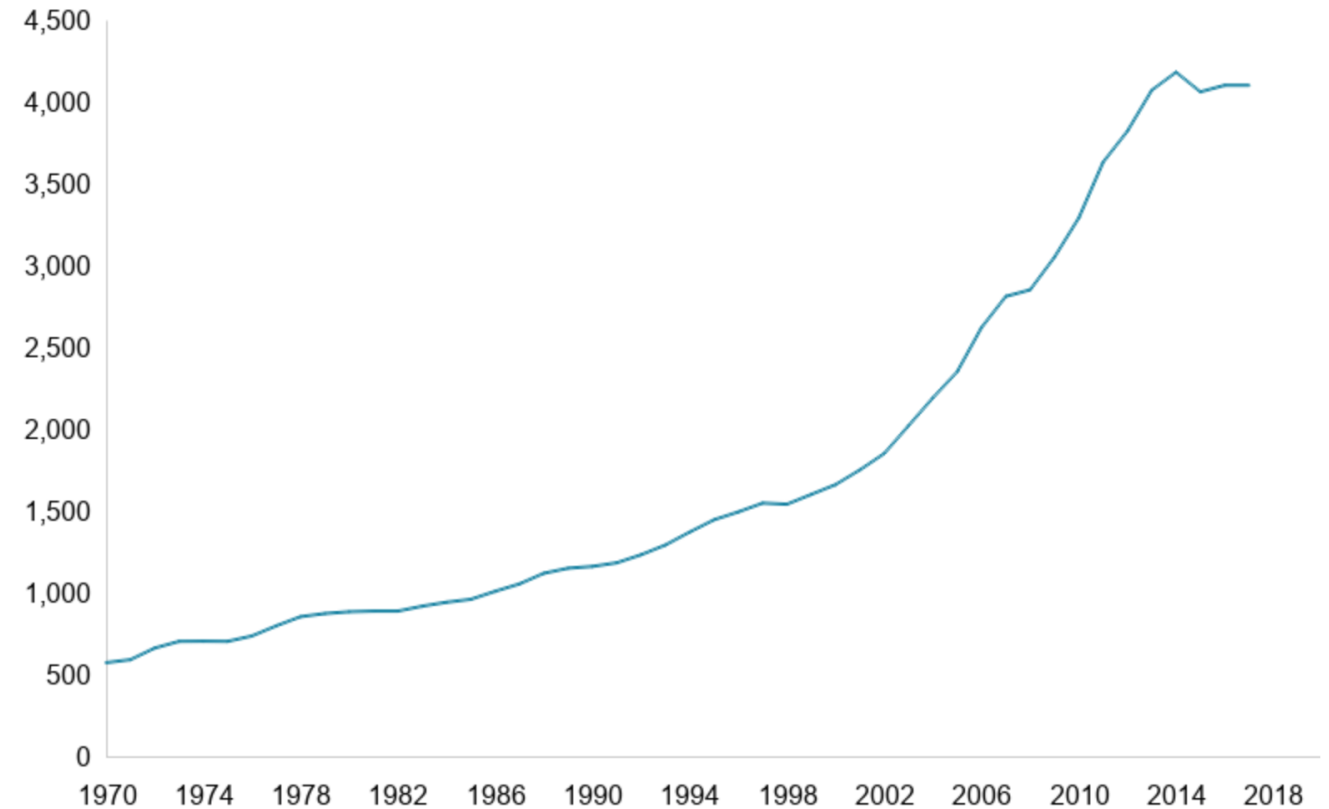
„Growth of cement industry

It is these unrivalled attributes of concrete that have helped boost global cement production since the 1950s, with *Asia and China* accounting for the bulk of growth from the 1990s onwards.

Production has **increased more than thirtyfold since 1950 and almost fourfold since 1990. China used more cement between 2011 and 2013 than the US did in the entire 20th Century.**”

Global cement production has risen sharply, but appears to have levelled off

Millions of metric tonnes

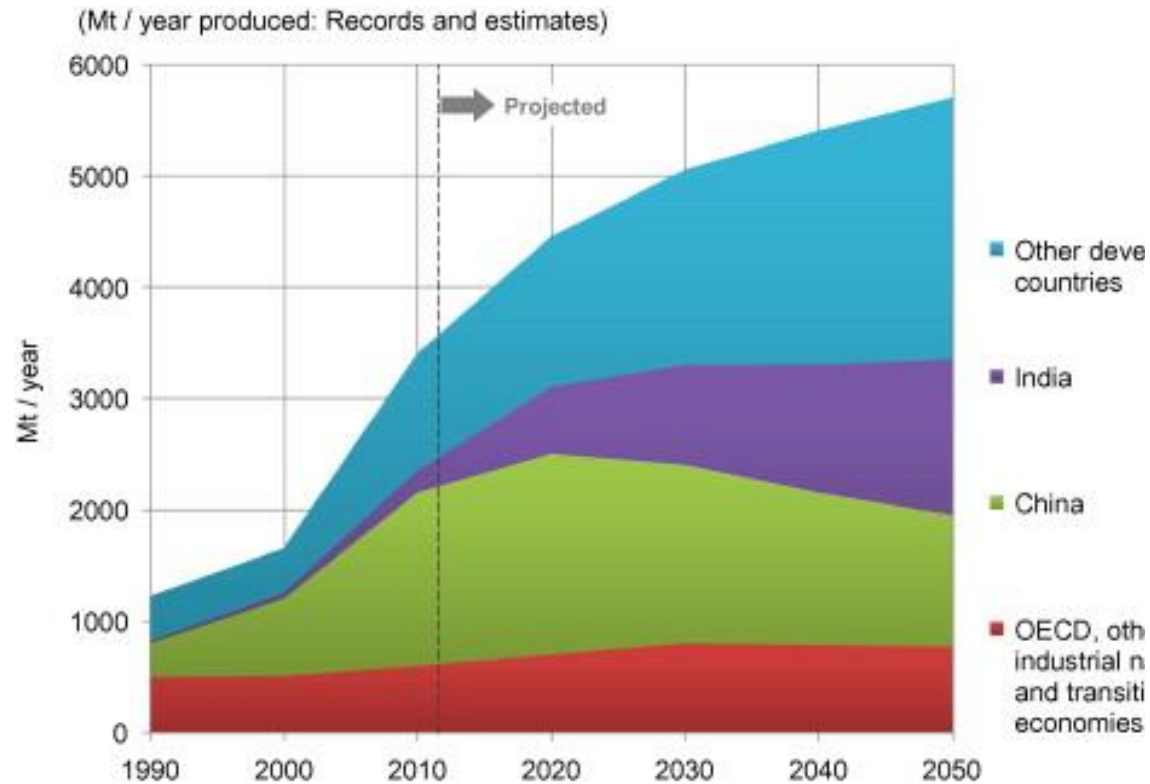


Note: Figures for 2016 and 2017 are estimates

Source: USGS

BBC

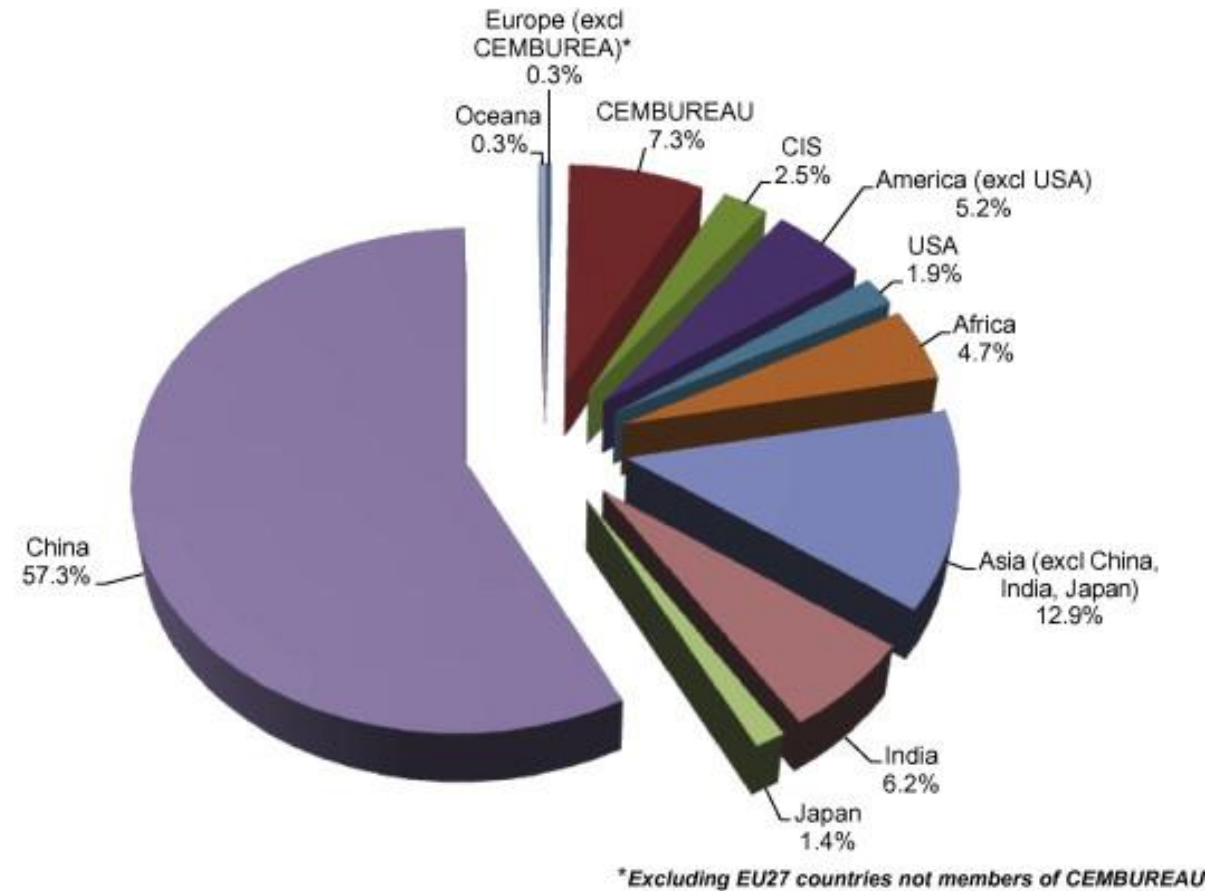
A cementgyártás helyzete



Portlandcement világtermelése

(1985: ~910 Mt)

(2018: ~4000 Mt)



Portlandcement világtermelés megoszlása régiónként

Cembureau: European Cement Association
(<https://cembureau.eu>)

Climate change: The massive CO₂ emitter you may not know about

(By Lucy Rodgers, BBC News, 17 December 2018)

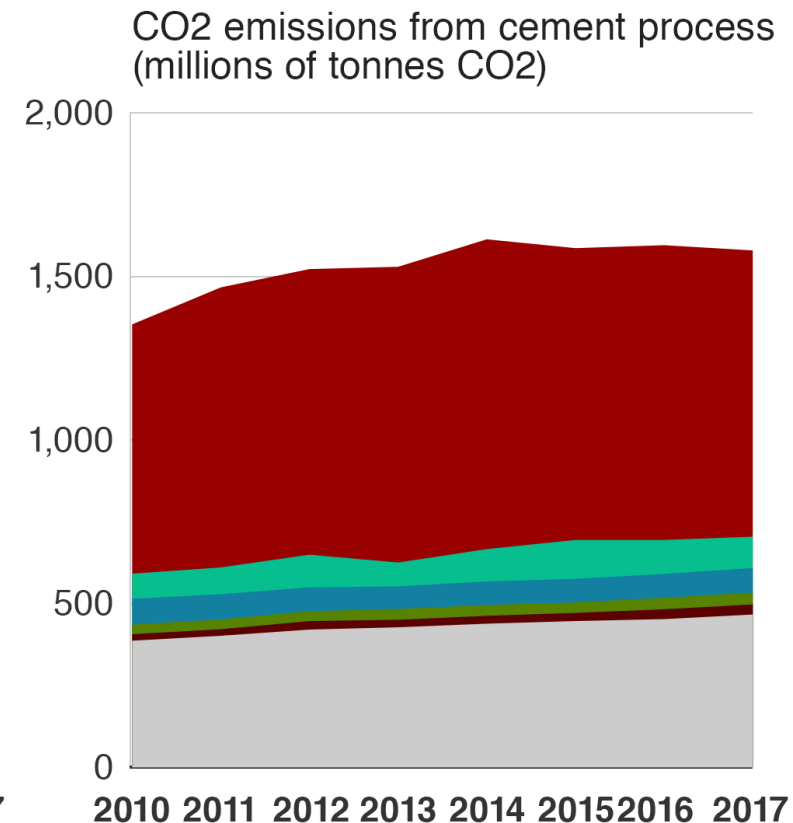
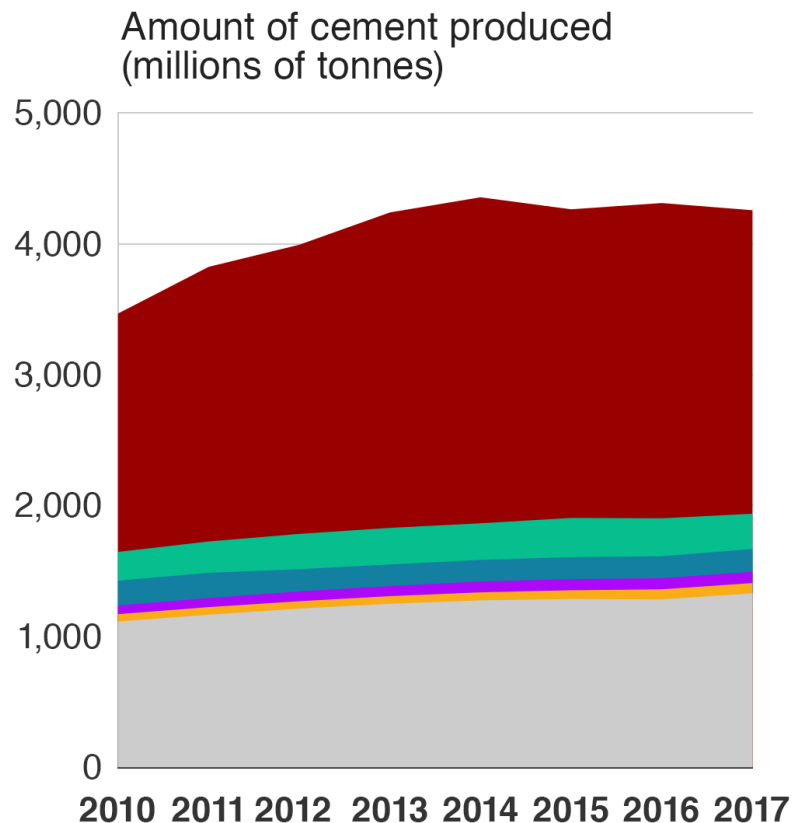
Idézet a cikkből:

„Cement is the source of **about 8% of the world's carbon dioxide (CO₂) emissions**, according to think tank Chatham House.

If the cement industry were a country, it **would be the third largest emitter in the world** - behind China and the US.

It contributes more CO₂ than aviation fuel (2.5%) and is not far behind the **global agriculture business (12%).**”

China produces most cement and therefore most cement-related CO₂ emissions

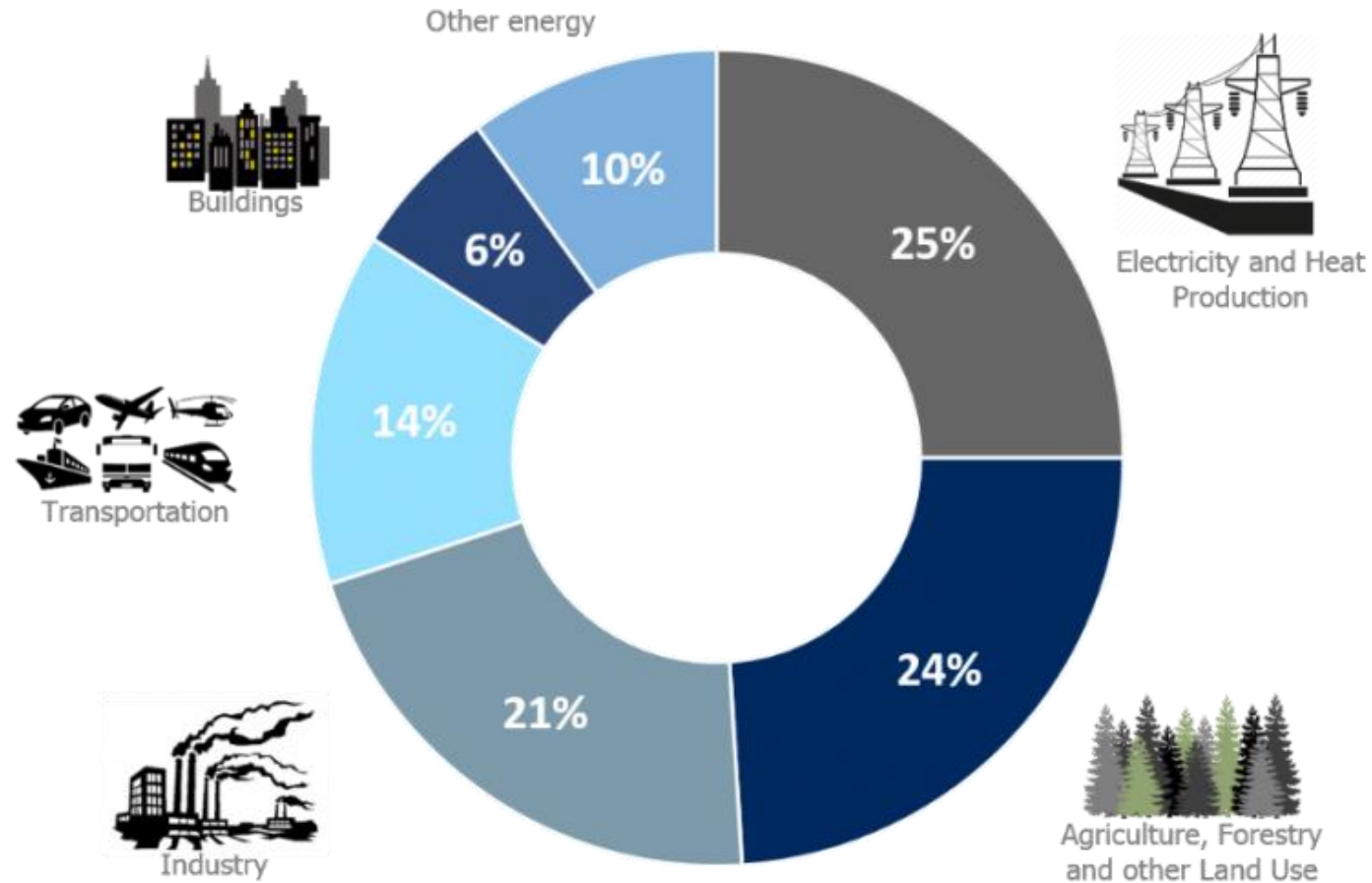


Source: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency

BBC

Global Greenhouse Gas Emissions by Economic Sector

Percentual CO₂ emission by sector (%)



Miért jár a cementgyártása nagymértékű CO₂ emisszióval?

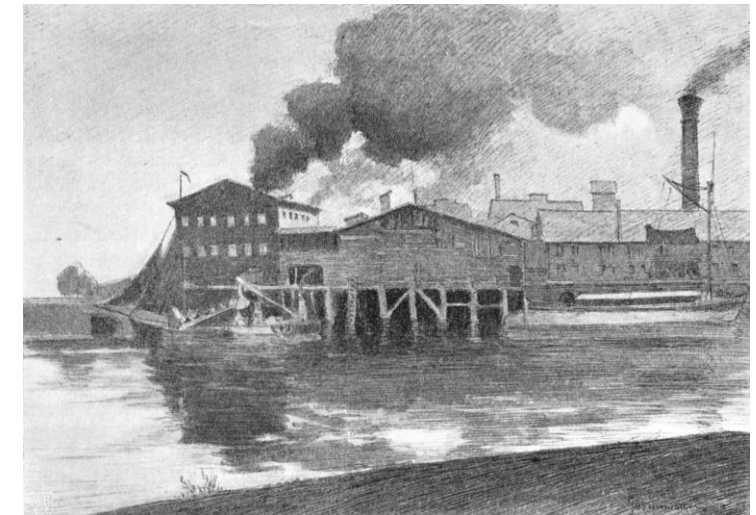
- 1) Az emisszió **közel 50%-a** a mészégetési lépésből származik. Ez alapvető „probléma” és nehezen megkerülhető, hiszen ez a CO₂ emisszió egy kémiai reakció eredménye (terméke) Nem lehetséges kiiktatni egyszerűen pl. a tüzelőanyag lecserélésévet, vagy a „hatékonyság növelésével”.
- 2) A következő **40%** a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származik, mellyel a kemencét fűtik, mellyel a klinker kalcinálását végzik.
- 3) A maradék **10%** emissziót a nyersanyagok bányászata és szállítmányozása okozza.

A cementgyártáshoz köthető emisszió nagyban függ:

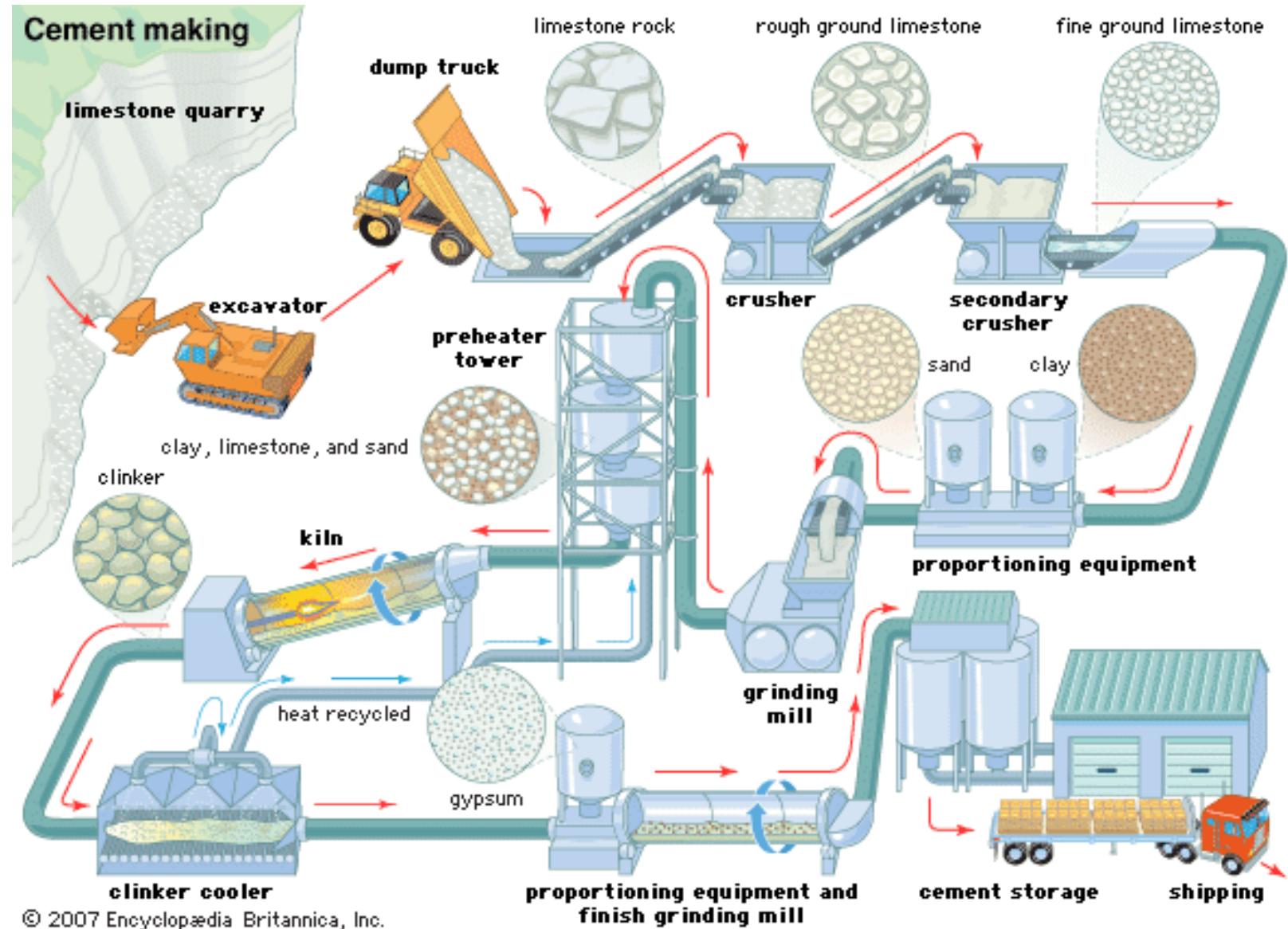
- Az egy tonna cementre jutó klinker mennyiségétől
- A klinker-gyártás során használt fűtőanyag minőségétől és a tüzelés hatékonyságától

<https://www.earth-syst-sci-data.net/10/195/2018/essd-10-195-2018.pdf>

<https://www.carbonbrief.org/qa-why-cement-emissions-matter-for-climate-change>



A cementgyártás folyamata



Cement – hidraulikus kötőanyag

- Por formájú anyag
- Vízzel összekeverve habarcsot képez
- Hozzáadott vizet megköti és megszilárdul
- Kőszerű, vízben oldhatatlan, víz hatásainak ellenálló anyag keletkezik

Mész + agyagásványok → Ca-szilikát + Ca-aluminát ásványok → *cement*

kiindulási anyagok

klinker-ásványok

Zsugorítás (*szinterelés*) fontos művelet a cementgyártás folyamatában – eredménye a klinker (klinker-ásványok)

- Kiindulási anyagok homogenitása
- Kiindulási anyagok szemcsemérete
- Zsugorítás (szinterelés) hőmérséklete (időtartama)

} fontos paraméterek a zsugorításnál

A szilikátipar alapanyagai

Agyagásványok

(rétegszilikátok)

vízzel összedolgozva képlékeny, száradáskor és kiégetéskor alakját megtartja

Földpátok

(tektoszilikátok)

tömörré teszi a kerámiákat

Kvarchomok

(tektoszilikátok)

soványítja, képlékennyé teszi a kerámiákat

Márga

(üledékes, karbonátos kőzet)

Mészke Dolomit

Mészke és márga szennyezve → agyaggal v. kova magnezit ($MgCO_3$)

Anyagfajta neve	Anyagfajta összetétele		Felhasználási terület
	CaCO ₃ (%)	Agyagos frakció (%)	
Agyag	0-10	90-100	tégla, cserép, cement
Meszes agyag	10-20	80-90	
Agyagmárga	20-40	60-80	cementgyártás
Márga	40-60	40-60	
Méשמárga	60-80	20-40	
Agyagos méשמke	80-90	10-20	építke, oltott méשמ, cementgyártás
méשמke	90-100	0-10	

A zsugorított és nem-zsugorított hidraulikus kötőanyagok

1) Nem-zsugorított hidraulikus kötőanyagok:

- pl. hidraulikus mész (*leggyengébb hidraulikus kötőanyag*), románcement
- alacsonyabb égetési hőmérséklet
- alacsonyabb fajsúly
- magasabb porozitás
- égetés folyamán csak szilárdfázisú reakciók (~900-1000 °C hőmérsékleten)
- égetés folyamán magas mésztartalmú szilikátok (pl. *klinkerásványok*) nem képződnek
- szabad mész (CaO) van jelen a termékben
- morzsolható égetett termék
- darabos kő formájában égetik az alapanyagokat
- egyenletes szemcsenagyság bányászat után elegendő feltétel
- hidraulikus mész lassan köt (vízzel keverés után a kötés ~2 óra után indul meg)
- románcement 10-120 perc alatt megköt



Mi a „románcement”?

A "románcementet" 20 tömeg%-nál nagyobb agyagtartalmú márgából zsugorodást el nem érő hőmérsékleten égették. Porrá őrölve és vízzel keverve gyorsan köt és víz alatt is szilárdul. Smeaton angol mérnök volt az első, aki 1756-ban tapasztalta, hogy az agyagot és homokot tartalmazó mészkövek égetése után vízben megkeményedő meszet adnak; de csak Parkernek sikerült 1796-ban ilyen meszet nagyobb mennyiségben gyártani, melyet római cementnek vagy románcementnek nevezett. Az újra feltalált összetételű románcement Louis Vicat nevéhez fűződik, aki először alkalmazta azt a Dordogne folyó feletti -lehetetlen feladatnak minősített- "pont Angouleme" nevű híd felépítése során 1822-ben.

Hazánkban az 1840-es években a Lánchíd alapjaihoz beocsini mészkőből periodikus lángtüzelésű aknakemencében égették és golyósmalomban őröltek románcementet a Magyar Tudományos Akadémia mai épületének telkén, miután kísérletekkel meggyőződtek annak alkalmazhatóságáról. Mihalik János a Ferenc József zsilip építéséhez égette a helyszínen a románcementet kamenicai márgából (1854.) A Lábatlani Cementgyárat 1869-ben románcement gyártására alapították, és egészen 1900-ig ez volt az uralkodó termék. Nagy mennyiségben használtak románcementet 1870-1910 között Budapest csatornázási és építési munkálatainál.(Földalatti vasút, Gellért fürdő,...)

A zsugorított és nem-zsugorított hidraulikus kötőanyagok

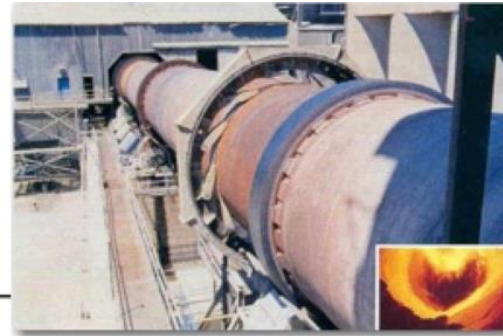
2) Zsugorított hidraulikus kötőanyagok:

- pl. portlandcement
- magasabb égetési hőmérséklet
- magasabb fajsúly
- alacsonyabb porozitás
- égetés folyamán zsugorodás (olvadékképződés, agyagtartalom egy része megolvad és reagál a mésszel)
- mész kémiai lekötése (elreagáltatása) részleges olvadék állapotban (1300-1400 °C hőmérsékleten)
- magas mésztartalmú új fázisok keletkeznek égetéskor → *klinkerképződés* (termékek: klinkerásványok)
- szabad mész (CaO) jelenléte káros kerülendő → cement minőségét rontja
- nyersanyag egyenletes összetétele fontos
- alkatrészecskék homogén (finom) eloszlása/elosztatása
- gondosabb, alaposabb, munkaigényes alapanyagelőkészítés szükséges (őrlés, keverés – homogenizálás)

Az égetés jellegzetes hőmérsékleti tartományai:

- Szerkezeti víz elvesztése (*dehidroxiláció*): 500-700 °C
- CaCO_3 bomlása: 800-1100 °C
- CaO reakciója SiO_2 -, Al_2O_3 -, Fe_2O_3 -dal: 1100-1200 °C

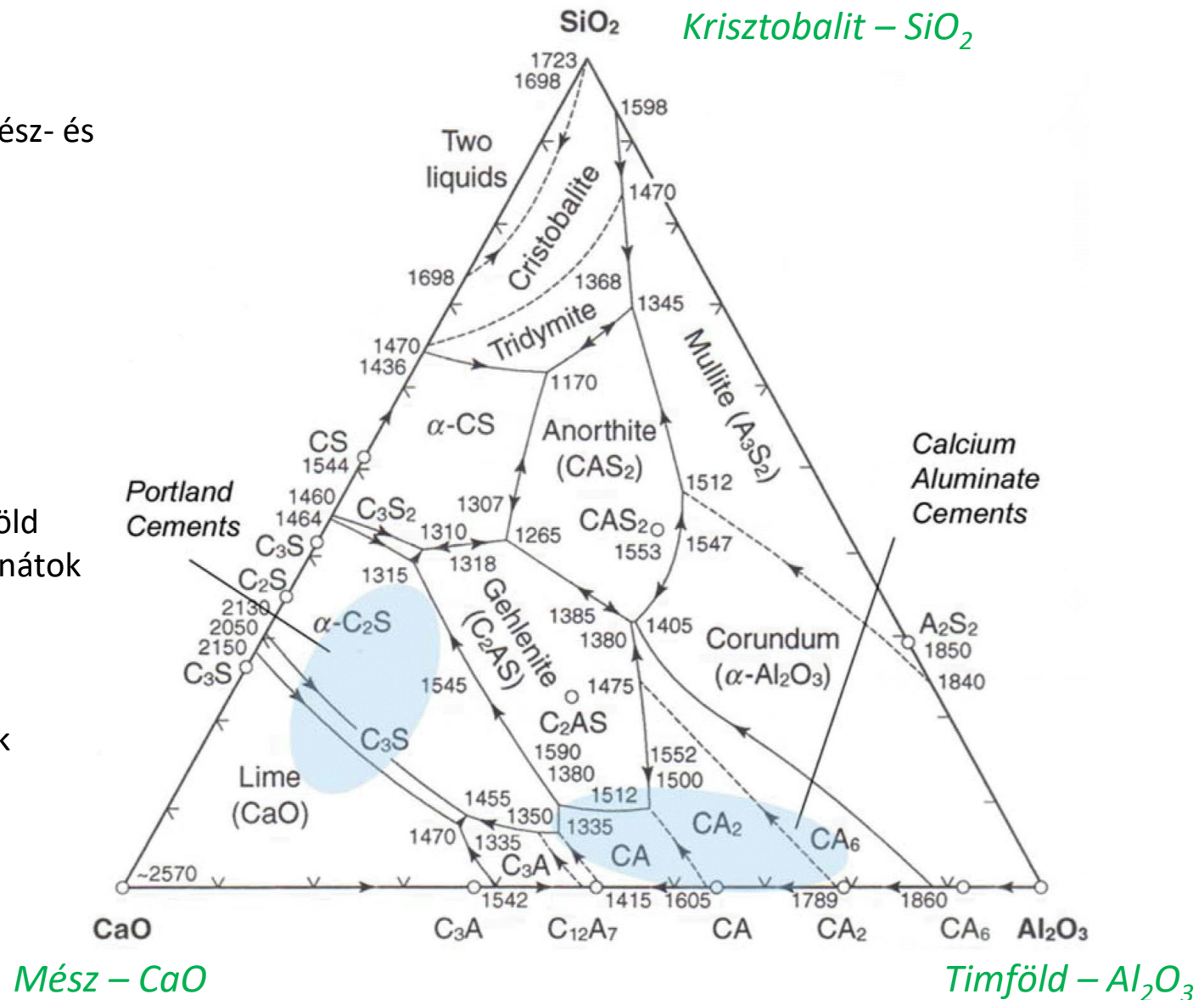
Hőmérséklet, °C **Az égetés során lejátszódó reakciók**



≤ 100	Szabad nedvesség eltávolítása
100 – 200	Adsorbeált nedvesség eltávolítása
200 – 400	fokozatos H ₂ O veszteség halloysit, montmorillonit, pyrophyllit-ből finom csillám képződés indul Határozott expanzió
400 – 700	Szerves anyag oxidálódik, agyagásvány szerkezetek meg bomlanak, pyrophyllit kezd kiterjedni
573	Kvarc inverziója
700 – 950	pyrophyllit maximális kiterjedése, spinel képződés az agyagokban
950 – 1000	Muscovit szerkezet lerombolódik, γ -Al ₂ O ₃ vagy mullit képződik
1000 – 1100	mullit, 3 Al ₂ O ₃ · 2 SiO ₂ , képződik az agyagból
1100 – 1200	földpát megolvad, agyag és cristobalit feloldódik, porozitás csökken, zsugorodás fokozódik
1300	Üveges fázis nő, termék kiterjed, abszorpció nő, szilárdság csökken

A klinkerképződés

- A portlandcementklinker megfelelő arányban kevert mész- és agyag tartalmú nyersanyagok zsugorodásig történő égetésével készül.
- 20-25% olvadékfázis
- A klinker néhány % gipsszel keverve képezi a portlandcementet.
- Mésztartalom (CaO) elreagál a kovásv (SiO₂) és a timföld (Al₂O₃) tartalommal – mésztartalmú szilikátok és aluminátok keletkeznek.
- CaO-Al₂O₃-SiO₂ háromfázisú (*ternary*) rendszer (kémiai analízisek alapján meghatározható a portlandcementek összetétele és helye a diagramon)



A klinkerképződés – klinkerásványok

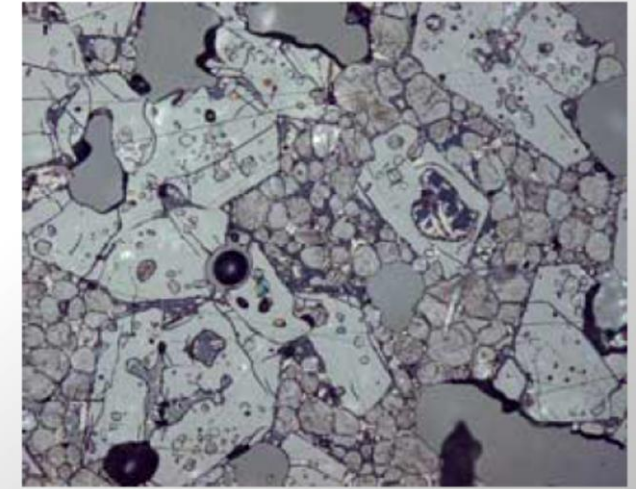
A klinker nem egyszerű ásvány, hanem több szilikát, aluminát és ferritek keveréke.

Legfontosabb klinkerásványok:

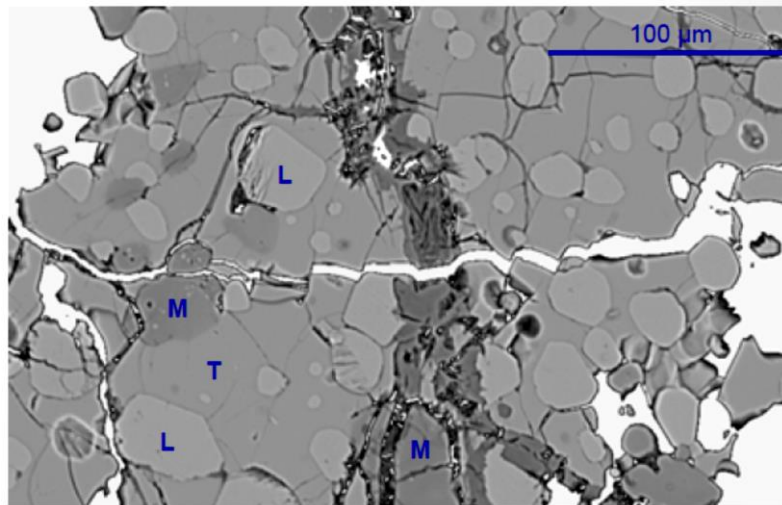
- Trikálcium-szilikát (neve: *alit*; $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$; jele: **C₃S**)
- Dikálcium-szilikát ($\alpha\text{-C}_2\text{S}$: *belit*, $\beta\text{-C}_2\text{S}$: *felit*; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$; jele: **C₂S**)
- Trikálcium-aluminát ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$; jele: **C₃A**)
- Tetrakálcium-alumino-ferrit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$; jele: **C₄AF**)

□ C₃S (Alit)

- Alit mit vielen Einschlüssen
- rundliche Körner = Belit



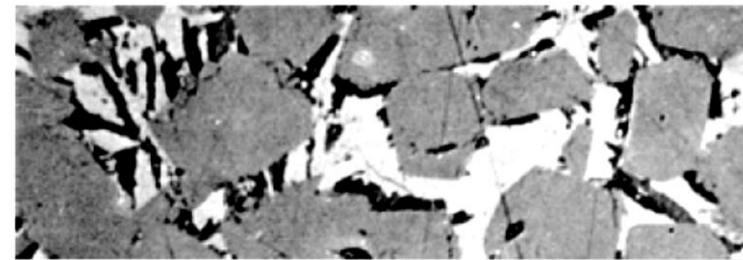
C₂S (Belit)



L (C₂S) = Larit $\beta\text{-Ca}_2[\text{SiO}_4]$, T = Temesit $\text{Ca}_2[\text{SiO}_4]_2\text{SO}_4$, M = Mayenit $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{32}(\text{Cl},\text{OH})_2$

□ C₃A (Tricalciumaluminat)

- Klinkermatrix aus Aluminat (schwarz) und Ferrite (weiß)



A portlandcementklinker főbb komponensei

Cement: 2-3 hétig pihentetett (lehűlt) klinker
+ 4-5% gipszkő

Kémiai összetétel:

60-67 tömeg%	CaO = „C”
19-24 "	SiO ₂ = „S”
2-8 "	Al ₂ O ₃ = „A”
2-6 "	Fe ₂ O ₃ = „F”
1-5 "	MgO = „M”
0-4 "	CaO (szabad)
	H ₂ O = „H”

egyéb: Na₂O, K₂O, TiO₂, SO₃

A Portland cement klinker összetétele

Összetevő	Képlet	Tartalom, tö %	
		Tartomány	Átlag
Trikalcium szilikát	3 CaO · SiO ₂ (C ₃ S)	46 – 79	61
Dikalcium szilikát	2 CaO · SiO ₂ (C ₂ S)	5 – 30	15
Kalcium aluminoferrit	2 CaO · (Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃) [C ₂ (A, F)]	4 – 16	8
Trikalcium aluminát	3 CaO · Al ₂ O ₃ (C ₃ A)	6 – 18	12
Szabad kalcium oxid	CaO (C)	0.1 – 4	
Szabad magnezium oxid	MgO (M)	0.7 – 1.5	1.5

A portlandcement főbb komponensei

Cement: 2-3 hétig pihentetett (lehűlt) klinker
+ 4-5% gipszkő

Kémiai összetétel:

60-67 tömeg%	CaO = „C”
19-24 "	SiO ₂ = „S”
2-8 "	Al ₂ O ₃ = „A”
2-6 "	Fe ₂ O ₃ = „F”
1-5 "	MgO = „M”
0-4 "	CaO (szabad)
	H ₂ O = „H”

egyéb: Na₂O, K₂O, TiO₂, SO₃

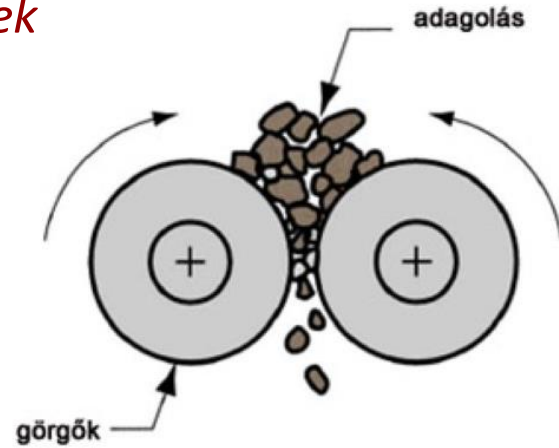
<u>Komponens</u>	<u>menyiség</u>	<u>megjegyzés</u>
C3S	50%	nagyon reaktív, magas hidratációs hő, korai szilárdság
C2S	25%	kis hidratációs hő, lassú reakciók
C3A	10%	magas hidratációs hő, szulfát károsítja
C4AF	10%	
Gipsz	5%	a cement kötését szabályozza

Type V - sulfate resistant (C3A < 5%) : sulfate in soil, sewers

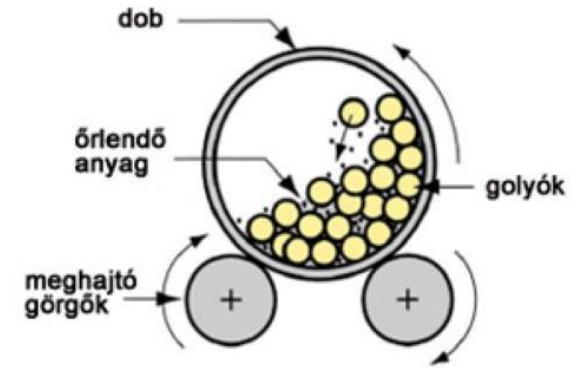
ASTM portland cement típusok

- I. Típus általános felhasználásra
- II. Típus közepes hidratációs hő, szulfátálló (C3A<8%), általános építés, tengervizes közegben
- III. Típus magas korai szilárdság (C3A<15%), biztonsági javításokhoz, téli építkezésekhez, előregyártott elemekhez
- IV. Típus alacsony hidratációs hő (C3S<35%, C3A<7%, C2S>40%), tömegfelhasználás
- V. Típus szulfátálló (C3A<5%) szulfátos talajokban, csatornákhöz

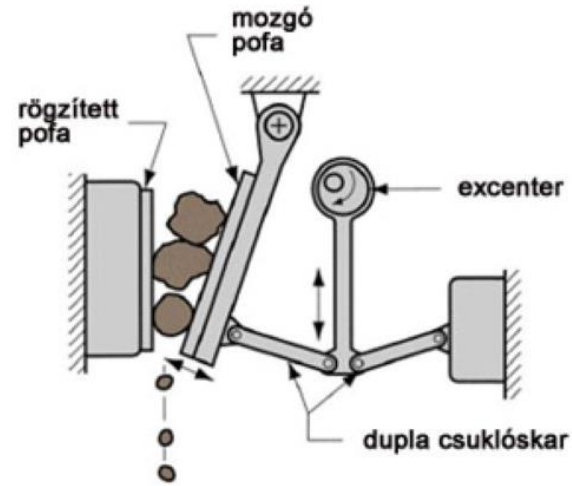
Aprító és törő berendezések



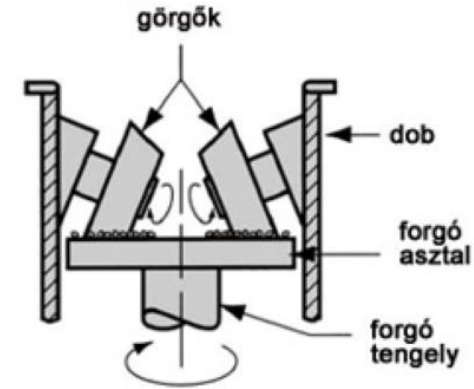
Görgös törő



Golyósmalom



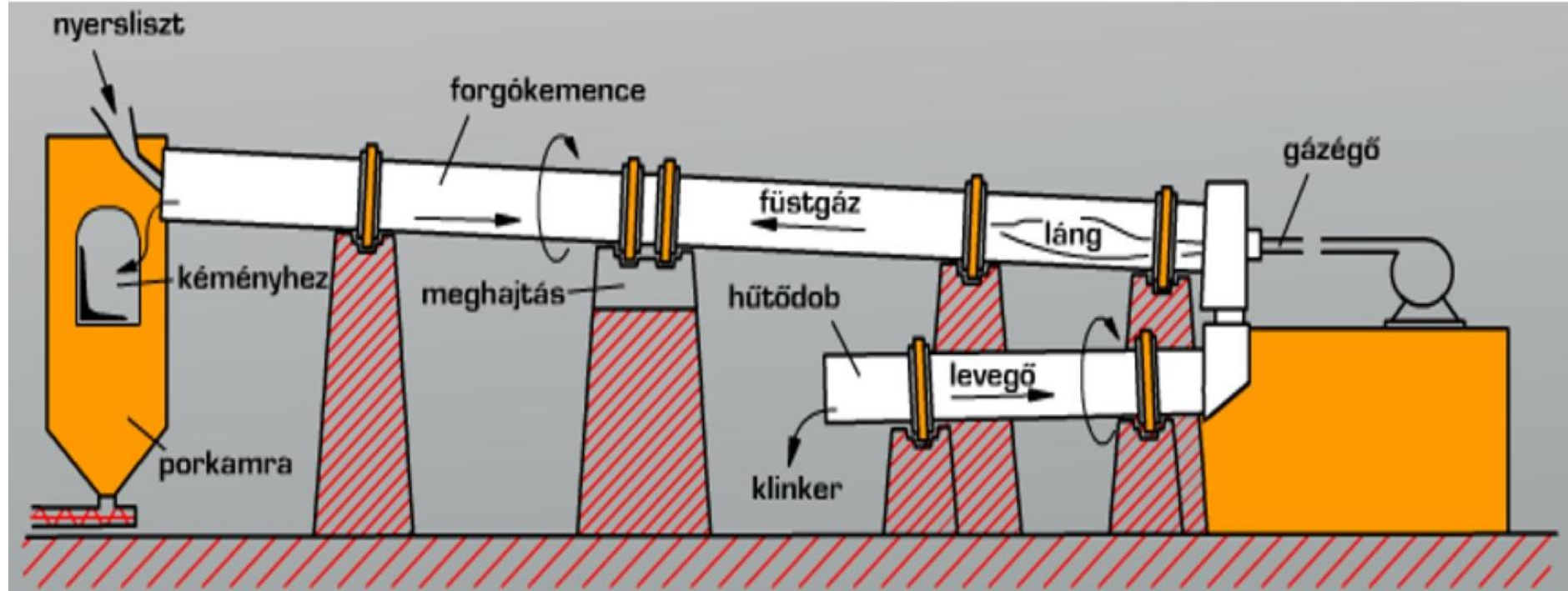
Pofás törő



Görgös malom

- nedvesörlés
- szárazon örlés

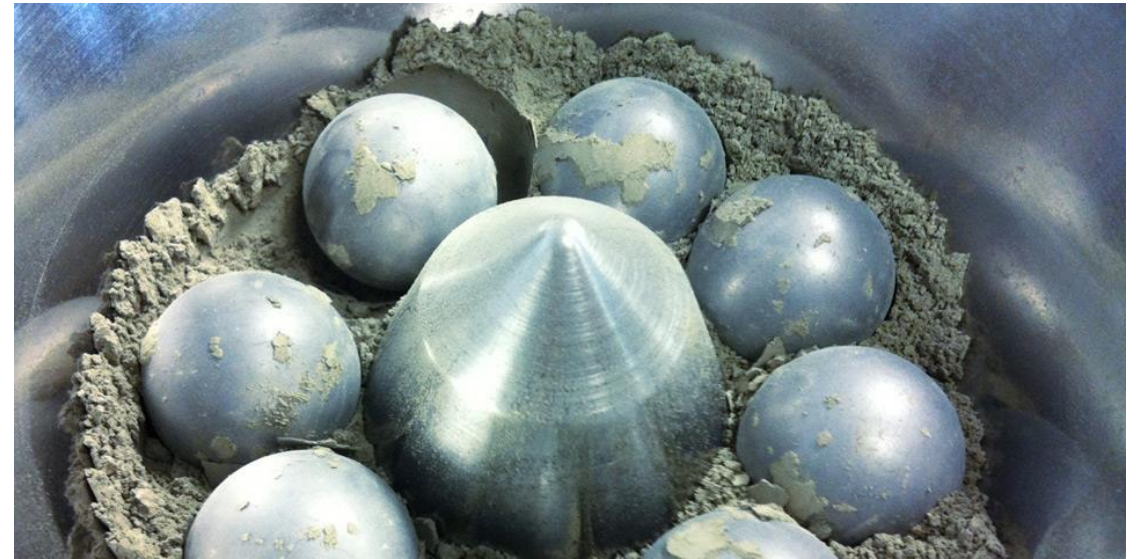
A forgó csőkemence



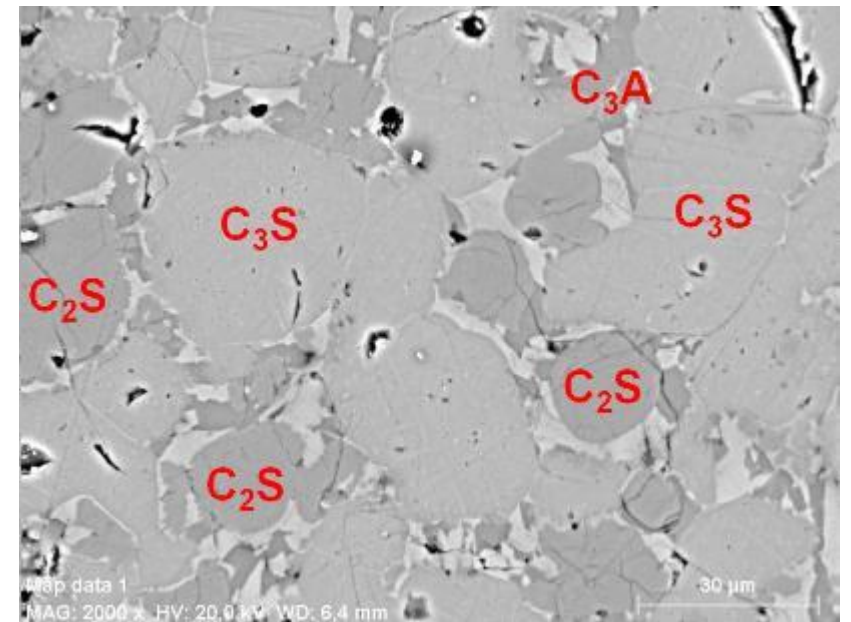
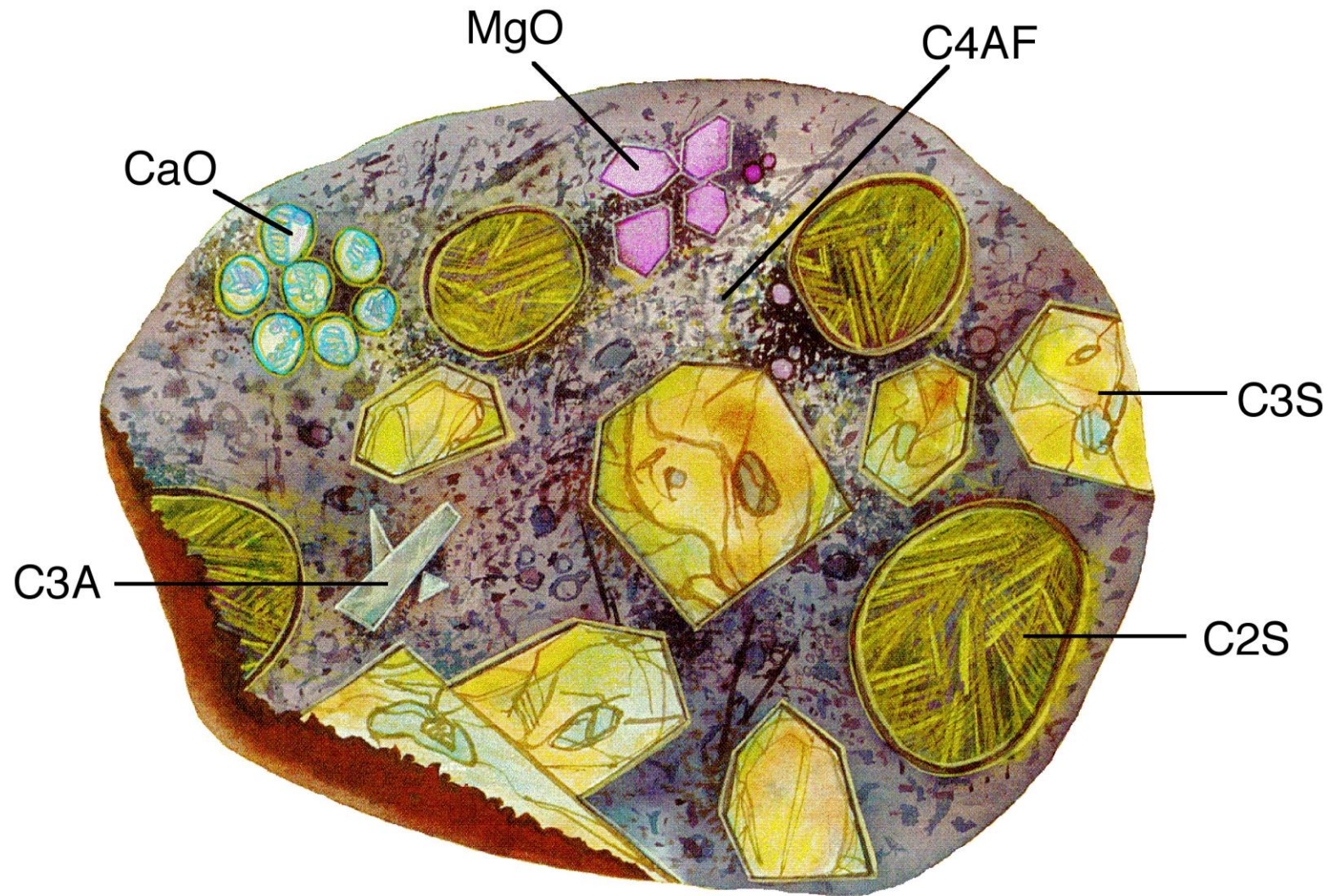
Portlandcementklinker



őrlés golyósmalomban

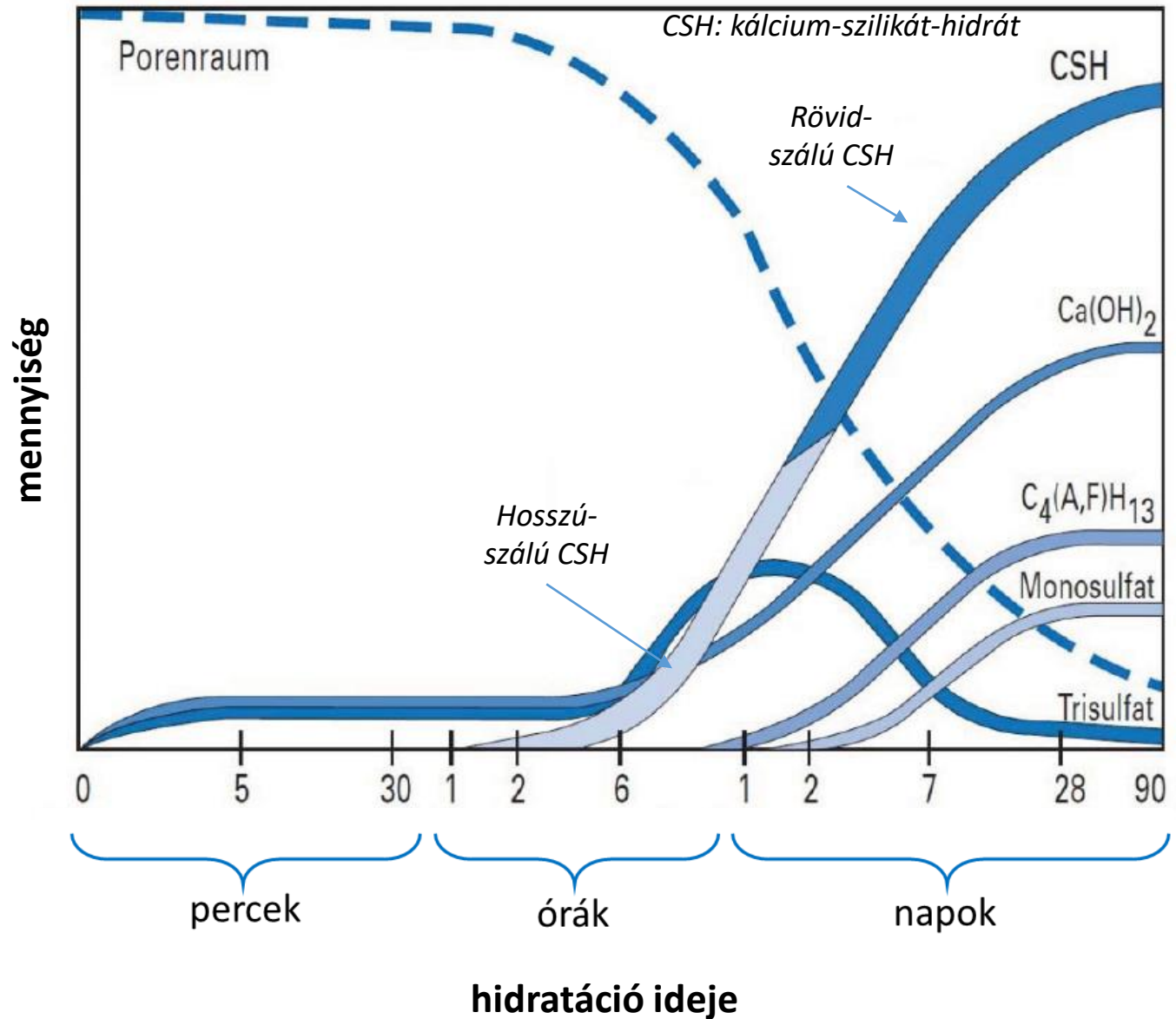


Portlandcementklinker



A portlandcement szilárdulási folyamata

kötés (1-12 h) → szilárdulás (1-28 d) →
→ utószilárdulás (>28 d)

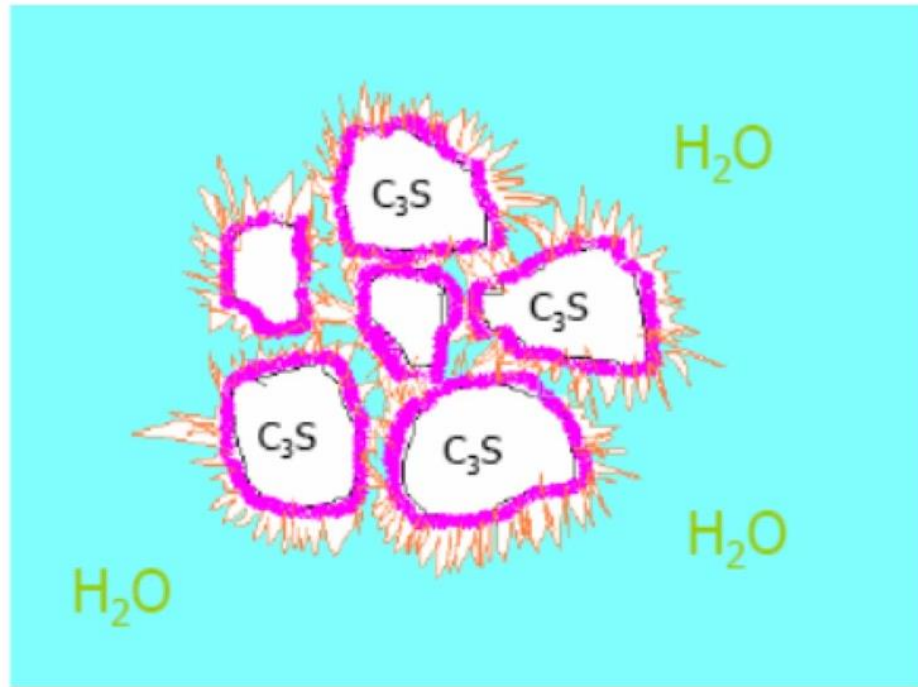


A portlandcement szilárdulási folyamata

- CSH (kalcium-szilikát-hidrát) kristályok képződése
- Víz reakcióba lép a klinker szemcséinek felületével (hidrolízis) – megindul a *kötés* folyamata
- Órákkal később megindul a CSH kristályok növekedése (kitölti a szilárd szemcsék közötti térrészt)
- Az egyre növekvő CSH szálás/tűs szerkezetű kristályok „összekapcsolják” a klinker-szemcséket – *szilárdulás*
- A tűs szerkezetnek köszönhető a betonok szilárdulása, amely napokat, hónapokat is igénybe vehet
- A szilárdulás során a tűs kristályok összekristályosodnak – *utószilárdul* a beton

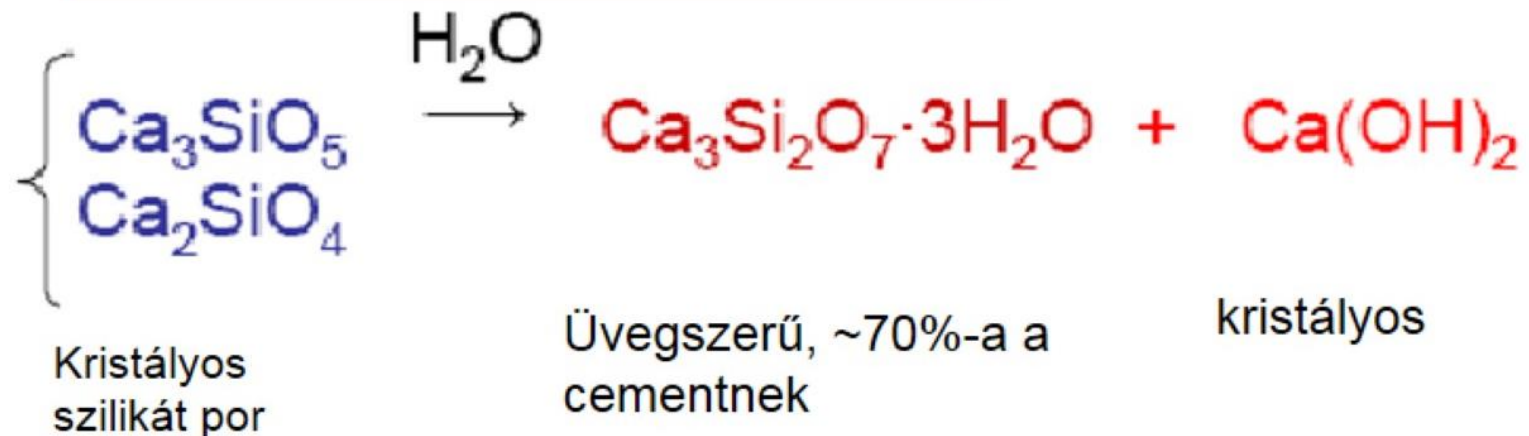
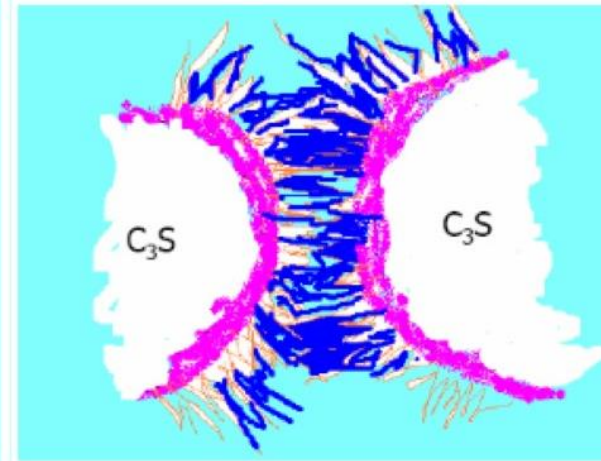
<https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/grundstoffe-des-bauens/erstarren-von-frischbeton/>

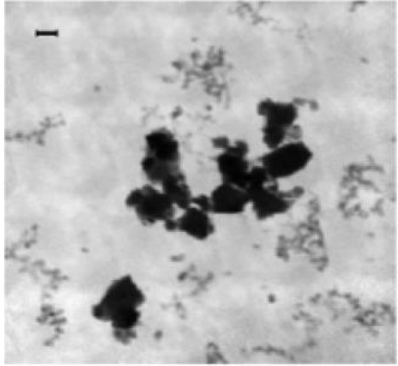
A portlandcement szilárdulási folyamata



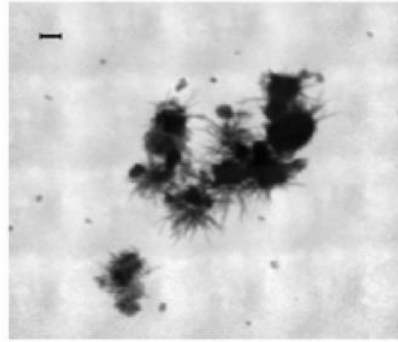
„Kémiaailag kötött víz”

A vízmolekulák részévé válnak (beépülnek) az anyagnak.
Nem *száradás!!!*

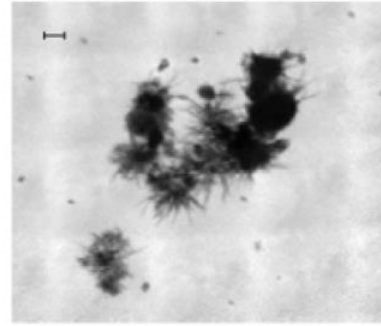




31 minutes

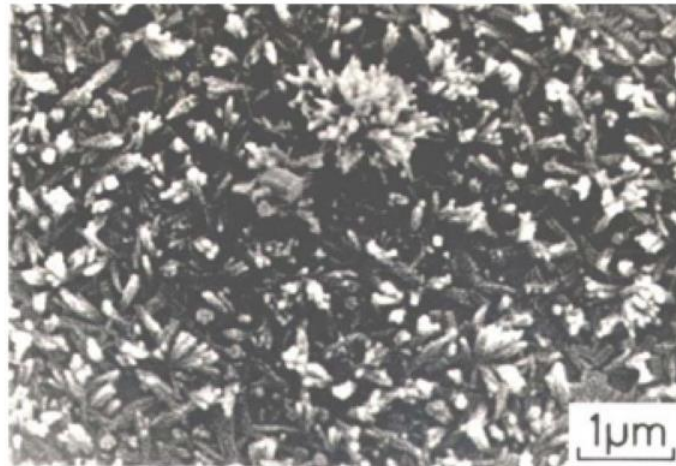


68 minutes

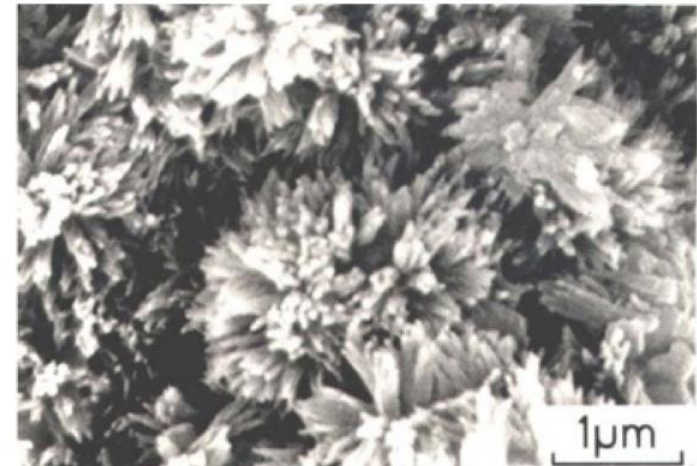


100 minutes

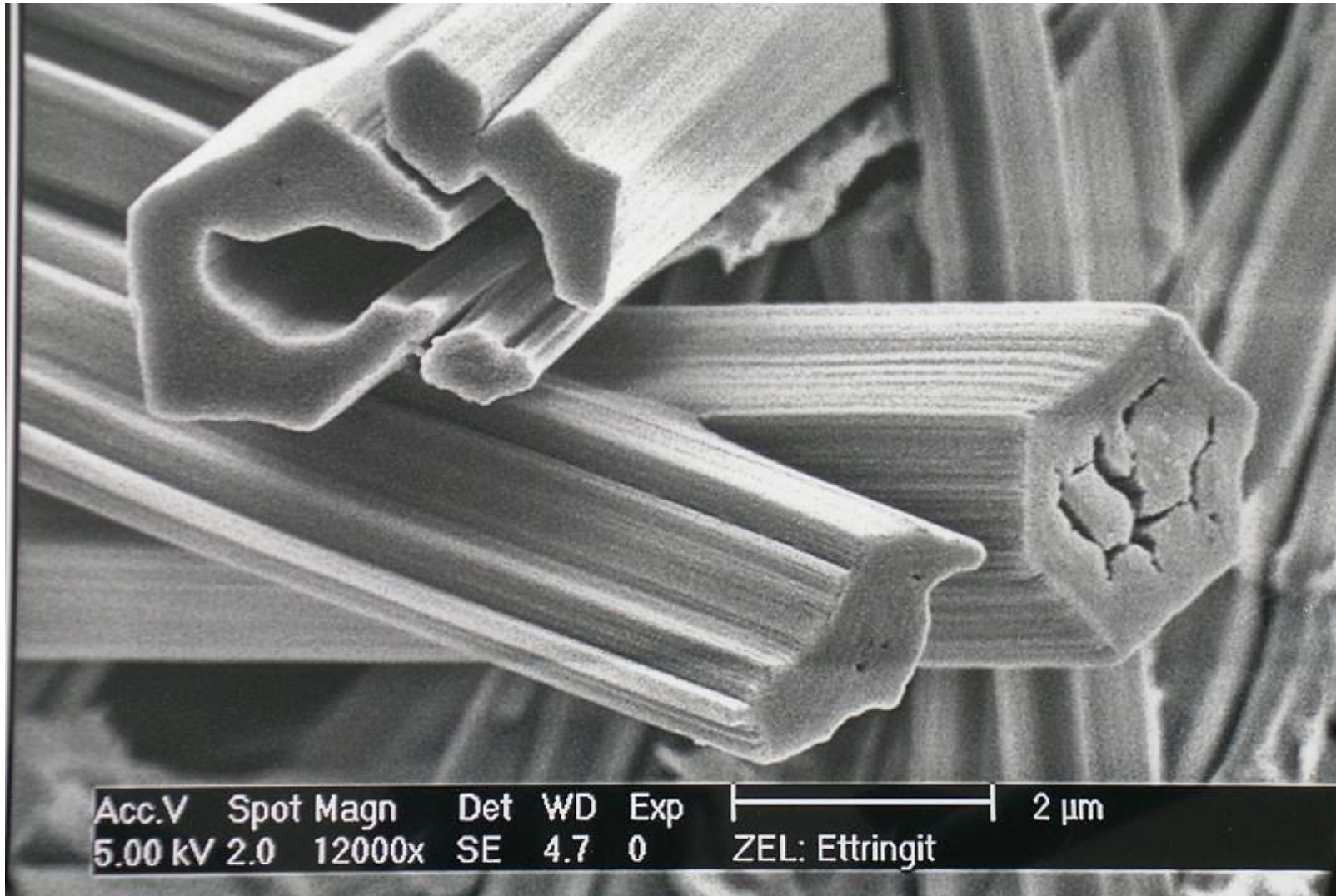
CSH kristályok kialakulása és növekedése



3 hours



10 hours



Ettringit kristályok; $\text{Ca}_6\text{Al}_2[(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_3] \cdot 26 \text{H}_2\text{O}$; **C₃A** (és további Ca-aluminátok) és **gipsz** (CaSO_4) reakciójában keletkezik egyszerűsített írásmóddal: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$, vagy $[(\text{CaO})_3(\text{Al}_2\text{O}_3)(\text{CaSO}_4)_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}]$

A portlandcement szilárdulási folyamata

Phase	Zeit	Kinetik	Chemische Prozesse	Phasenbeschreibung
I Anfangshydrolyse	Erste Minuten nach der Wasserzugabe	Chemisch kontrolliert, schnell	Beginn der Hydrolyse, Lösen von Ionen, erste Bildung von Ettringit	Bildung einer Reaktionsschicht, kurzprismatischer, feinkristalliner Ettringit
II Induktionsperiode	ca. 30 min – 2 h	Keimbildungs-, und diffusionskontrolliert, langsam	Sammel- und Rekristallisation, Lösen von Ionen	Langprismatischer Ettringit
III Accelerationsperiode	2 h – 8 h	Chemisch kontrolliert, schnell	Beginn der Bildung von CSH-Phasen	Wabenförmige, schwammartige CSH-Phasen, dünnplattiger Portlandit
IV Decelerationsperiode	8 h – 24 h	Chemisch und diffusionskontrolliert, langsam	Bildung von CSH-Phasen, Umwandlung von Ettringit	Faserförmige CSH-Phasen in Form von Faserbündeln
V Stetige Periode	Ab ca. 24 h	Diffusionskontrolliert, langsam	Langsame Bildung von CSH-Phasen, Ausfüllen des Porenraums	Lange CSH-Phasen, Monosulfat, verwachsene, dünnplattige Portlanditkristalle

Portlandcementek szabványos jelölése (Dr. Révay Miklós és Urbán Ferenc nyomán)

pl.: **CEM II/A-S 32,5 N**

CEM jelölés utal az európai szabványok szerinti minőségű cementre, az ezt követő szám pedig összetételére:

I. homogén cementek, amelyek gyakorlatilag teljes mennyiségben őrölt portlandcement klinkerből állnak.

II. heterogén cementek, melyekben a portlandcement klinkeren kívül más a szilárdulás szempontjából hasznos anyag is található.

A következő betű a cementbe a klinkeren kívül adagolt anyag mennyiségére utal:

A 5-20 %

B 20-35 %

A kötőjel utáni betű ezen anyag fajtáját jelzi:

S Kohósalak

V Pernye

P Trassz vagy puccolán

L Mészköliszt

M Kompozit vagy multikompozit cement

A CEM jelölés utáni további római számok az alábbi összetételt jelzik:

III. Kohósalak cement

A következő két betű a kohósalak mennyiségére utal:

A 36-65 %

B 66-80 %

Szilikátkémiai iparok felosztása

Építőipari kötőanyagok

Főbb termékei:

- Nem hidraulikus kötőanyagok (*mész, gipsz*)
- Hidraulikus kötőanyagok (*cementek*)



Durvakerámia

Főbb termékei:

- Téglá
- Cserép
- Tűzálló anyagok (*samott*)
- „Keramit”



Finomkerámia

Főbb termékei:

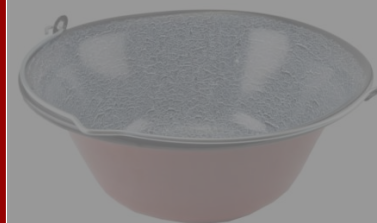
- Porcelántermékek
- Műszaki porcelán
- Díszmű porclán
- Csiszolóanyagok



Zománcipar

Főbb termékei:

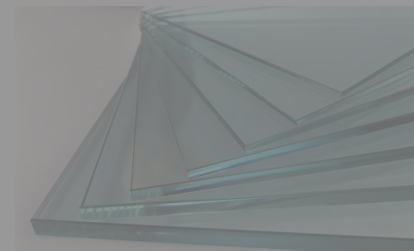
- zománcok



Üveggyártás

Főbb termékei:

- Öblösüveg
- Síküveg
- Műszaki üveg



Termékei:

- Agyagból égetett építőelemek (téglafélék, tetőcserép)
- Tűzálló építőanyagok (samott téglá)

Kerámiai építőanyagokkal szemben támasztott követelmények:

- Időtállóság (környezeti hatásoknak ellenálló)
- Kellő mechanikai szilárdság
- Vízhatlanság
- Kellő hő- és hangszigetelési tulajdonságok

A nyersanyagok:

- Természetes agyag – darabos mészkő (akár kagyló, csigahéj fragmensek) nélkül
- Agyagásványok (fő komponens) (szennyezők: kvarc, földpát, csillám, kalcit, dolomit, gipsz, stb.)
- Homogén, max. 25-30% mészkő finom eloszlásban nem káros a majdani termék tulajdonságaira
- Mészkő szennyezés a téglá színének kialakulásában is szerepet játszik

A kerámiaipari technológiák lépései:

- Nyersanyag kinyerés → nyersanyag előkészítés → formázás (sajtolás, korongozás) → szárítás → égetés

A nyersanyag (agyag) kinyerése:

- Külszíni fejtéssel
- Bányászat



Kanalas kotrógép munka közben

*A serényfalvi agyagbánya
(BAZ megye)*





Az agyag előkészítése, formázása

nyersagyag → fogas hengermű (durva felaprítás) → finomhengermű (őrli, homogénizálja az agyagot) →
→őrölt agyag teknős keverőbe jut → nedvesítés és finomhengeres kezelés → csigaprés → **formázás**



Téglalevágó: acéldrót segítségével vágják darabokra fel a nedves agyagból készült végtelen, sajtolóműből kikerült terméket.





A nedves agyagmasszából készült tárgyakat égetés előtt ki kell szárítani (megrepsztené, szétvetné a hirtelen felszabaduló vízgőz).

20 óra alatt égetik ki az agyagtéglákat



Tetőcserép prés gép

400 t sajtó nyomás
17,5 nyomás/perc

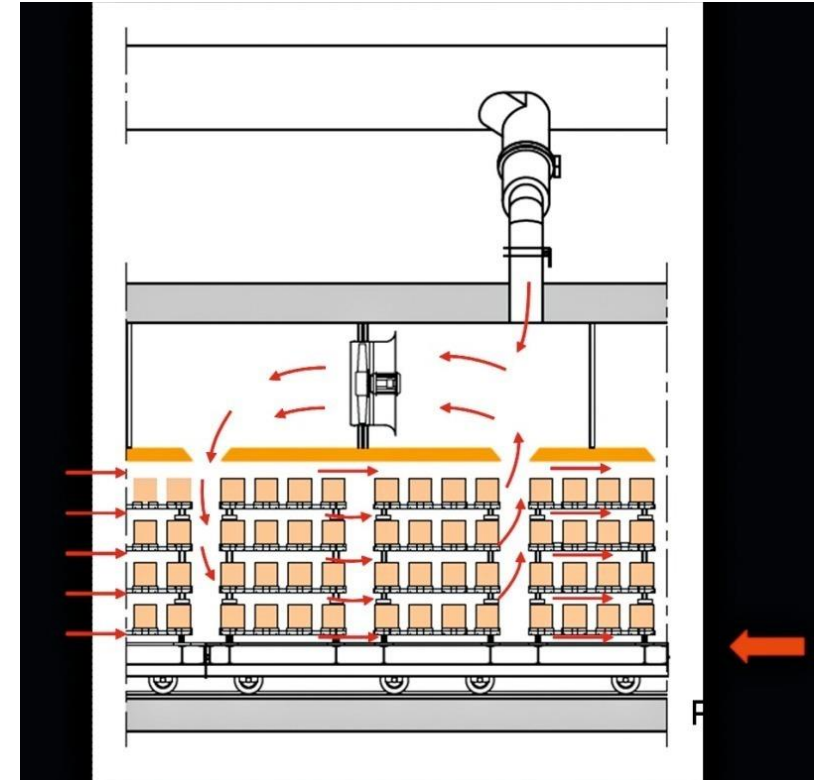


A nedves agyag szárítása

- Szárítás szabad levegőn
- Szárítás zárt szárítóberendezésekben



Szabadlevegős szárítás



Speciálisan kialakított szárítókamrákban végzik a szárítást. Az égetőkemencék hulladékhőjével történik a szárítás – energiamegtakarítás!

Az égetés

- Ma elterjedt: **alagútkemence**
- $T \sim 900-1000 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Finom eloszlású meszet tartalmazó égetett áru vörös színű (vasoxid tartalom miatt)
- Tovább égetett áru sárgás színű (Ca-Fe-szilikát)
- Mészmentes agyagból égetett termék vörös, még tökéletes kiégetés esetén is





Alagútkemence porcelán égetéséhez



Termékei:

- Fazekasáru, cserépedény
- Porcelán termékek
- Háztartási edények
- Díszmű porcelán, díszmű termékek
- Porcelán szigetelők, műszaki porcelán (nagy tömörségű)
- Nagyfrekvenciás szigetelőanyagok (BaTiO_3 , BaSrTiO_3 , stb.)
- Csiszolókorong (korund (Al_2O_3) és SiC alapú)
- Hidegburkolatok (padló-, falicsempék)
- Egészségügyi felszerelési cikkek (mosdókagyló, WC-csésze, stb.)

A nyersanyagok:

- Képlékeny nyersanyagok
- Nem-képlékeny (ún. soványító) anyagok
- Mázanyagok

1) Képlékeny nyersanyagok

A finomkerámia ipar klasszikus agyagásványa **kaolinit**.

Kaolinit az iszapolt **kaolin** fő alapanyaga.

Fehérre égő, kevés vas-oxidot és titán-dioxidot tartalmazó kaolinféleségek alkalmasak.

2) Nem-képlékeny (soványító) nyersanyagok

Képlékeny anyagok formázását, száradását segítik.

Égetés közbeni zsugorodást csökkentik.

Befolyásolják a készáru fizikai és kémiai tulajdonságait.

Nem-képlékeny nyersanyagok: kvarc, földpát, mészpát (kalcit), dolomit, égetett agyag, korund.

3) Mázanyagok

A kerámia máz olvadék bevonat.

Feladata: égetés után a cserép felületét tömörre, keménnyé, simává, fényessé, díszessé teszi.

A máz döntően üvegesen megolvadt szilikátokból áll.

Ipari mázak nagyobb (4) csoportja:

- ólomszilikát (fazekas) mázak ($\text{PbO} \cdot 2\text{SiO}_2$)
- porcelánmázak (alkotók: földpát, kvarc, kaolin, cink-oxid)
- frittelt ólom-, és bór-tartalmú mázak (frittelés = előolvasztás; ólomvegyületek mérgező hatásának elkerülésére)
- sómáz (SiO_2 -dús cserépen, konyhasó és vízgőz tartalmú kemencetérben \rightarrow *Na-Al-szilikát* alakul ki a felületen)



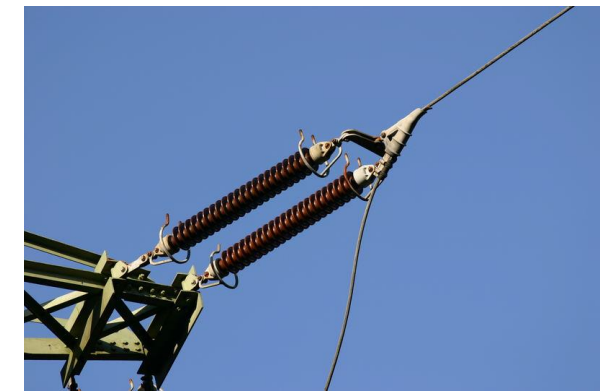
ólmommázás korsó



mázás főzőfazék (Korond, RO)



nagyfeszültségű kerámiaszigetelő

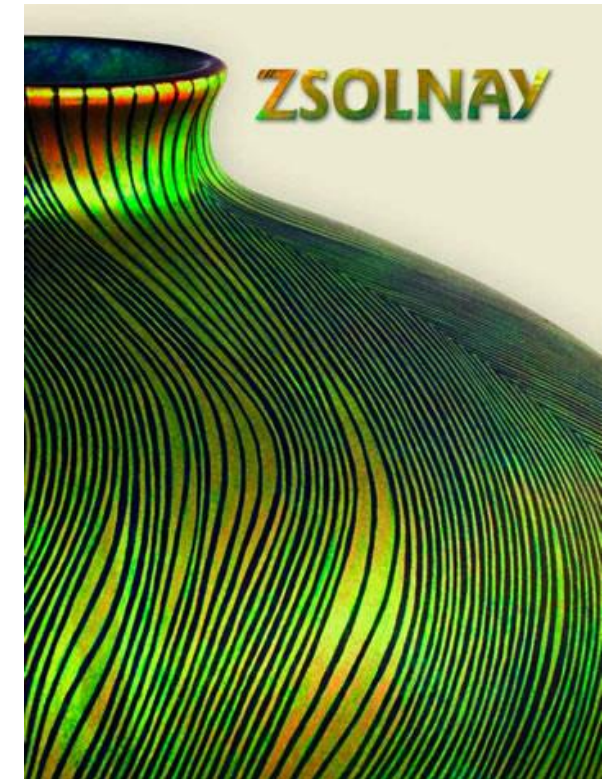


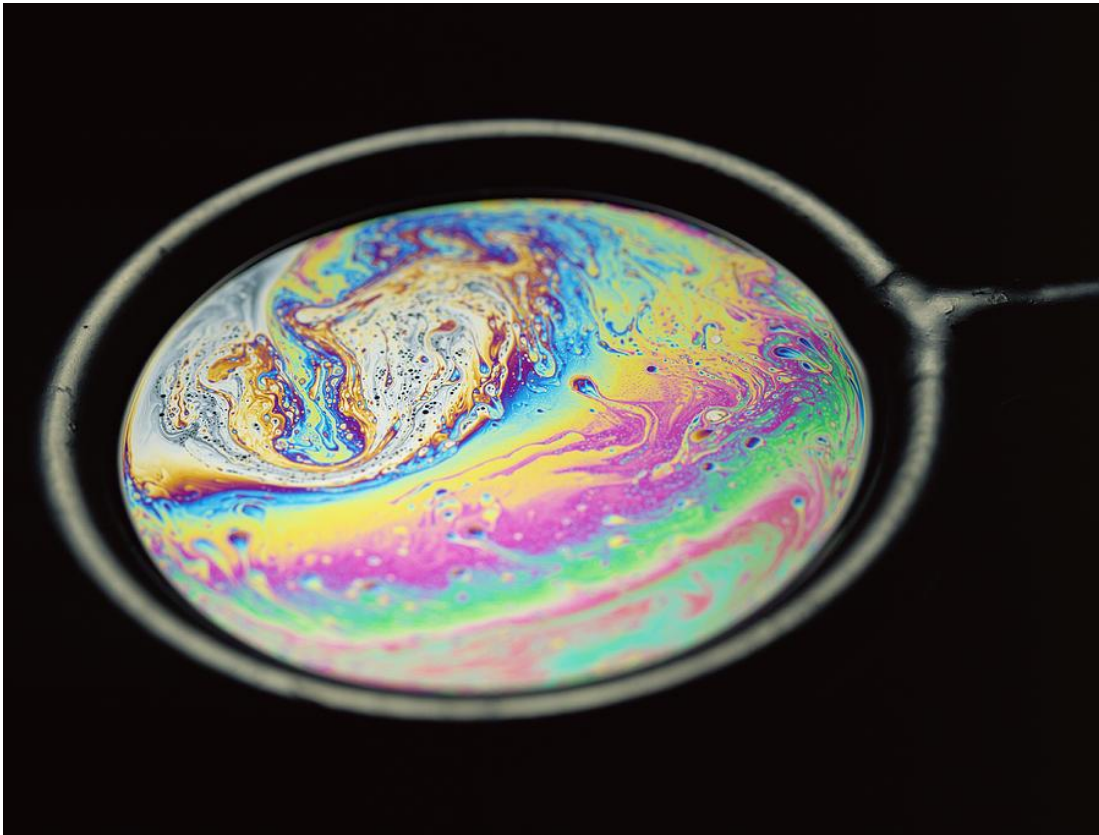
nagyfeszültségű kerámiaszigetelő

Az „eozin-máz” – Zsolnay Porcelánmanufaktúra (Wartha Vince, Zsolnay Vilmos)



*Mázzal bevonás – égetés
Színes és nemesfém alapú „titkos” massa felvitele
Szárítás, reduktív légkörben kiégetés újból
Lemossák a masszát
Eozint létrehozó anyag nincs a kerámián
Vékony színréteg, vékonyréteg interferencia
jelensége (400-600 nm vastag bevonat)*





olajfilm vízen



szappanbuborék

Finomkerámiai készítmények gyártása

Lépései:

- Anyagelőkészítés (iszapolás, őrlés)
- Formázás
- Szárítás
- Mázolás-festés
- Égetés



Laufen Keramik



Geberit



Laufen Keramik

Kerámiaipar, kerámiagyártás környezeti hatásai

- Emisszióval jár (levegőbe, vízbe, talajba)
- Külszíni fejtés/bányászat – tájban okozott károk (tájsebek)
- Tájsebek kezelése, „gyógyítása” – bányák rekultivációja, erdősítés, mezőgazdasági hasznosítás
- Levegőbe kerülő emisszió: por, korom, gáznemű anyagok (CO, CO₂, NO_x, nehézfémek, stb.)
- Porkibocsátás nyersanyagok előkészítésekor, pl. őrlés
- Ipari szennyvízbe kerülhet nehézfém, szerves és szervesetlen anyagok, ásványi eredetűek
- Hulladékként keletkezhet: formázás segédanyagai, hibás darabok (selejt), cserép/törmelék, hamu, por, csomagolási hulladék → formázásnál keletkező hulladék visszaforgatása, selejt csökkentése
- Kerámiagyártás energiaigényes (égetés!) → emisszióval jár
- Por kibocsátás mérséklésére hatékony műszaki megoldások (műveletek korszerűsítése, elszívás alkalmazása, szűrőrendszerek alkalmazása)

Szilikátkémiai iparok felosztása

Építőipari kötőanyagok	Durvakerámia	Finomkerámia	Zománcipar	Üveggyártás
<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- Nem hidraulikus kötőanyagok (<i>mész, gipsz</i>)- Hidraulikus kötőanyagok (<i>cementek</i>)  	<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- Téglá- Cserép- Tűzálló anyagok (<i>samott</i>)- „Keramit” 	<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- Porcelántermékek- Műszaki porcelán- Díszmű porclán- Csiszolóanyagok  	<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- zománcok   	<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- Öblösüveg- Síküveg- Műszaki üveg  

Fémeknek (főként vasnak) üvegszerű anyaggal (*zománccal*) vörösítés hőmérsékletén történő bevonásával foglalkozik.

A zománc kémiailag ellenálló, üvegszerű bevonat.

Zománcozás célja:

- Korrózióvédelem (fémek esetében)
- Használati tárgyak meghatározott célra való alkalmassá tétele
- Díszítés, ékszerkészítés, képzőművészet

Zománcozni szokás/lehet:

- Öntöttvas termékeket
- Öntöttvas és vaslemez-kádak
- Vaslemez-edényeket
- Villamos lámpaszerelevényeket
- Cím-, hirdető táblák
- Tűzhely, kályha-alkatrészeket
- Vegyipari berendezéseket



hidegúton felvitt festékek

Zománcipar termékei



A tűzzománc – díszítés, művészet, ékszerek



A tűzzománc – díszítés, művészet, ékszerek


FREYWILLE
18kt & 



Zománccal szemben támasztott követelmények:

- Hőváltozásokkal szembeni ellenállóképesség
 - ~ zománcok 350-400 °C-ig hosszabb ideig bírják, de felette károsodnak
 - ~ a zománc és a bevont tárgy anyagának hőtágulási együtthatói összehangoltak legyenek:



- Mechanikai igénybevételekkel szembeni ellenállóképesség
 - ~ *kopás, hajlítás, karcolás:*
 - jó a kopástűrésük*
 - karcolásra érzékenyek,*
 - hajlításnál nyomó erőknek jobban elleáll, mint a húzó erőknek*
- Ellenállóképesség vegyi hatásokkal szemben
 - ~ *gyenge szerves savaknak (élelmiszer), légköri behatásoknak ellenáll*
 - ~ *erősebb savak megtámadják → saválló zománc kell*

Zománcozott tárgyak (mechanikai, kémiai) sérülései



Zománcok összetétele

Főbb komponensek:

- Bórsav (H_3BO_3)
- Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Földpát
- Szóda (Na_2CO_3)
- Salétrom (NaNO_3)
- Kvarc (SiO_2)
- Folypát (CaF_2)
- Kriolit (Na_3AlF_6)
- Bárium-karbonát (BaCO_3)
- Agyag
- Kaolin

Egyéb adalékok:

- Színező pigmentek
- Zavarosító adalékok (fénoxidok, TiO_2 , SnO_2 , ZnO , CeO_2 , stb.)

Zománcok készítése:

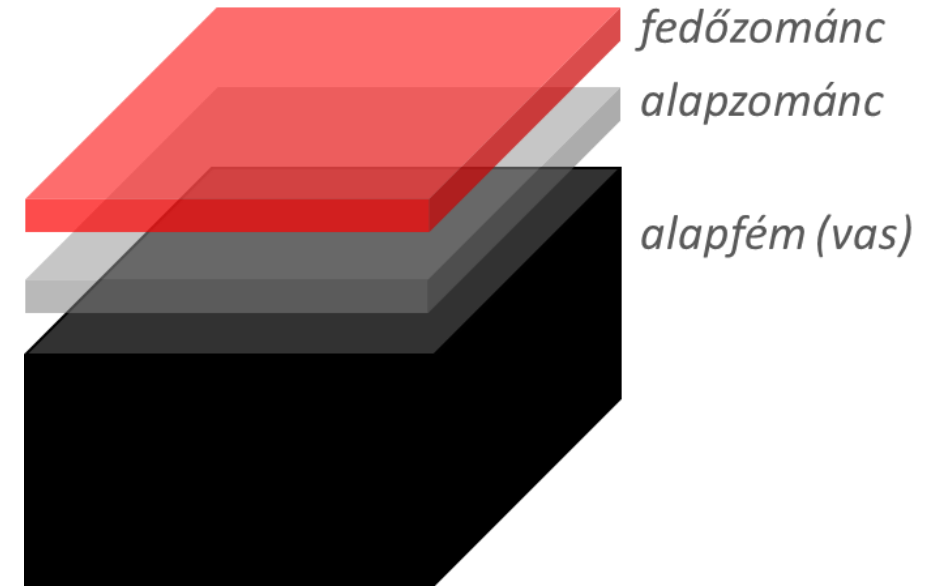
- zománc-nyersanyagot (komponenseket) összemérni, keverni, összeolvasztani
- Megolvadt zománc közvetlenül vízbe folytatva lehűtik („kvencselik”); hirtelen hűtés → repedezés (őrlést könnyíti)
- Száraz vagy nedves őrlés (pl. golyósmalom)

ZománCFajták

- 1) Alapzománc
- 2) Fedőzománc
- 3) Saválló zománc

Alapzománc: erősebb kötést kialakítani a vas és a fedőzománc rétege között, fedőzománc rosszul (gyengén) köt a vasra. Az erős kötés a felületi vas-oxidok (Fe_3O_4) oldásán alapszik. Vassal telített zománcreteg behatol a vas felületén kialakult pórusokba.

Alapzománc = átmeneti réteg (*interlayer*)



Fedőzománc: sok esetben díszítési cél; fehér (SnO_2) vagy színes, üveges vagy matt/opak

Saválló zománc: teljesen saválló zománc nem létezik; kvarc mennyiségének növelésével nő a saválló tulajdonság; bórvegyületek (B_2O_3) csökkenti a savállóságot (→ saválló zománc bórmentes)

A zománcozás technológiája

eljárásokra érvényes:

- 800-900 (1000)^oC-on égetnek
- gyors lehűtés
- síkárú a hőmérsékleti „sokk” hatására meggörbülhet (melegítéskor és hűléskor) ezért alagútkemence használata javasolt (lassabb felmelegedés és lehűlés)

- **Nedves eljárás** →

- Gondos felületkezelés/előkészítés, savval, szódával, homokfúvás, stb.
- Alapos szárítás
- Zománc felhordása: zománciszapba mártás vagy szórópisztoly, (ecset)
- Tüskére helyezés, szárítás (szárított zománc mechanikailag – *dörzsöléssel* – egyszerűen eltávolítható)
- Zománcot rövid égetéssel rögzítik
- Fedőzománc felvitele az „alapzománcozott” árura
- Szárítás
- Fedőzománc rögzítése ismételt égetéssel

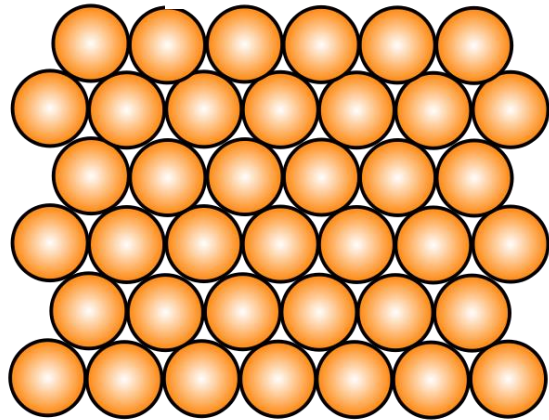
- **Száraz eljárás** ↓

- Száraz por formájában alkalmazzák a fedőzománcot
- Nedvesen alapzománcoznak
- Alapzománc beégése után, még izzó állapotban szórják rá a zománcport az árura („szóróporozás” v. „púderezés”)
- Kisebb tárgyakat izzó állapotukban belemárt(hat)ják közvetlenül a zománcporba („mártóporozás”)
- A porzománc alacsonyabb T-en lágyuljon, mint az alapzománc (még izzó állapotban ráolvad)
- A kellő fedőzománc vastagságot csak 2x - 3x porozás/ráolvasztási ciklus után éri el

Szilikátkémiai iparok felosztása

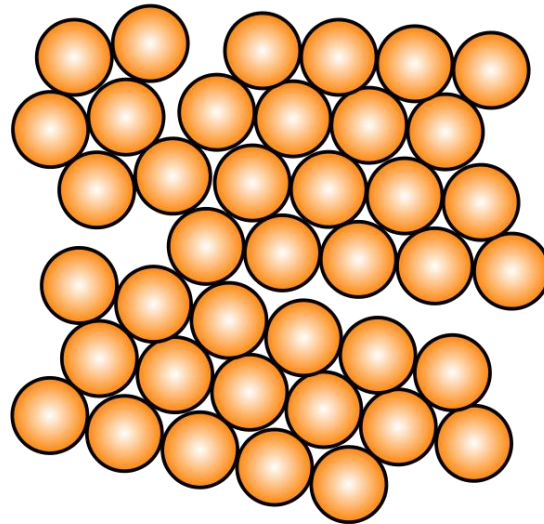
Építőipari kötőanyagok	Durvakerámia	Finomkerámia	Zománcipar	Üvegyártás
<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- Nem hidraulikus kötőanyagok (<i>mész, gipsz</i>)- Hidraulikus kötőanyagok (<i>cementek</i>)  	<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- Téglá- Cserép- Tűzálló anyagok (<i>samott</i>)- „Keramit” 	<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- Porcelántermékek- Műszaki porcelán- Díszmű porclán- Csiszolóanyagok  	<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- zománcok   	<p>Főbb termékei:</p> <ul style="list-style-type: none">- Öblösüveg- Síküveg- Műszaki üveg  

kristályos



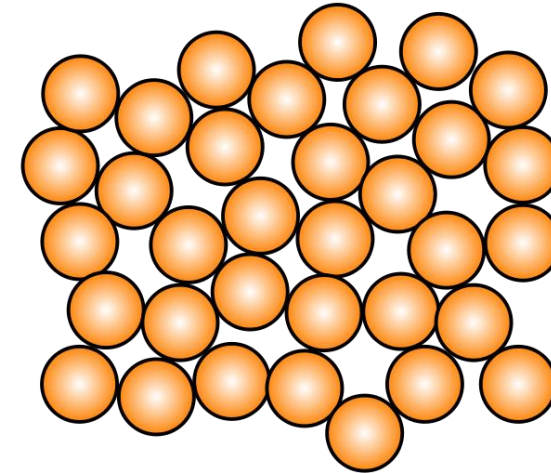
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ egykristályok

polikristályos



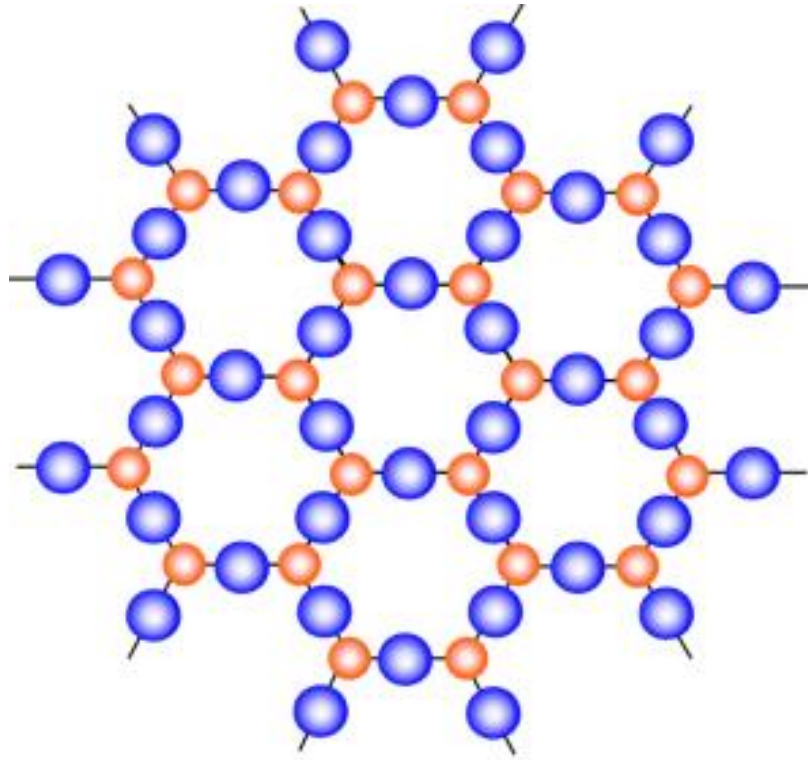
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ polikristályos minta

amorf



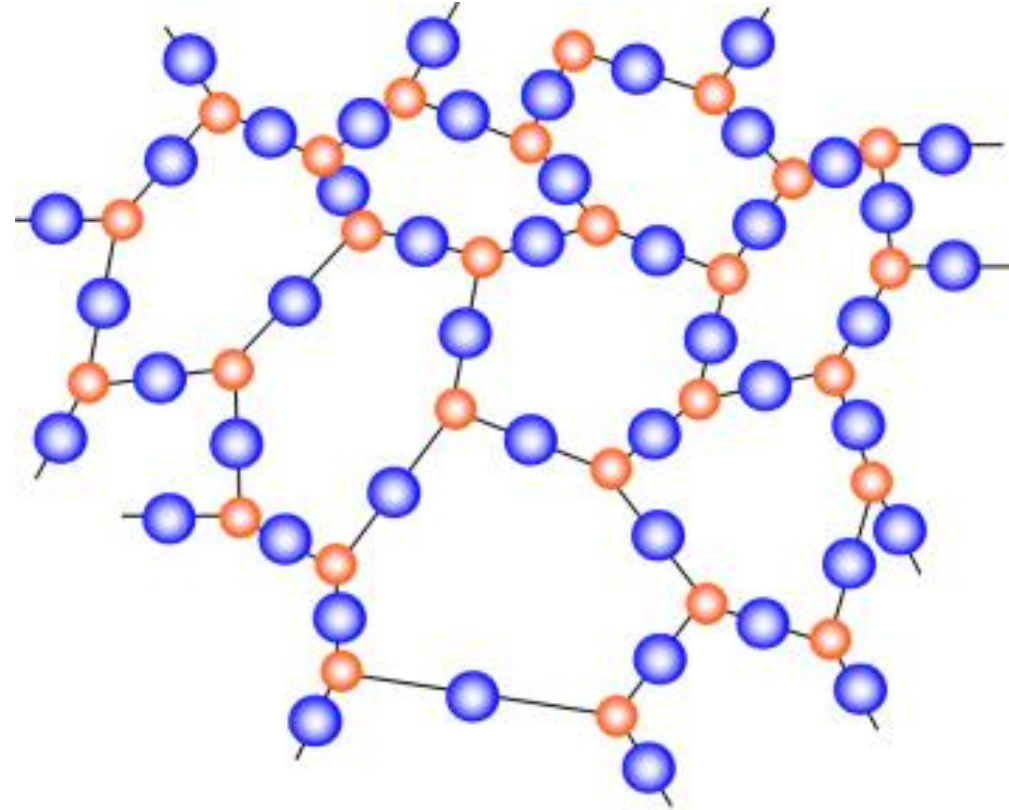
kobaltüveg

rendezett



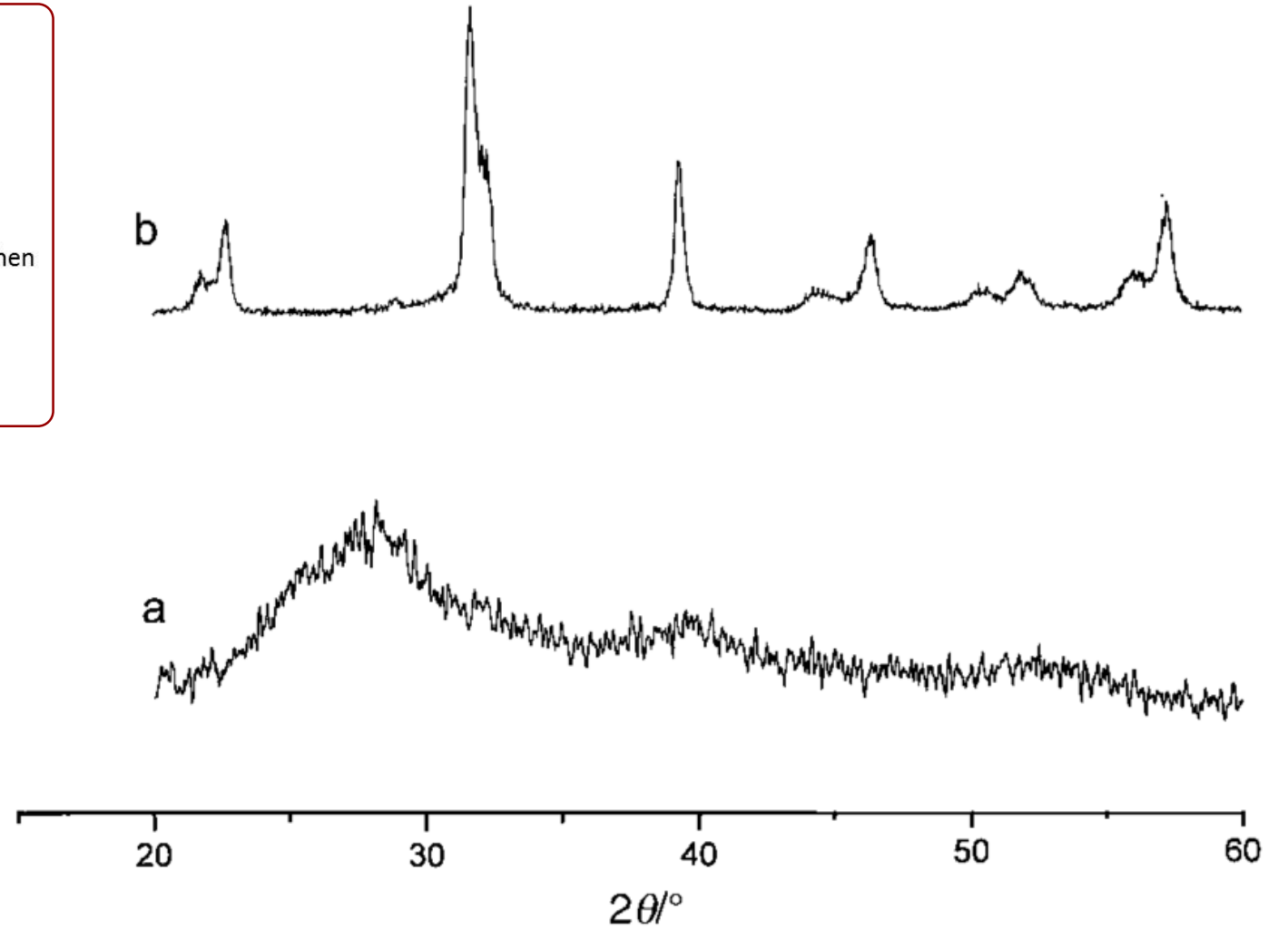
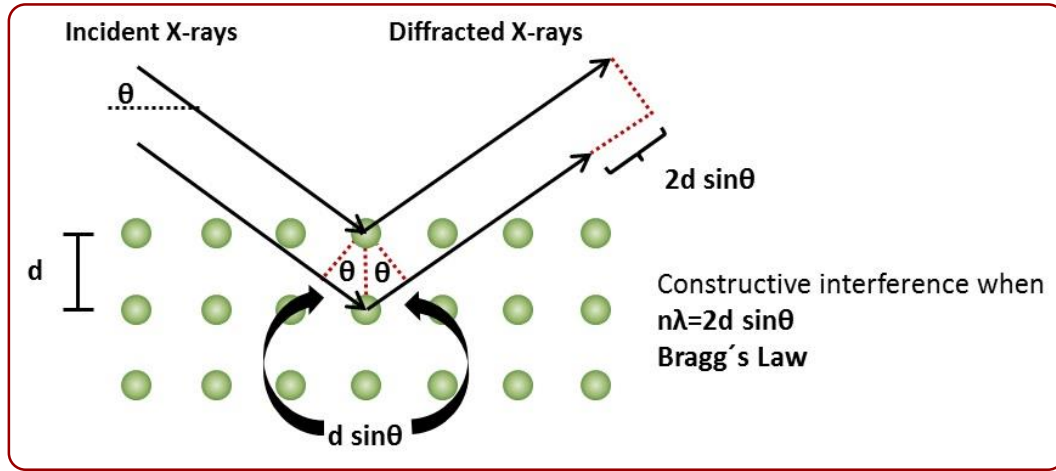
kristályos

rendezetlen



amorf

Amorf vs. kristályos anyagok röntgendiffrakciós analízise

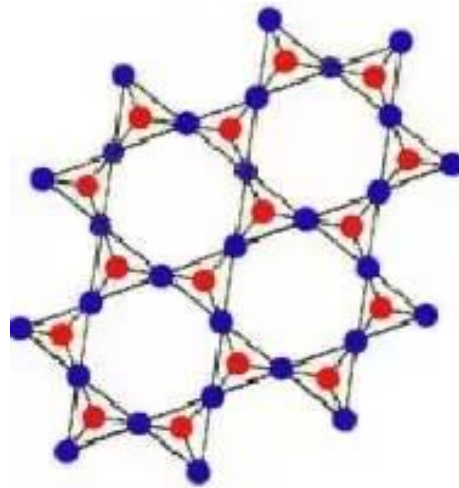


Az üveges szerkezet – az üveg szerkezete



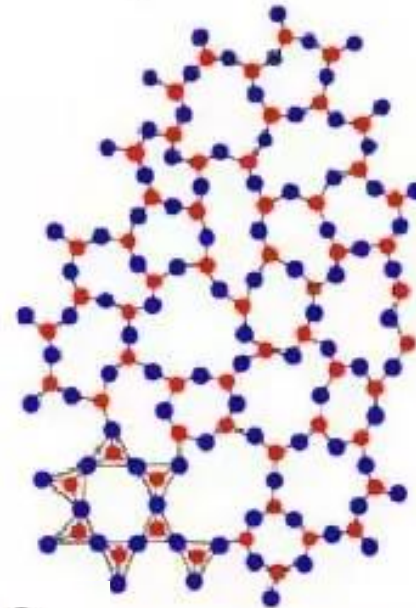
Hegyi kristály

Crystalline SiO₂
(Quartz)



● Si ● O

Amorphous SiO₂
(Glass)



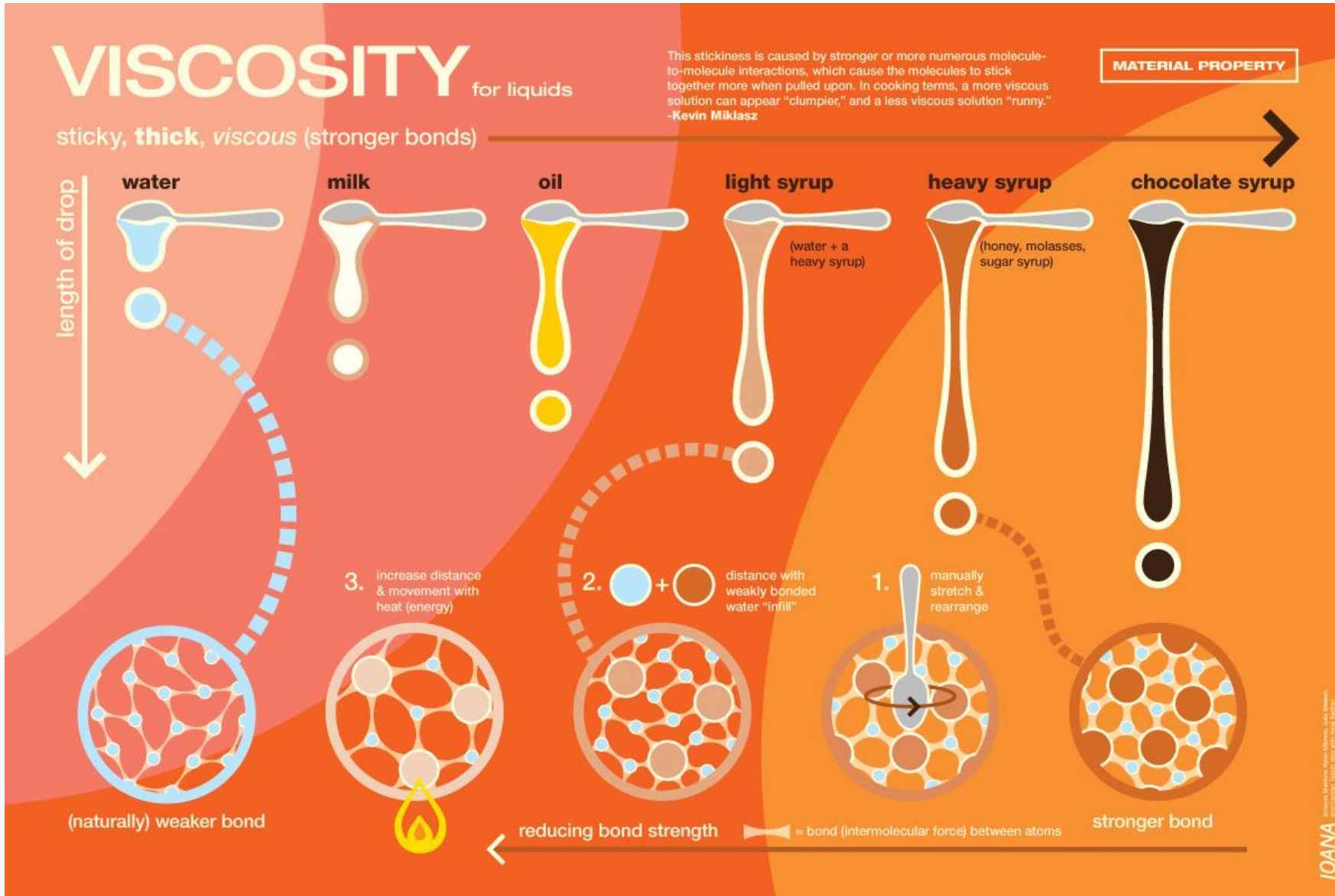
Kvarcüveg
(quartz glass, fused silica)

Az üvegek

- Túlhűtött folyadék állapot (nagy viszkozitású folyadéknak tekinthető még szoba T-en is)
- Olvadék állapotból lehűtve viszkozitása folyamatosan növekszik
- Folyamatos átmenet a szilárd (rideg állapotba); nem hirtelen átmenet, mint a kristályosodás!
- Lágulási hőmérséklet (nem olvadáspont)
- Folyadék hűtés közben megszilárdul, de nem megy benne végbe kristályosodás (hosszabb távú rendezettség)
- Üveges állapotban, az üvegekben a rendezettségi fok alacsonyabb, mint a kristályos anyagokban
- A kereskedelmi üvegek példái, megtestesítői az üveges állapotnak.

Viszkozitás

(lásd később kenőanyagoknál)



1) Üvegekészítő anyagok

- Homok (SiO_2)
- Vízmentes szóda (Na_2CO_3) - *feltáróanyag*
- Nátrium szulfát (Na_2SO_4) - *feltáróanyag*
- Mész-kőliszt (CaCO_3)
- Dolomitliszt ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)
- Bórvegyületek (bórsav anhidrid (B_2O_3), bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$))
- Hamuzsír (K_2CO_3)
- Míniium (Pb_3O_4)
- Üvegcserep

2) Adalékanyagok

- Olvasztást elősegítő anyagok, ömlesztő anyagok (max. 1%, gyorsolvasztás; K_2O , CaF_2 -folypát, B_2O_3)
- Üveg tisztulását elősegítő anyagok (gázbuborékoktól való megszabadítás, KNO_3 , NaNO_3 , ammóniumsók)
- Színező anyagok
- Színtelenítő anyagok

Az üvegyártás nyersanyagai

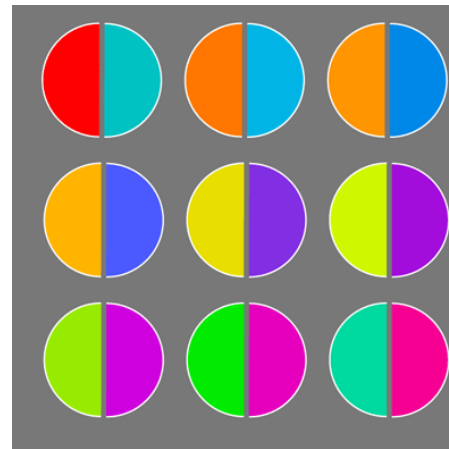
Színező anyagok

- Vasvegyületek (Fe_2O_3 , $\text{FeSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) → zöld szín
 - Krómvegyületek (K_2CrO_7) 0,2-1,5%-ban → mélyzöld
 - Mangánvegyületek (MnO , Mn_2O_3 , MnCO_3 , MnSO_4) 3-5%-ban → halvány-, intenzív ibolya
 - Kobaltvegyületek (CoO , Co_2O_3 , Co_3O_4 , $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$) → kék (0,002% világos, 0,1% sötét)
 - Nikkelvegyületek (NiO , Ni_2O_3) → kék, ibolya, fekete (mennyiségtől függően)
 - Rézvegyületek (CuO , CuSO_4 , CuCO_3) → kékes szín, türkiz
-
- Kolloid réz zárványok → vörös
 - Kolloid ezüst → erős sárga
 - Arany kolloid → bíbor szín
- } *reduktív körülmények között*

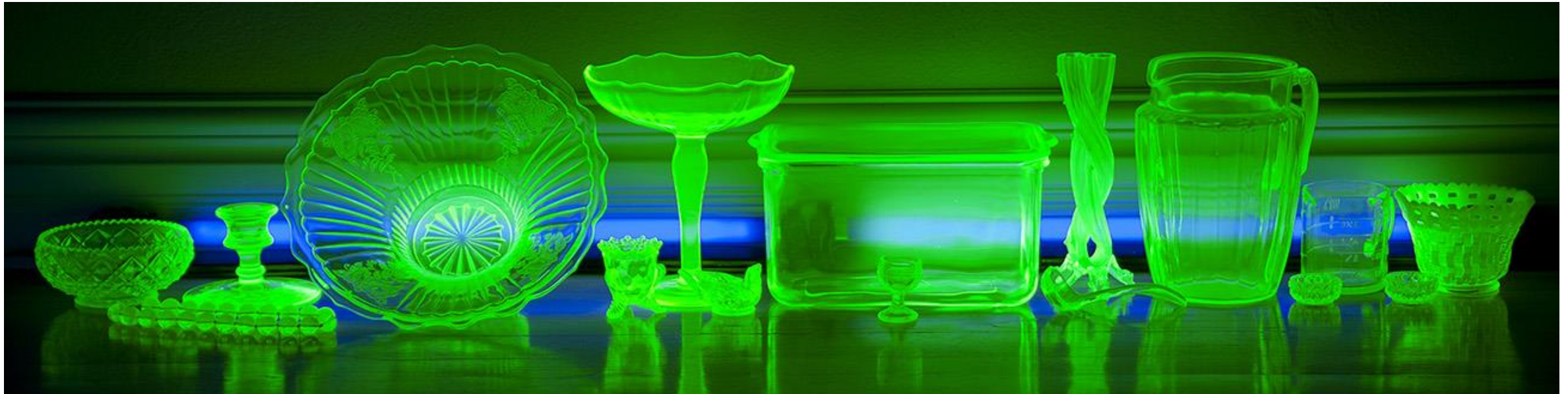
Színtelenítő anyagok

Célja: zöldes szín kompenzálására a fehér üvegben (MnO_2 , fekete)

Zöld szín komplementer színe kioltja az elszíneződést (NaMnO_4 lilás színű vegyület)



Komplementer színpárok (egymással szembeni színek)



Urán-oxiddal kevert üveg (UV-fényben fluoreszcencia jelenséget mutat)

Az üvegyártás folyamatai

1) Nyersanyagok előkészítése

- raktározás (higroszkóposság miatt körültekintően kell eljárni)
- előkészítés (őrlés, szárítás, rostálás)
- mérlegelés, keverés (homogenitás és szemcseméret döntő fontosságú paraméterek)

2) Az üveg olvasztása

- magas hőmérsékletre hevítve a keveréket megindul az üvegekészítés folyamata (1400-1500 °C)



homok

szóda

nátriumszilikát



A jelenlevő további alkáliföldfémekkel bonyolultabb szilikátokat képez!

- Tömegveszteség (olvasztási veszteség) 18-22% - 1t keverékből kb. 800 kg üveg.
- Üvegolvadék tisztulása fontos folyamat (esztétikai, mechanikai, öregedési okok) – gázbuborékok eltávozása

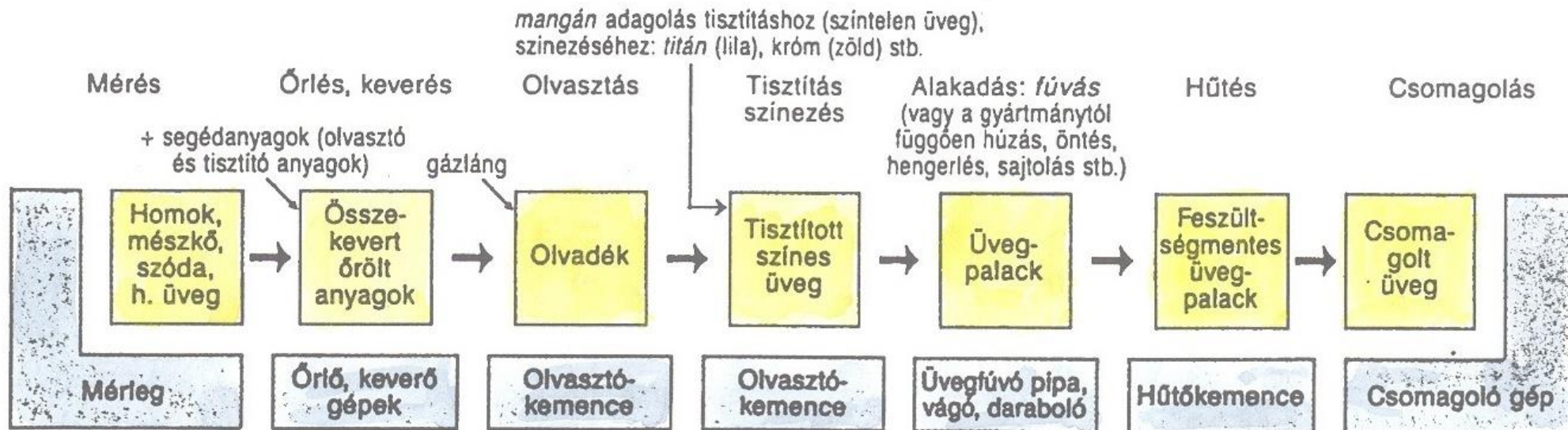
Az üvegyártás folyamatai

3) Formálás (alakadás)

- Kézi formálás (fújás, öntés, stb.)
- Gépi formálás (fújás, hengerlés, sajtolás, húzás)

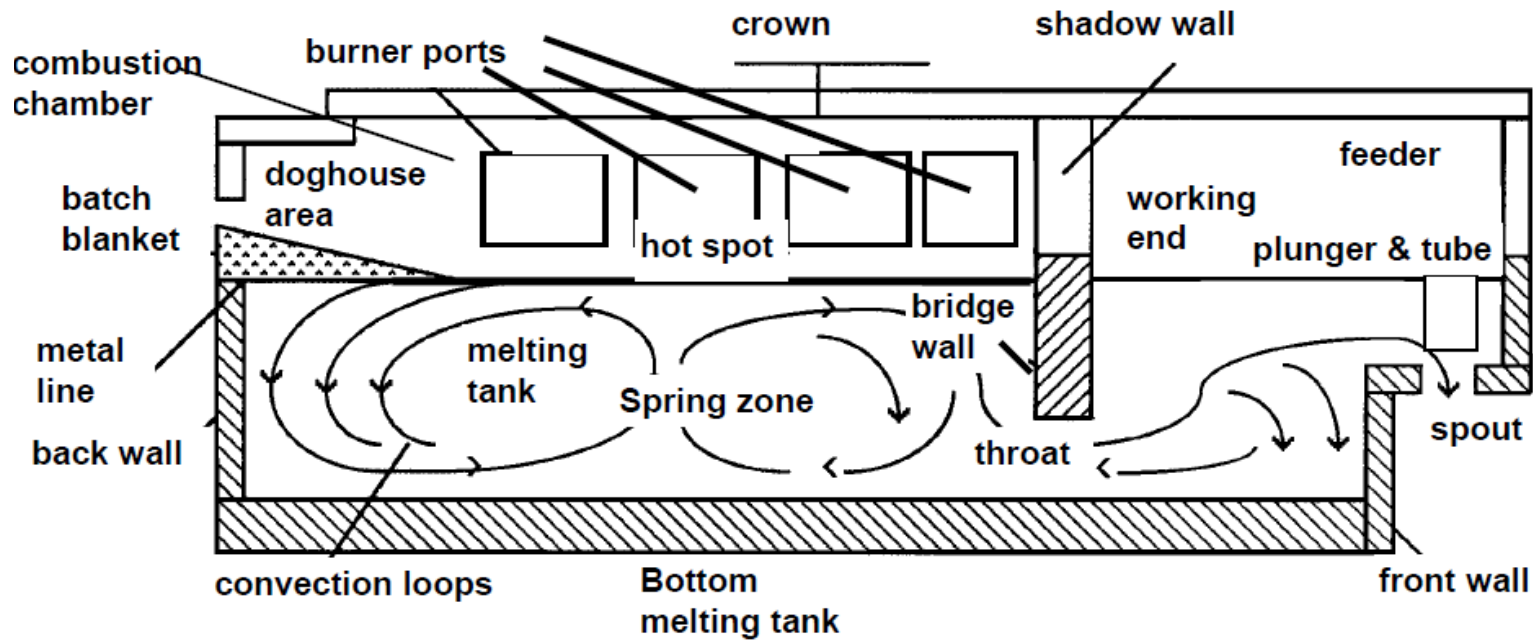
4) Hűtés, megmunkálás

5) Feszültségmentesítés utóhőkezeléssel



Az üvegyártás műveletsora.

Folyamatos üzemű üvegolvasztó kemence felépítése



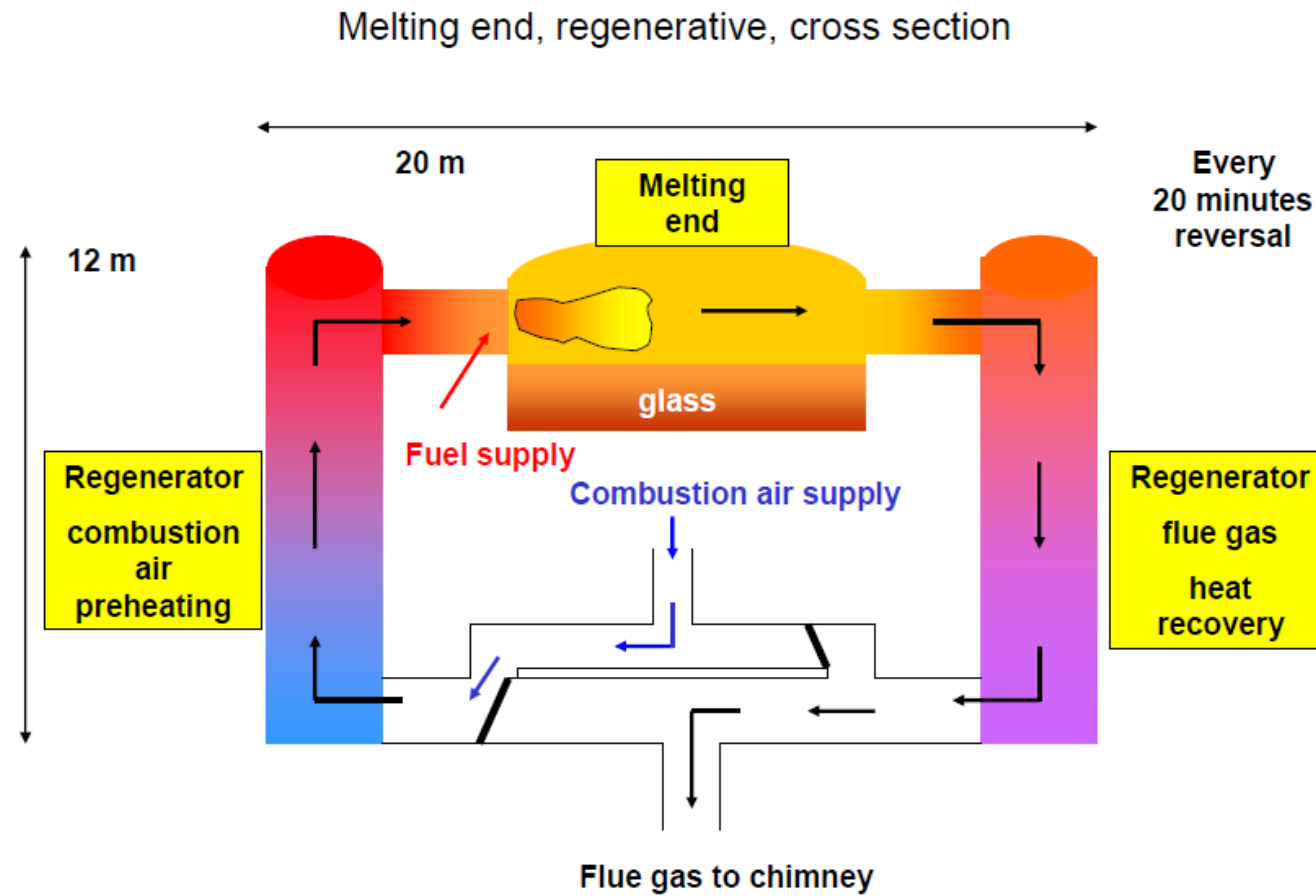
Fűtésre:

- földgáz
- generátorgáz
- nyersolaj
- pakura

Fontosabb egységek:

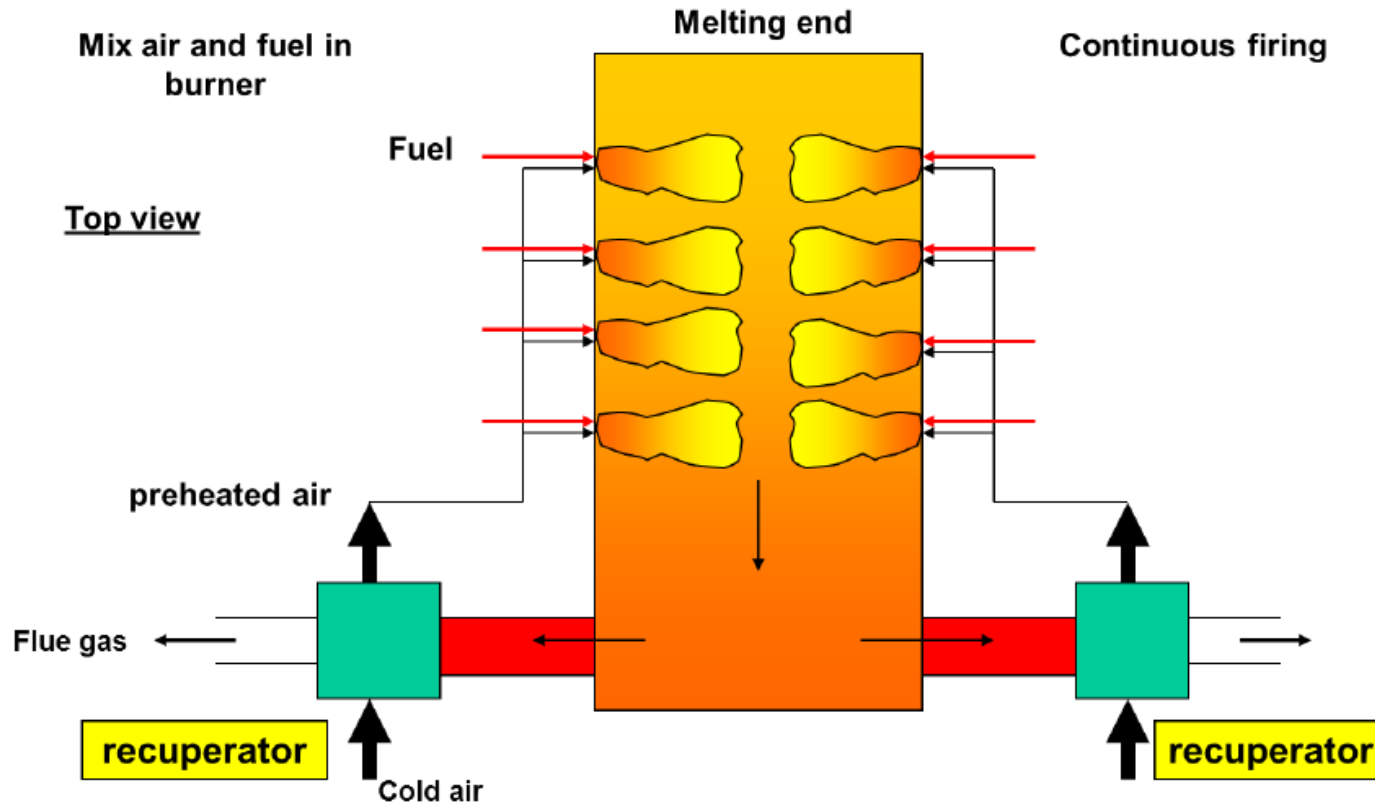
- olvasztó medence (melting tank, melting end)
- égőtér (superstructure, combustion chamber)
- torok (throat)
- olvadék zóna (working end)
- csapolónyílás (spout)
- Hőcserélők – regenerátor v. rekuperátor (heat exchanger)

Regeneratív üveglasztó kemence



https://www.lehigh.edu/imi/teched/GlassProcess/Lectures/Lecture03_Hubert_industglassmeltfurnaces.pdf

Rekuperatív üvegolvasztó kemence



Rekuperátor: hőcserélő; a távozó füstgáz ellenáramban melegíti fel a betáplált levegőt

https://www.lehigh.edu/imi/teched/GlassProcess/Lectures/Lecture03_Hubert_industglassmeltfurnaces.pdf

Az üvegyártás ágazatai

Öblösüvegyártás

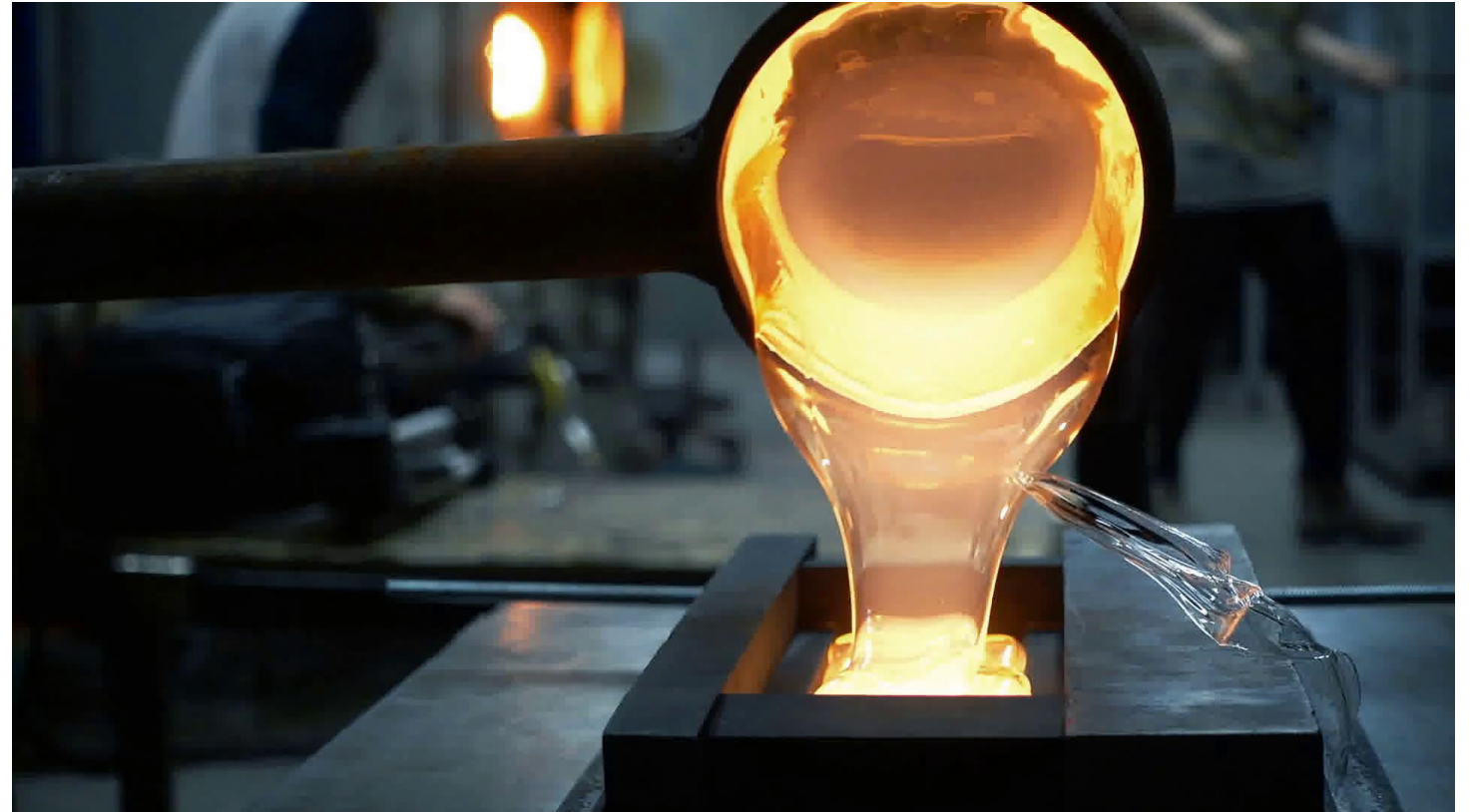
- Kézi gyártás
- Gépi gyártás

Síküvegyártás

- Táblaüvegyártás
- Öntöttüvegyártás
- Biztonsági-üvegyártás

Műszaki üvegyártás

- Optikai üveg
- Laboratóriumi üveg
- Üvegszigetelőanyag (üvegszál, üvegselyem)
- Üvegcsógyártás, üvegrúdgyártás



Olvadt állapotú üveg formába öntése

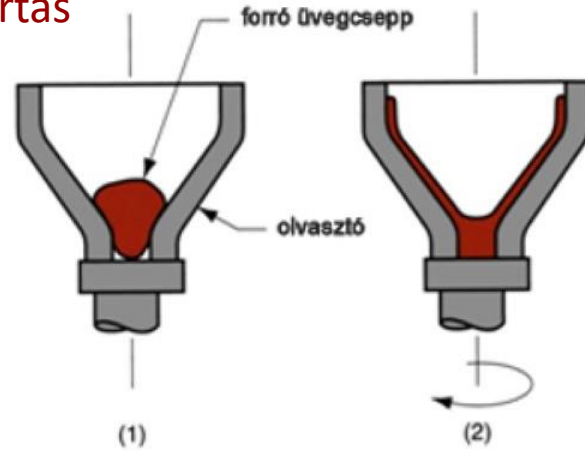
Öblösüvegyártás - Kézi üvegfújás, formázás



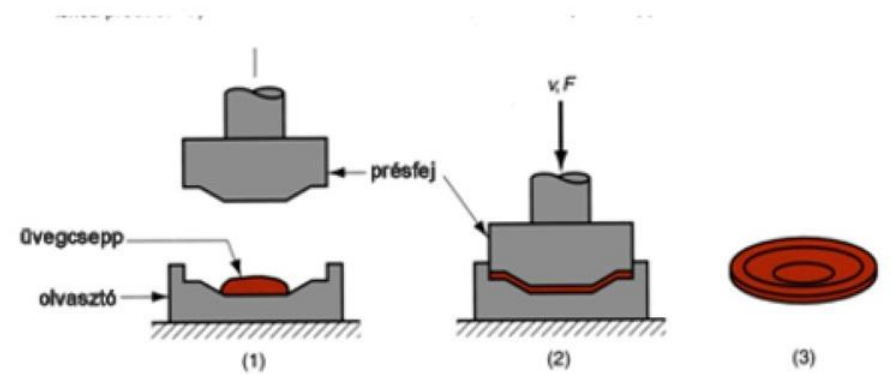
Öblösüveggyártás - Kézi üvegfújás, formázás



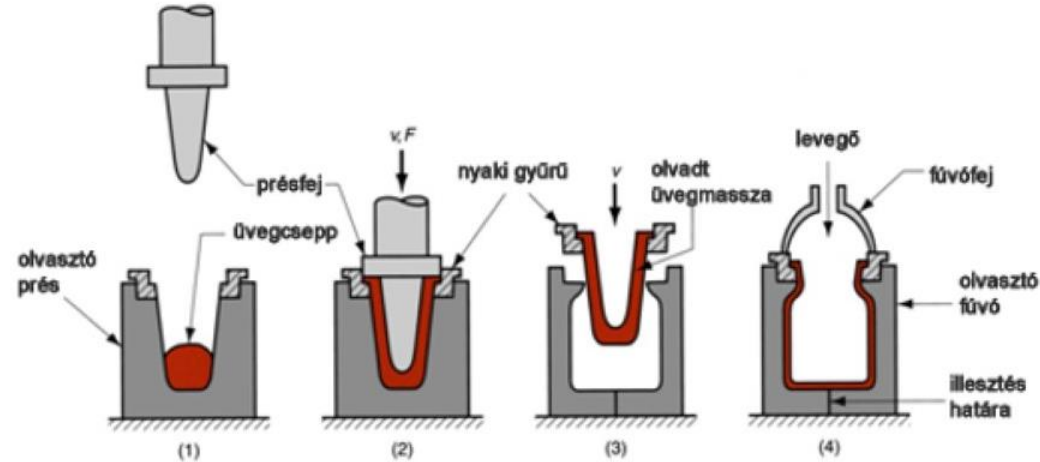
Üvegtermékek kialakítása – Gépi gyártás



Centrifugálással

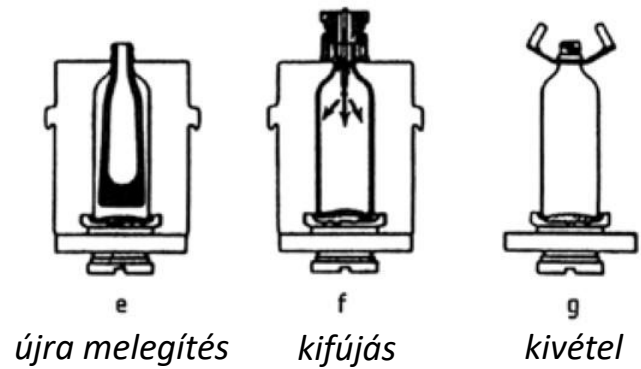
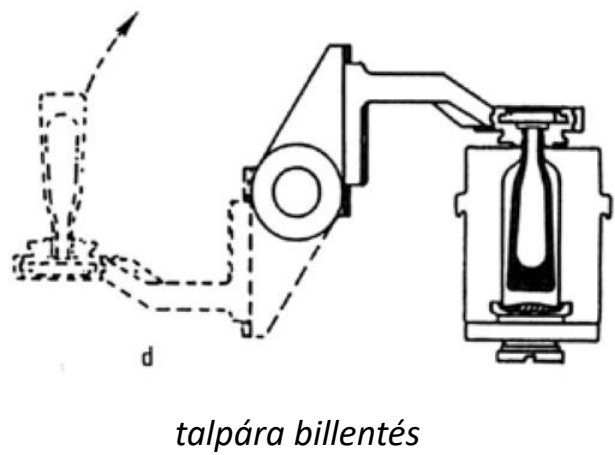
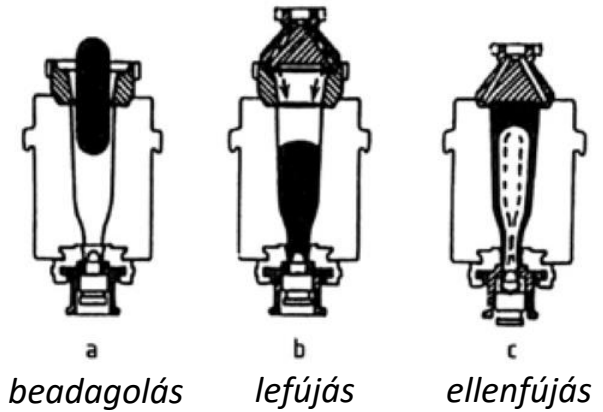
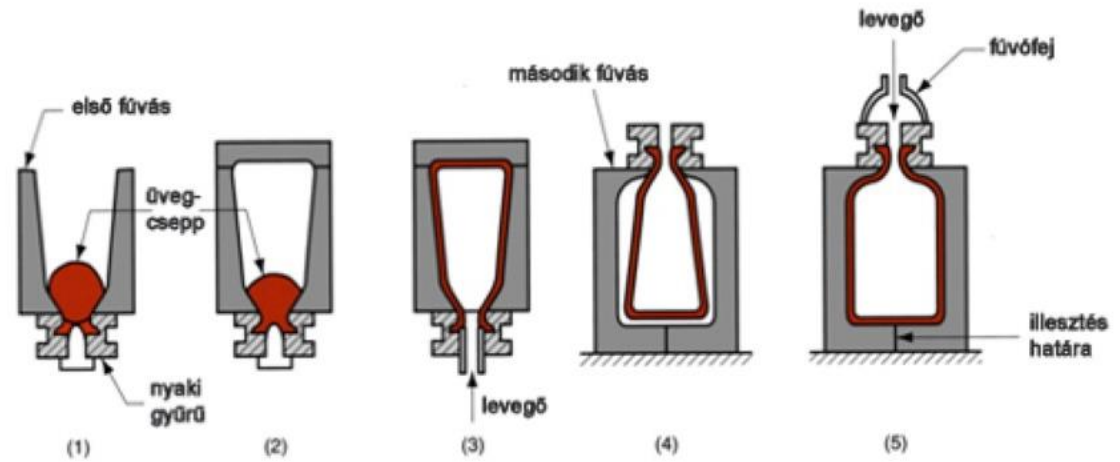


Préseléssel

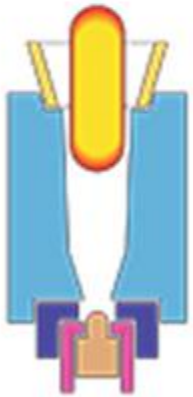


Préseléssel és fújással

Üvegtermékek kialakítása – Gépi gyártás



Blank mold closed, Funnel down, Gob loading into the blank mold



Blank side

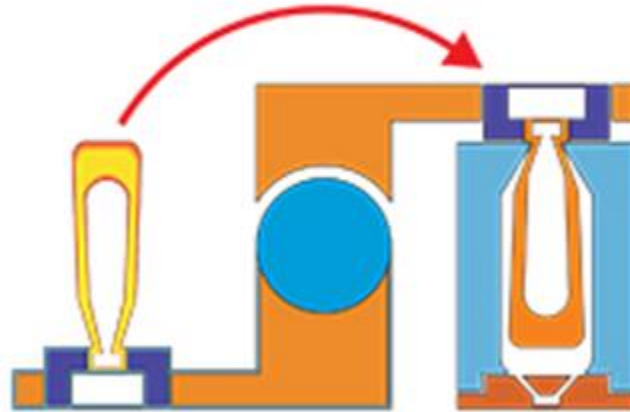
Baffle down on Funnel and start of settle blow, neck formed



Funnel off, Baffle down, counterblow producing parison



Baffle up, blank mold open and parison invert to blow side, Blow mold closed



Neck ring open and revert to blank side, parison kept in blow mold for reheating



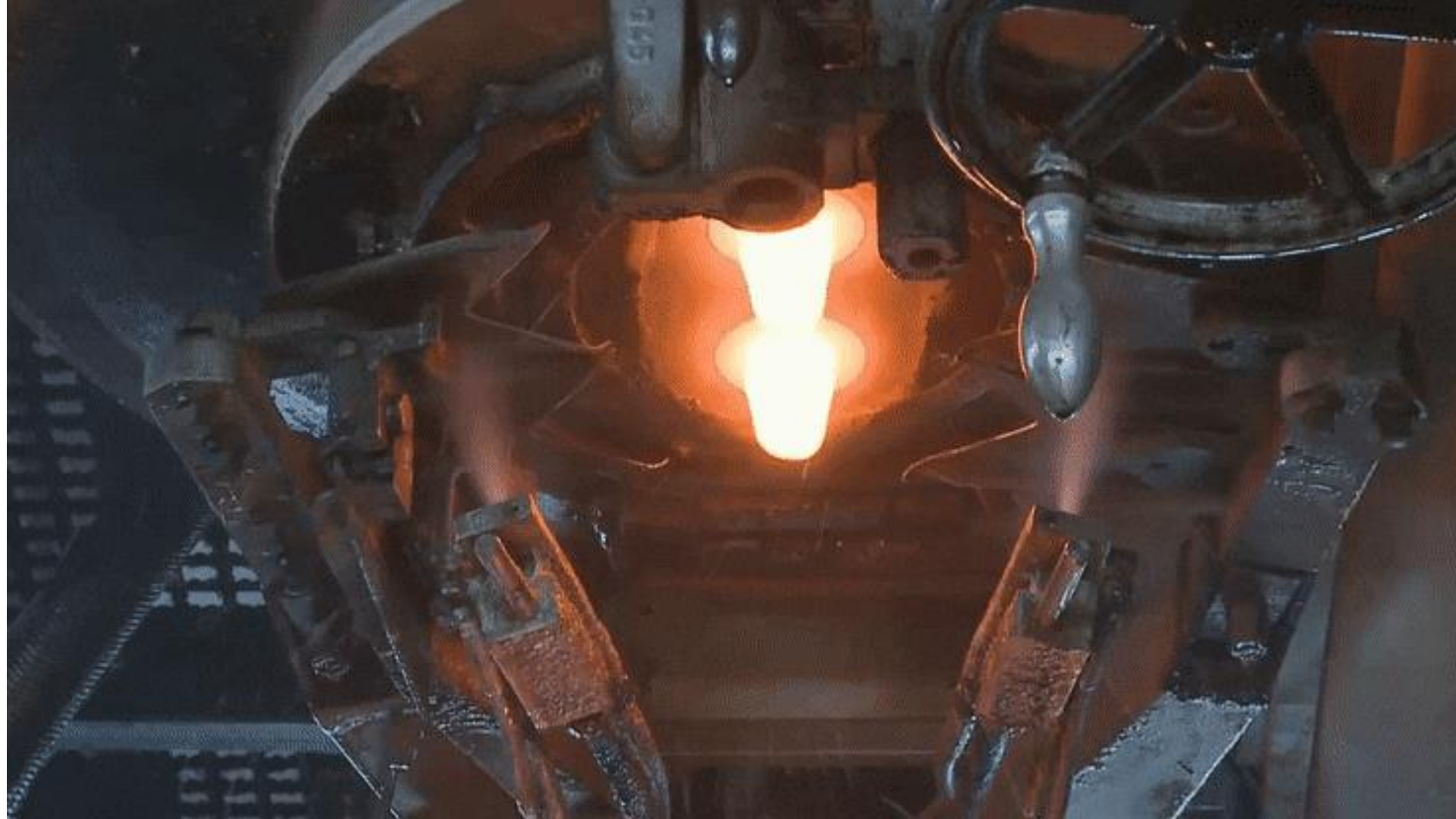
Blowhead down and final blow: container is formed, inner cooling



Blow mold open, Take-out of produced container, placed onto dead plate



Blow side

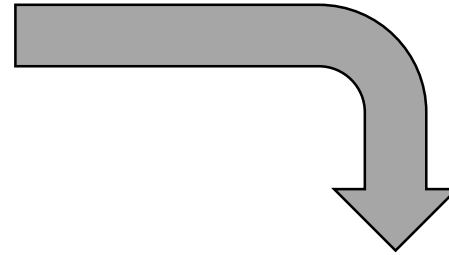


Üvegolvadék porciózása gépi fújás előtt

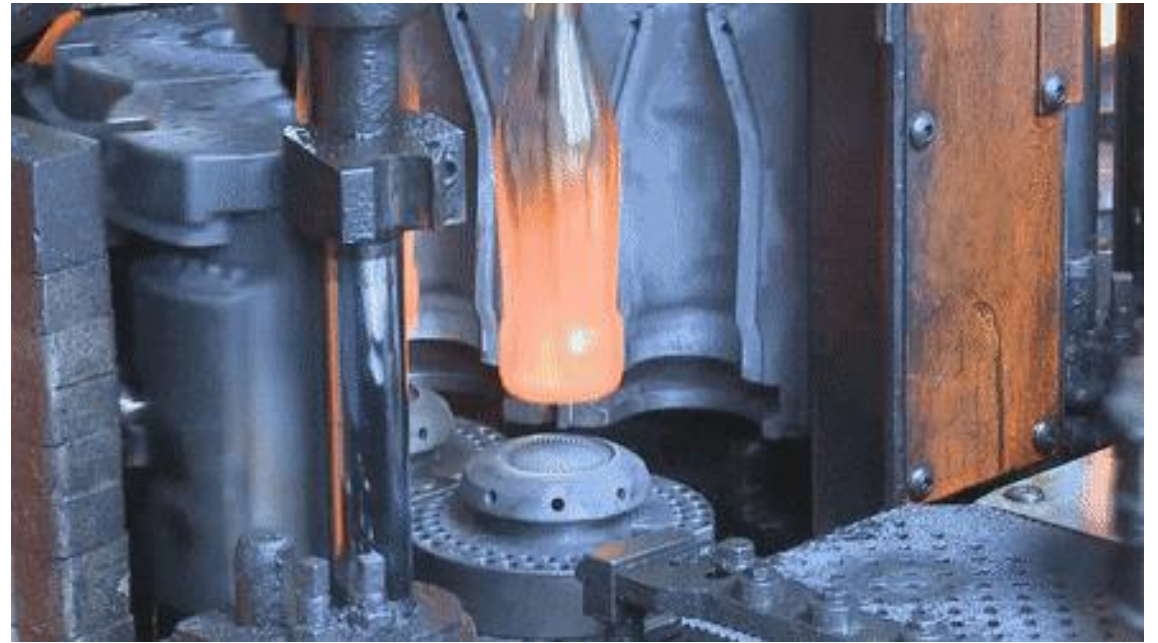
Öblösüveggyártás – Gépi gyártás



Nyakrész kialakítása

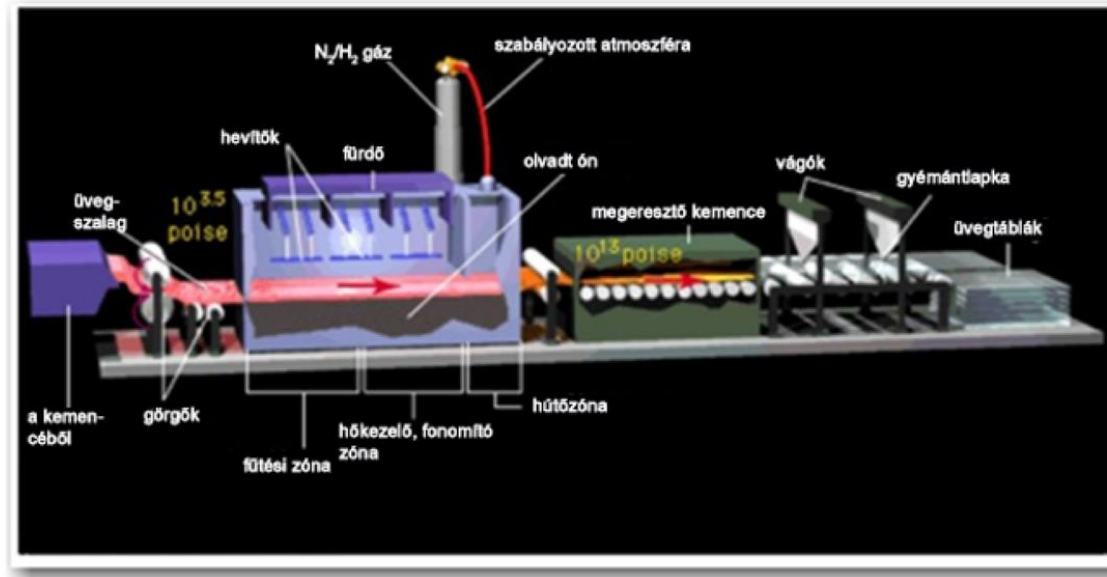
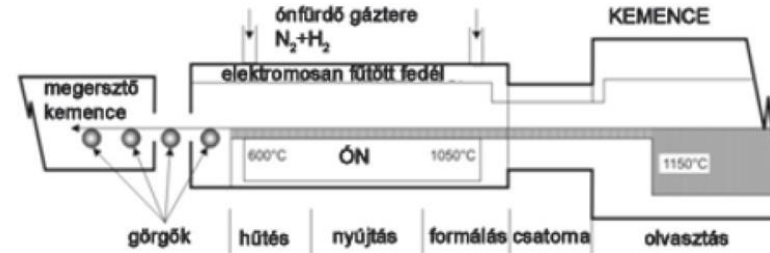
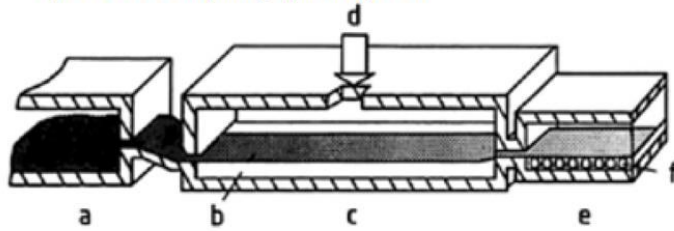


Formába fújás



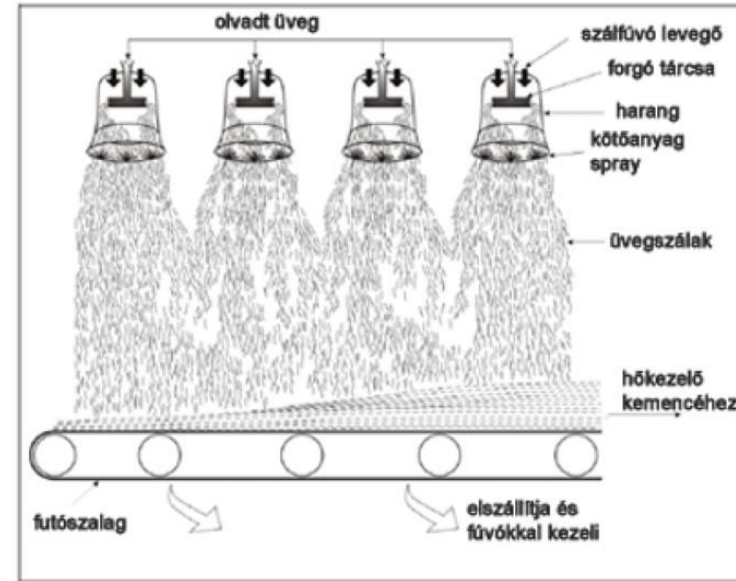
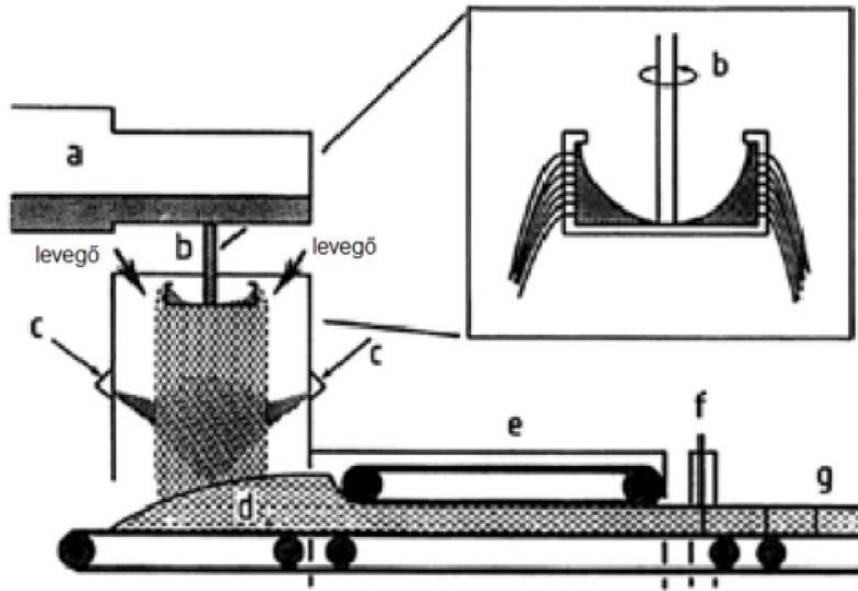
A Pilkington síküveg gyártási eljárás

- a) Kemence; b) Olvasztott ón; c) Síkfürdő;
 d) Nitrogén-hidrogén elegy az ón oxidációjának megakadályozására;
 e) Kivezető nyílás; f) Hengerek



Műszakiüveggyártás – üvegszövetgyártás

- a) Olvasztó tartály; b) Centrifúga fúvókákkal; c) Kötőanyag befújása;
d) Üvegszövetedék; e) Kötésképző kemence; f) Bárd; g) Termék

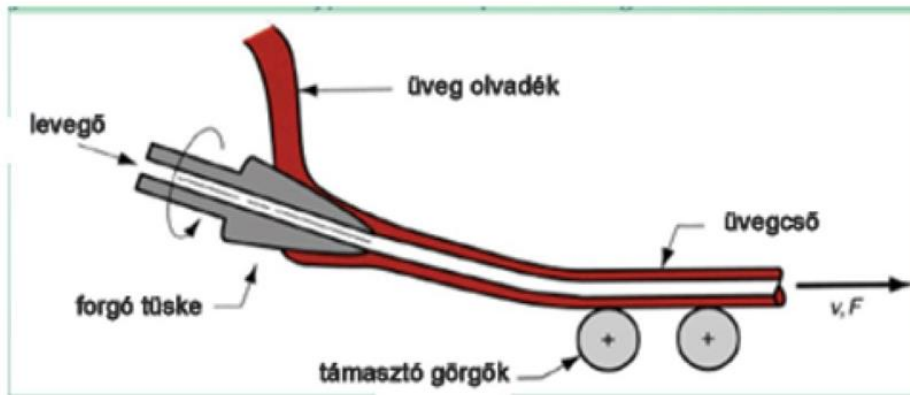
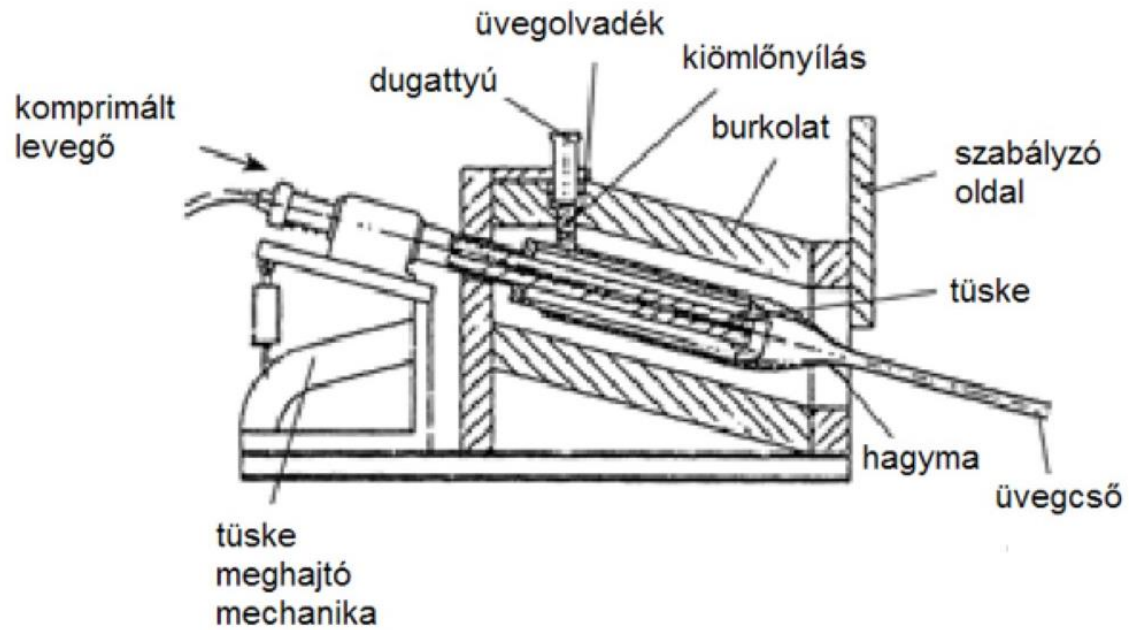


Műszakiüveggyártás – üveggyapot

Centrifugális erő kinyomja az olvadékot a hűtött térbe.
Megszilárdul, szálanyagot préselik.



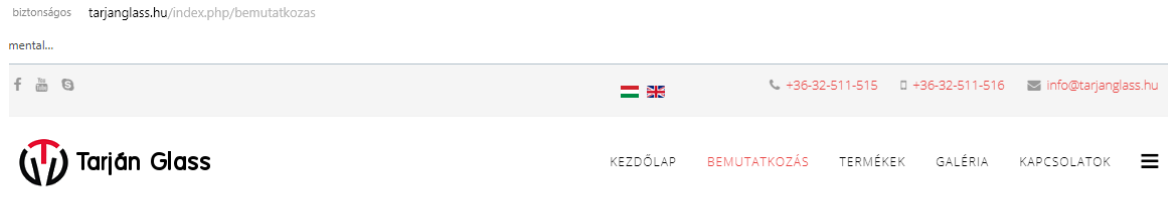
Műszakiüveggyártás – üvegcsőgyártás (Danner eljárás)



Hazai üvegyártás

<https://www.szeretlekmagyarorszag.hu/ami-a-hires-magyar-uevegyarbol-megmaradt/>
(„A 2005-ben bezárt Parádsasvári Üvegyár hazánk egyik legrégebbi, közel 300 éves gyára volt.”)

<http://tarjanguass.hu/index.php/bemutakozas>



Bemutakozás

Cégünköl

Látogatóközpont és üvegmúzeum

Magyar Termék Nagydíj 2013

Mintabolt

Salgótarjáni oblosüvegyártás története

Cégünköl

A 2011-ben alakult Tarján Glass Kft. a 120 éves salgótarjáni üvegyártás tapasztalataira alapozva a legkorszerűbb technológiával és kiváló üvegyipari szakemberekkel felvértezve készít üvegtérmekeket.

Cégünk kézi üvegyipari termékek gyártásával foglalkozik.

Kínálatunk:

- o Szájjal fúvott, tradicionális kézi gyártású kelyhek, poharak
- o Félaautomata (kézi merítéses) palackok
- o Dekoráló kapacitás (logózás, matricázás, szitázás, egyéb egyedi dekorálás
- o idegen üvegánura is)

Salgótarján

<https://www.profession.hu/cikk/uj-gyartossorral-bovult-az-oroshazi-uevegyar>

Rövid hír

Új gyártóssorral bővült az orosházi üvegyár

2019. május 10. Forrás:
[HIPA.hu/Profession.hu](https://hipa.hu/profession.hu)

A Guardian Glass 4,1 milliárd forint értékű fejlesztésével szélesíti tovább a Magyarországon előállított termékei körét.

Az USA egyik legnagyobb magánkézben lévő vállalatcsoportjához, a Koch Industries-hoz tartozó Guardian csoport orosházi beruházásban is érintett Guardian Glass divíziója üvegtérmekeket, üvegyapot szigetelést gyárt a kereskedelmi, lakossági, autóiipari és műszaki szegmens számára. Fontosabb termékeik közé tartoznak a float (úsztatott) és a bevonatos üveg termékek, az edzett üveg-, az alacsony emissziós (Low-E) üveg-, tükrös és mintás üveg-, szolár üveg-, szigetelő és fényvisszaverő üvegtérmekek.

Orosháza

GLASS INTERNATIONAL

Home Glass Industry News Events Diary Glassman Events Comment Features Media Pack Issues Subscribe Advertise Directory Search

Banners

Guardian Glass inaugurates production line at Hungarian plant

Published: May 08, 2019
Author: **Greg Morris**

Guardian Glass has inaugurated its new laminating line at its float glass plant in Orosháza, Hungary.

It invested in the line to support the increased demand for laminated glass in Europe.

The line produces standard and coated laminated glass, as well as speciality products such as acoustic, thick, coated and coloured laminated glass.

The rising demand for laminated glass is being driven by three trends:

*Country-level regulations in Europe require the use of safety glass in an increased number of fenestration and

MOST READ

- > BA Glass plots \$227 million Bulgarian...
- > Verallia launches IPO
- > Verallia Spain awards electrode holder...
- > PaneraTech hires two to work on its...
- > Bormioli Pharma to acquire German...