



PTE Műszaki és Informatikai Kar

7624 Pécs, Boszorkány út 2.

Építőanyagok 1.

Építészmérnök, építőművész és építőmérnök szakos hallgatók részére

A betontechnológia témakör előadásai

1. Kötőanyagok (mész és gipsz)	1.
2. Cementek (gyártás, szilárdulás, tulajdonság)	5.
3. A beton adalékanyagai (tulajdonság, szemmegoszlás)	11.
4. Frissbeton (konzisztencia, tulajdonság, telítettség)	16.
5. Betonok jelölése és minősítése (jellemző szilárdság)	22.
6. Betontervezés (tervezési feltételek, betonösszetétel)	28.
7. A beton készítése (előállítási technológiák)	34.
8. Beton-adalékszerek (plasztifikátorok, kötésszabályozók)	42.
9. A megszilárdult beton tulajdonságai	48.
10. Beton- és vasbeton szerkezetek korróziója	52.
11. A betonok minősítése és megfelelése	57.
12. Különleges betonok és betontechnológiák	61.

A szakipari anyagok témakör előadásai

1. Hő- és hangszigetelő anyagok	70.
2. Vízsigetelő anyagok	73.
3. Építési kerámiák és falazó anyagok	75.
4. Építő fák és faanyag védelem	80.
5. Fémek és betonacélok	85.
6. Építészeti üvegek és alkalmazásuk	92.
7. Műanyagok építőipari alkalmazása	96.

Vizsgakérdések az előadások témaköréből 98.

Az előadások anyagát összeállította: Prof. Dr. Orbán József
orbán.jozsef@mik.pte.hu

Kötőanyagok fogalma

Folyékony, vagy pépszerű állapotból

- kémiai és fizikai folyamatok hatására meghatározott idő alatt szilárdulnak
- megfelelő szilárdságot érnek el
- adalékanyagot összeragasztják

Kötőanyagok osztályozása

Levegőn szilárduló nem hidraulikus

- építési mész és gipsz

Gyengén hidraulikus kötőanyagok

- kohósalak és pernye (hidraulitok)

Hidraulikus kötőanyagok

- portland és aluminát cementek

Építési mész

Előállítása mészkőből: $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{+Q} \text{CaO} + \text{CO}_2$

- forgódobos- és aknakemencében (kb. 1000 C)

Dolomitos mészkő (magnézium): $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 + \text{MgO}$

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 \xrightarrow{+Q} \text{CaO} + \text{MgO} + 2\text{CO}_2$

kiegési °C: $\text{CaO} > \text{MgO}$ üveges fázis

Márga (agyagos mészkő): $\text{CaCO}_3; \text{SiO}_2; \text{Al}_2\text{O}_3; \text{Fe}_2\text{O}_3$

$\text{CaO} \times \text{SiO}_2$ és $\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$ is keletkezik
csökken a mész kiadóssága

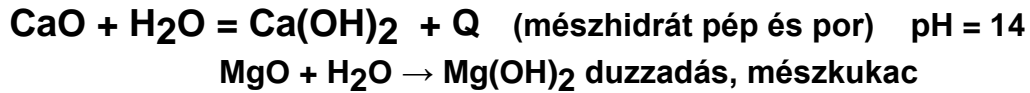
Mész égetése forgódobos kemencében



Darabos égetett építési mész: CaO

- Minőségi jellemzők:
- vegyi összetétel
 - portartalom
 - oltási idő
 - oltási maradék
 - mész-szaporaság

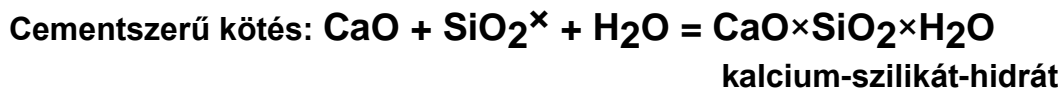
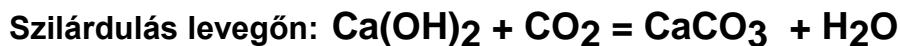
A mész oltása:



Építőiparban használt mészfajták:

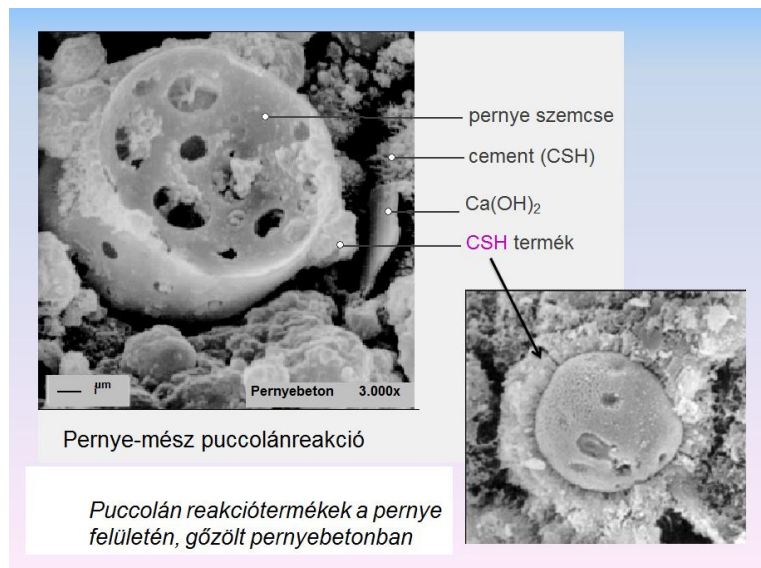
- építési mész: 28, 25, 20 liter pép/10kg
- építési dolomitos mész: 25, 20- as
- őrölt égetett építési mész
- mészhidrát por (32% víz)

Mész szilárdulása és kötése



A puccolánreakció feltételei:

- finom (őrölt) reakcióképes SiO_2^x
- magas C° és nyomás (autokláv)



A mész felhasználási területei:

- falazó- és vakoló habarcsok
- sejt betonok készítése (pórusbeton)
- talajszilárdítás, stabilizálás
- mészhomok téglá
- cementgyártás alapanyaga

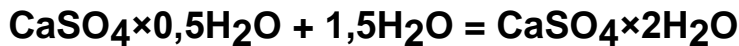
Építési gipsz

Előállítása gipszkőből: $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} + \text{Q} > \text{CaSO}_4 \times 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}$
forgókemence, autokláv (110 ÷ 180°C°)

Esztrich gipsz: $\text{CaSO}_4 + \text{CaSO}_4 \times \text{CaO} > 600\text{C}^\circ$
lassú szilárdulás, 30 N/mm²

REA gipsz

Gipsz szilárdulása és tulajdonságai



Tulajdonságai:

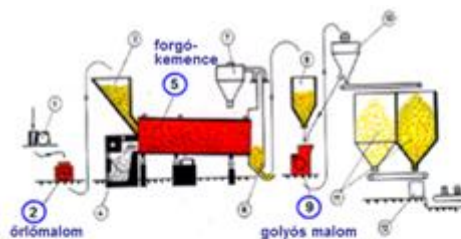
- + gyors kötés és szilárdulás, közepes szilárdság
- + alacsony testsűrűség, jó hőszigetelő képesség
- + tűzállóság
- magas vízfelvétel, oldódás, nem fagyálló
- acél korrózió

A gipsz minősítő tulajdonságai:

- őrlési finomság
- kötési idő kezdete és vége
- nyomószilárdság

Gipszek felhasználása:

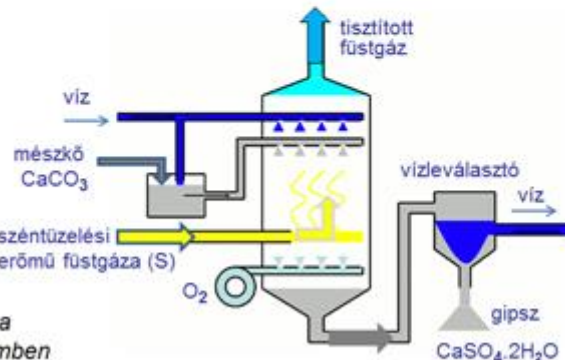
- gipszes habarcsok kötőanyaga
- díszítő elemek, műmárvány
- hő- és hangszigetelő anyagok
- válaszfalelem, álmennyezet



Építési gipsz előállítása forgókemencében



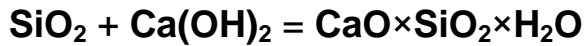
REA gipsz előállítása
füstgáz kéntelenítő üzemben



Erőműi pernyék

Gyengén hidraulikus kötőanyagok.

Cementszerű kötés és szilárdulás:

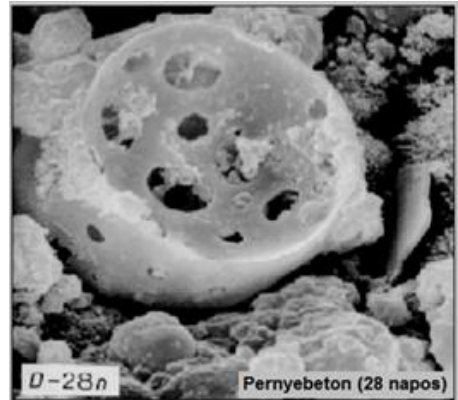


A puccolánreakció feltételei

- SiO_2
- autoklavozás

A pernyék építőipari alkalmazása:

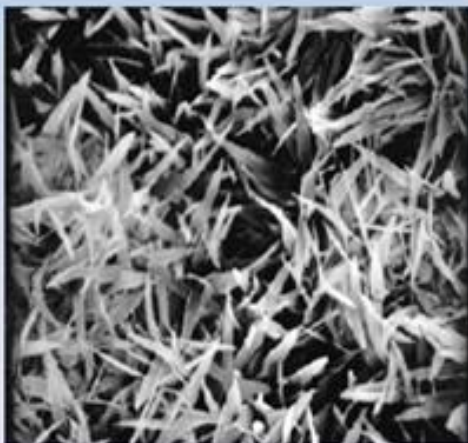
- hidraulikus cement-kiegészítők
- pernye gázbeton falazó-elemek
- beton adalék- és kötőanyag (C4, C6)
- pernye-mész kötőanyagú soványbeton
- pernyebeton a mélyépítésben



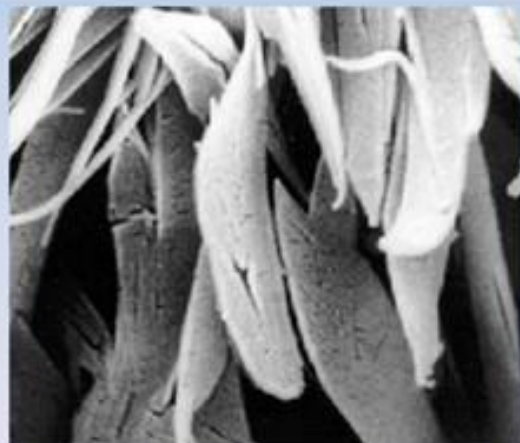
Pernye – mész reakció



Erőműi pernyék kémiai (oxidos) összetétele



Pernye - mész



Őrlött homok- mész

Puccolánreakció termékek

Cement, mint a beton kötőanyaga

Finomra őrölt hidraulikus kötőanyag, vízzel péppé keverve levegőn és víz alatt kőszerűen megszilárdul.

Cementek osztályozása:

1. Portland vagy szilikát cementek:

- 80% mészkő + 20% agyag
- zsugorodási hőmérsékleten égetik
- kohósalak és pernye hidraulit, mészkőörlemény
- hidratációkor stabil vegyületek keletkeznek

2. Aluminát cementek:

- mészkő + bauxit, ill. timföld nyersliszt
- bauxit cementben 40% CaO és 40% Al₂O₃
- gyors hidratáció, nagy kezdőszilárdság
- instabil vegyületek keletkeznek

3. Különleges cementek:

- különleges tulajdonságúak (gyorskötő)
- eltérő összetétel (fehércement, duzzadó)

A cementgyártás fázisai:

1. Nyersanyag termelés

- mészkő és agyag fejtése
- alapanyagok törése

2. Nyersanyag előkészítés

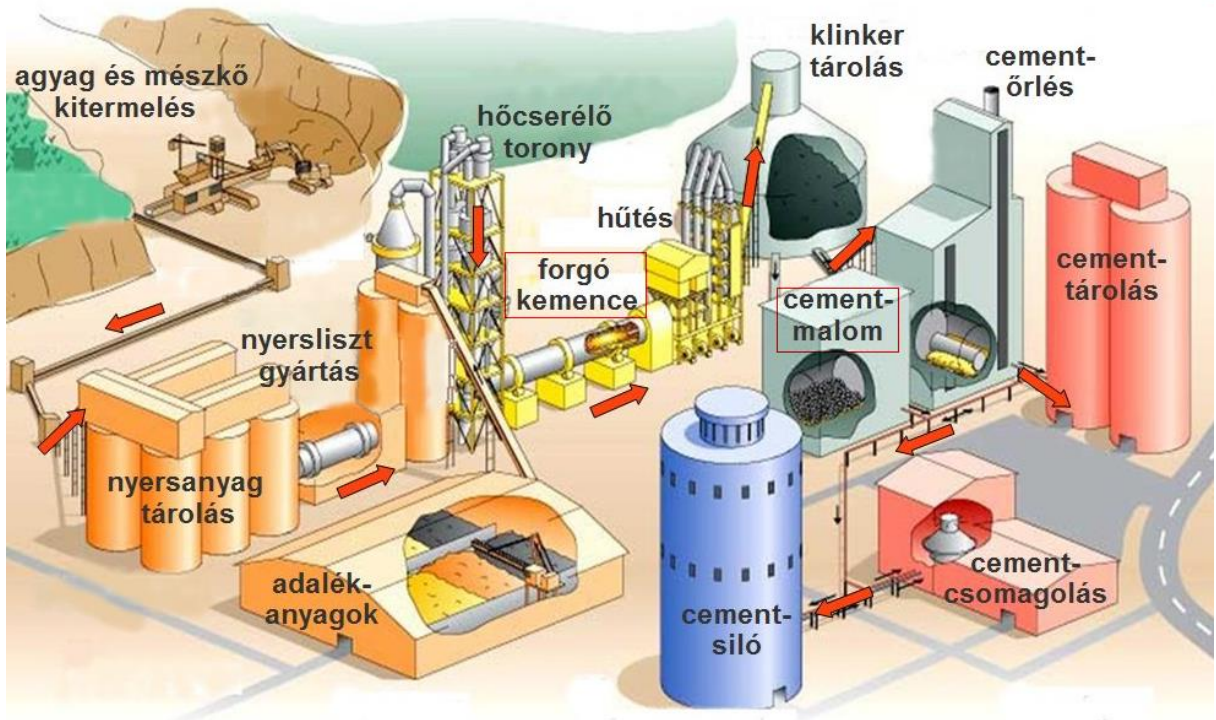
- száraz eljárás, lisztté őrlik
- nedves eljárás, iszappá őrlik
- homogenizálás, granulálás

3. Klinkerégetés

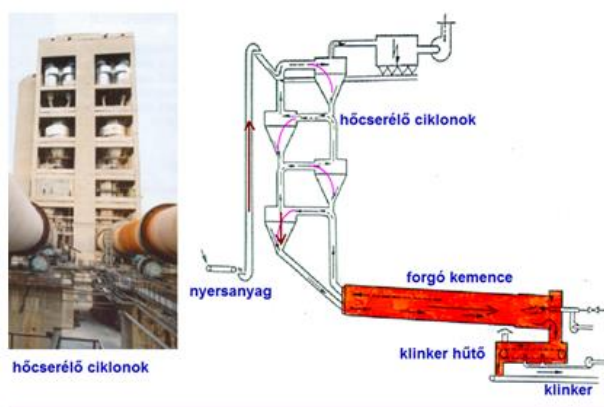
- szárítás, előmelegítés, kalcinálás
- zsugorítás (1450 ÷ 1550 °C) olvadékfázis
- hűtés (200 °C) klinker, üveges olvadék

4. Cement őrlése

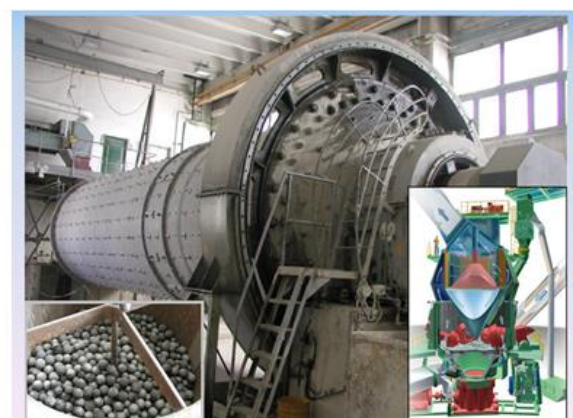
- golyós- és csőmalom
- vertikális görgős malom
- klinker + 4% gipszkő + hidraulitok + mézpor
- fajlagos felület: 240 ÷ 400 m²/kg D = 5 ÷ 30µm



Cementgyártás technológiája



Cementklinker előállítása Humboldt kemencében



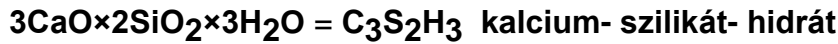
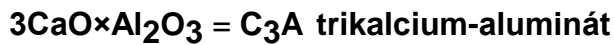
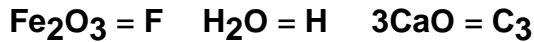
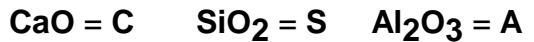
Cementklinker őrlése golyós- és görgős malomban



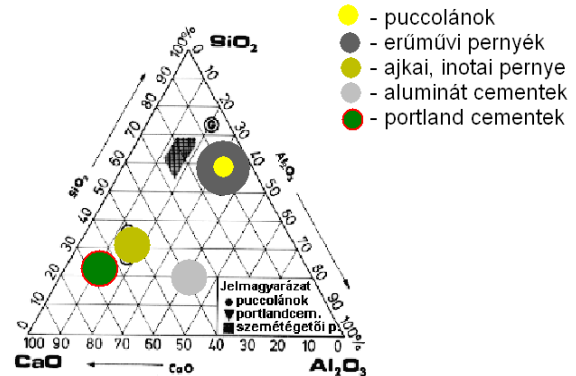
Cementgyártás berendezései és a gyár távlati képe

Kémiai és ásványi összetétel

Szilikátkémiai rövidítések:



Pc. klinker oxidos összetétele:



**Cementek és hidraulitok
a három összetevős rendszerben**

Portlandcement modulusai:

- AM aluminát modulus: $\text{AM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6 \div 3,5 > 0,54$

Portlandcement klinkerásványai:



nagy kezdőszilárdság, hidratációs hő



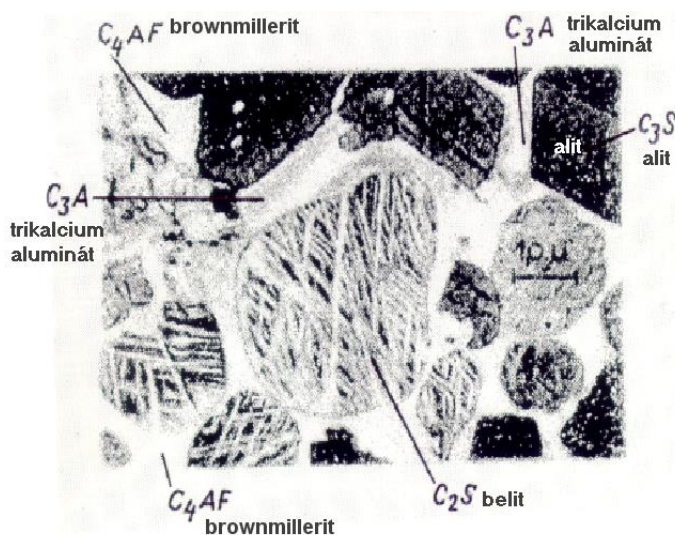
lassan szilárdul, kicsi hidratációs hő



növeli a zsugorodást és a duzzadást



kémiai ellenálló képességet növeli



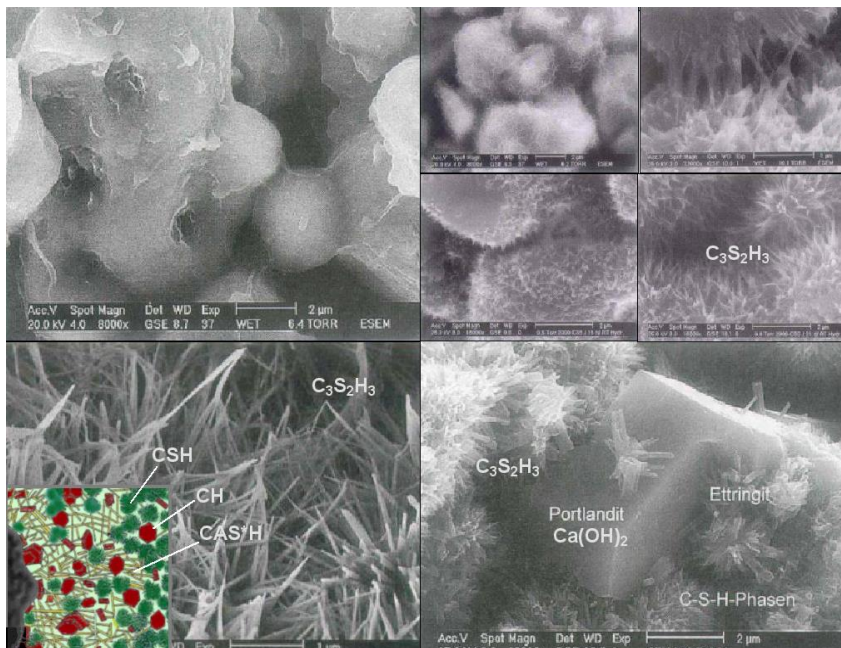
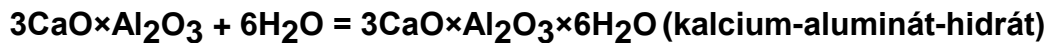
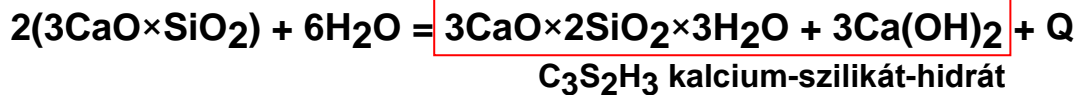
**Klinkerásványok
elhelyezkedése
a cementcsiszolat
mikroszkópos felvételén**

Cementek szilárdulása

A cement hidratációja:

- a cement kémiai reakciója vízzel
 - a klinkerásványokból hidrátok keletkeznek
 - a kémiai reakció termékei (kristályai) összekötik a cementszemcséket (kötőerő)
- hidratáció ..> kötés ..> szilárdulás (cementkő)

Klinkerásványok reakciója vízzel:



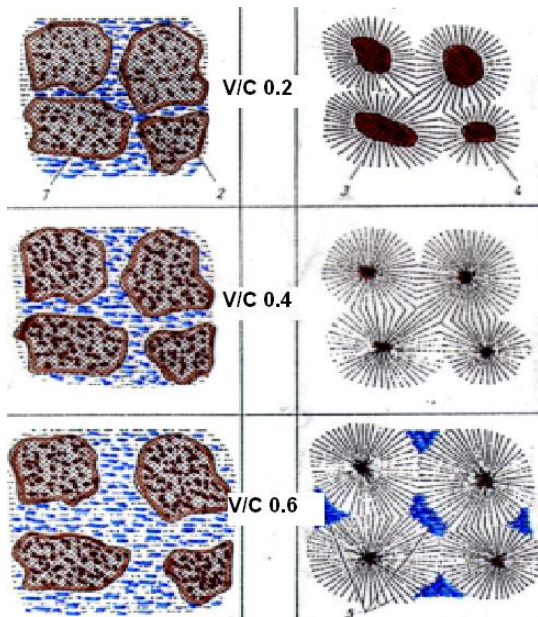
A cementhidratáció és szilárdulás folyamatai

A cementhidratáció fő jelenségei:

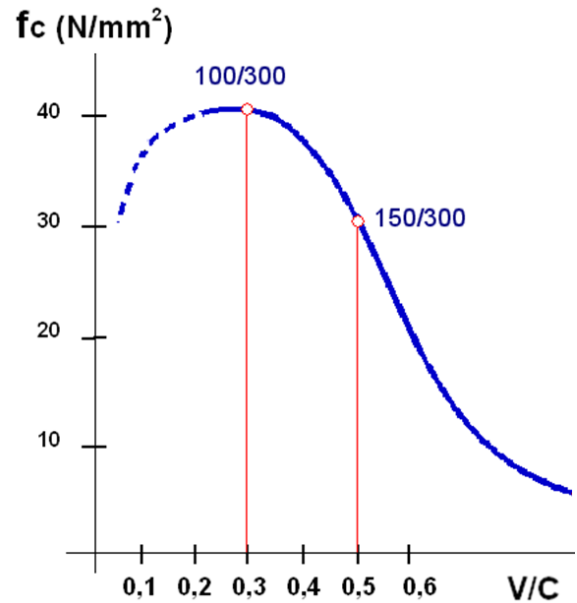
- kolloidiális oldat keletkezik
- cement felületén gélréteg jön létre
- gélrétegből kristályok válnak ki
- kristályok átfonódása, a kötés kezdete
- cementpép megdermed, kőszervé válik
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ szabadul fel, $\text{pH} > 12,6$
- CaCO_3 ; CSH; $\text{pH} < 11,2$ korrózió védelem!

A cementszilárdulás hatásai:

- csökken a kapilláris porozitás
- hidratációs hő keletkezik
- kötéslassítás, gyorsítás, utószilárdulás

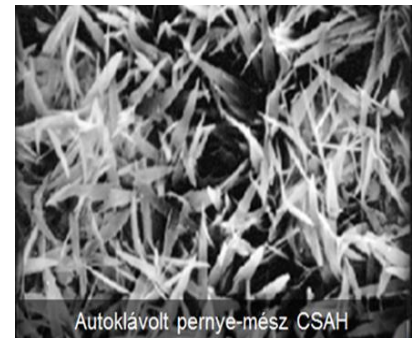
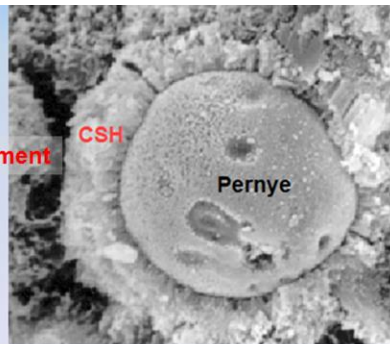
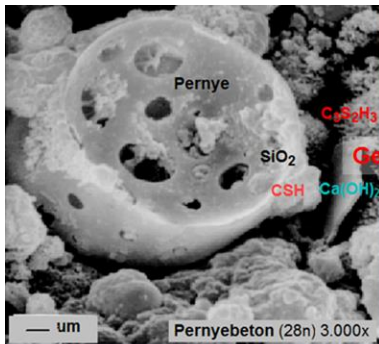


**Víz-cementtényező hatása
cement hidratációjára**

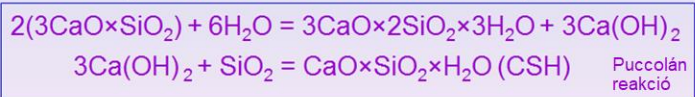


V/C hatása a beton nyomószilárdságára

Erőműi pernye részvétele a cement hidratációjában

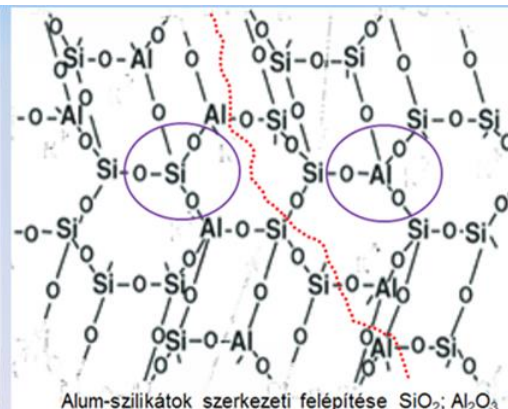
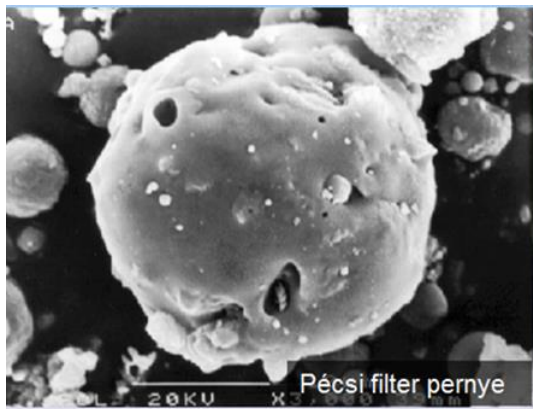


Pernyeadalékos cement hidratációs folyamatai



- Pernye hatása:**
- jelentős a beton utószilárdulása (utókezelés)
 - növekszik a beton végszilárdsága
 - növekszik a beton tömörsége (vízzáróság)
 - csökken a beton pH értéke (korrózióveszély)

Őrölve és autoklávozva



Portlandcementek tulajdonságai

1. Őrlési finomság

- Blaine készülék, fajlagos felület: m^2/kg
- finomsággal növekszik: vízigény, zs %, Q sebessége, kezdeti szilárdulás

2. Kötési idő

- Vicat féle készülék (kezdeté és vége)
- betontechnológiai szempontok ($45p \div 12ó$)
- befolyásolják: $°C$ v/c m^2/kg vegyszer

3. Térfogat állandóság

- cementlepény (víz- és főző próba)
- zsugorodást növeli: magas m^2/kg ; v/c
- duzzadás: szabad MgO; CaO % gipsz %

4. Szilárdság

- hasáb próbatest: $4 \times 4 \times 16$ cm
- 1/3 cement/homok v/c=0,5 képlékeny
- 28 napos hajlító és nyomószilárdság

CEM II/A-V 32,5 $f_{ck} = 32,5$ N/mm²



Cementek fajtái és jelölései

Portlandcement	: CEM I 42,5N	CEM I 42,5R
Kohósalak p. cement	: CEM II/A-S 42,5N	CEM II/A-S 32,5R
Pernye portlandcement	: CEM II/A-V 42,5N	CEM II/A-V 32,5R
Kompozit p. cement	: CEM II/B-M(V-L) 32,5N	

CEM - Európai cement

I; II - cement fajta: I - portlandcement

II - kohósalak-, pernye-, mészkőliszt pc.

III - kohósalak cement

A; B - hidraulit mennyiség (> 5; >20%)

S; V - kohósalak és pernye (hidraulit)

M(V-L) - kompozit (pernye és mészkőpor)

42,5 - nyomószilárdság f_{ck} (N/mm²)

R - nagy kezdőszilárdság (Rapid)

N - normális szilárdulású

S* - szulfátálló (AM = 0,54)

Cementek megnevezései:

CEM I-S 52,5 R0 szulfátálló portlandcement (klinker C_3A tartalma = 0%)

CEM II/A-M(S-V-L) 32,5 R nagy kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági oszt. granulált kohósalakot (S), pernyét (V) és mészkövet (L) tartalmazó komp. pc.

CEM II/B-M (S-LL) 32,5 N kompozit-portlandcement kohósalak és mészkő

CEM III/A-S32,5 LH kis hőfejlesztésű kohósalak cement

CEM III/B-S32,5 R5 szulfátálló kohósalak cement, (C_3A tartalma $\leq 5\%$)

CEM III/B-S32,5 N-LH/SR kis hidr. hőfejl. és szulfátálló kohósalak cement

CEM III/A-S32,5 N-MSR mérsékelten szulfátálló, norm. kezdőszil. ks. cem.

Cementek alkalmazási területei:

Portlandcementek:

CEM I 52,5N és CEM I 42,5N

- C25 ÷ C50 vasbeton nagy kezdőszilárdság
- vízzáró, fagyálló, kopásálló, feszített vb.

Kohósalak portlandcement:

CEM II/A - S42,5N és CEM II/A-S 32,5R beton és vasbeton szerkezetek

- C25 ÷ C50; előregyártás, f 100, vízzáró

Pernye portlandcement:

CEM II/A - V42,5N és CEM II/A-V 32,5R beton és vasbeton szerkezetek

- C25 ÷ C50; előregyártás, f 150, transzport

Kompozit portlandcement:

CEM II/A - M(V-L) 42,5N beton és vasbeton szerkezetek

- vízzáró beton, víz alatti betonozás
- nyári melegben; tömegbeton; f 50

Kohósalak cement:

CEM III/B-S32,5N

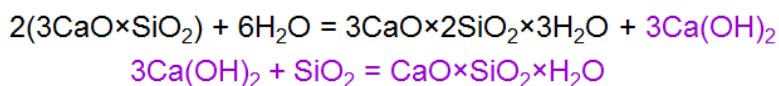
- mélyépítési műtárgyak, mérsékelten szulfátálló

Különleges cementek:

- tűzálló, timföld cementek
- duzzadó, aluminát cementek
- légpórusos cementek
- hidrofób cementek
- kis kötőhőjű cementek
- fehér és színes cementek

A cement kiegészítő (töltő) anyagai:

- erőműi pernyék (reakcióképes SiO_2 tartalom)
- kohósalak (granulált, őrlt)
- puccolánok (természetes trasz)
- szilikapor (mikroszilika, ferroszilicium gyártásakor)
- metakaolin (égetett és őrlt kaolin, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)



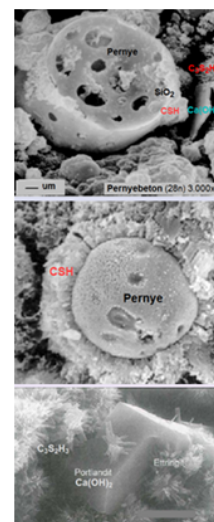
Alkalmazásukkal a cementet részben helyettesítik.

Figyelembe kell venni a „k” hatékonyságukat:

(puccolán aktivitás, mészkapacitás)

$X = V/C \rightarrow \text{Víz} / \text{Cement} + k \times \text{kiegészítő anyag tömege}$

„k” hatékonysági tényező értékei: 0,4 erőműi pernyék
0,6 kohósalak őrlemény
0,4 természetes puccolánok
1,0 szilikapor
1,0 metakaolin



A beton adalékanyagai

Adalékanyagok

Különböző szemnagyságú anyagok halmaza

- természetes és mesterséges
- folyami kavics és zúzalék (mészkö, bazalt)
- könnyű betonok adalékanyagai
- hőszigetelő betonok adalékanyagai



Szemnagyság szerinti csoportosítás:

- agyag < 0,002 mm
- iszap 0,002 ÷ 0,02 mm
- por 0,02 ÷ 0,063 mm
- homokliszt 0,063 ÷ 0,125 mm
- finomhomok 0,125 ÷ 1 mm
- durva homok 1 ÷ 4 mm
- apró kavics 4 ÷ 8 mm
- durva kavics 8 ÷ 32 mm
- nagy szemű kavics > 32 mm

Az adalékanyag tulajdonságai:

- közetfizikai jellemzők (geológia)
- tisztaság (agyag-iszap tartalom %, Cl, S) f< 1%, 3%, 6%
- szilárdság (szétaprózódás)
- tömegjellemzők (testsűrűség, hézagterfogat.)
- szemalak és felület (zömök, lemezes, sima)
- víztartalmi jellemzők (n%, n_f%, v%, v₁₆ %)
- szemszerkezeti tulajdonságok

Adalékanyag ellátás

Adalékanyag (homokos-kavics):

- kitermelés és osztályozás
- szállítás, tárolás és kezelés



Adalékanyagok szemszerkezeti tulajdonságai

- szemmegoszlás (szemmegoszlási görbe)
- legnagyobb névleges szemnagyság d_{max}
- finomsági modulus (m)
- szemmegoszlási görbe lefutása

Szemmegoszlás meghatározása

Szitavizsgálat:

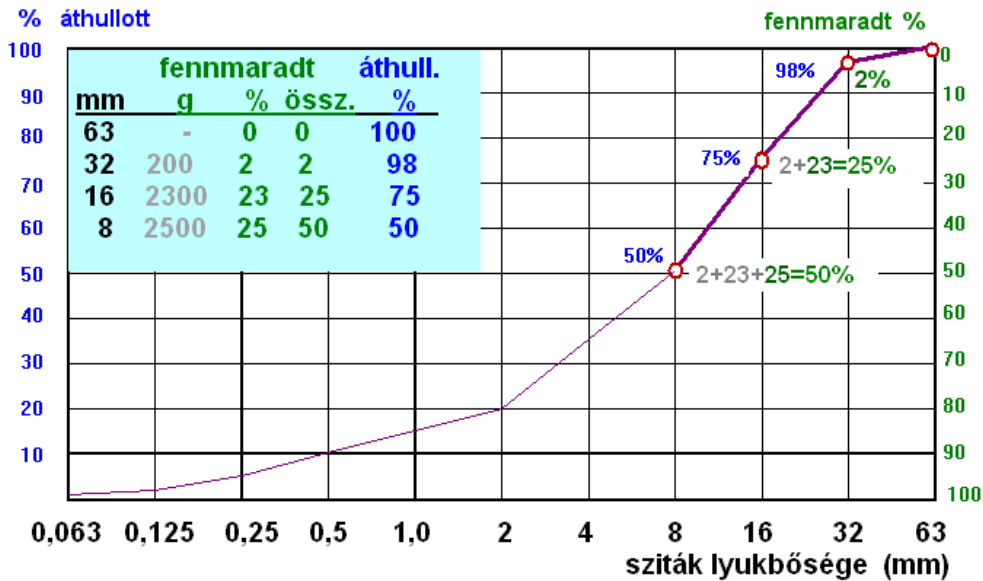
szitasorozat: 0,063 0,125 0,25 0,5 1 2 4 mm

rostasorozat: 8 16 32 63 125 mm

- adalékanyag kiszáritása (10.000g)
- rostálás
- rostákon és szitákon fennmaradt m%

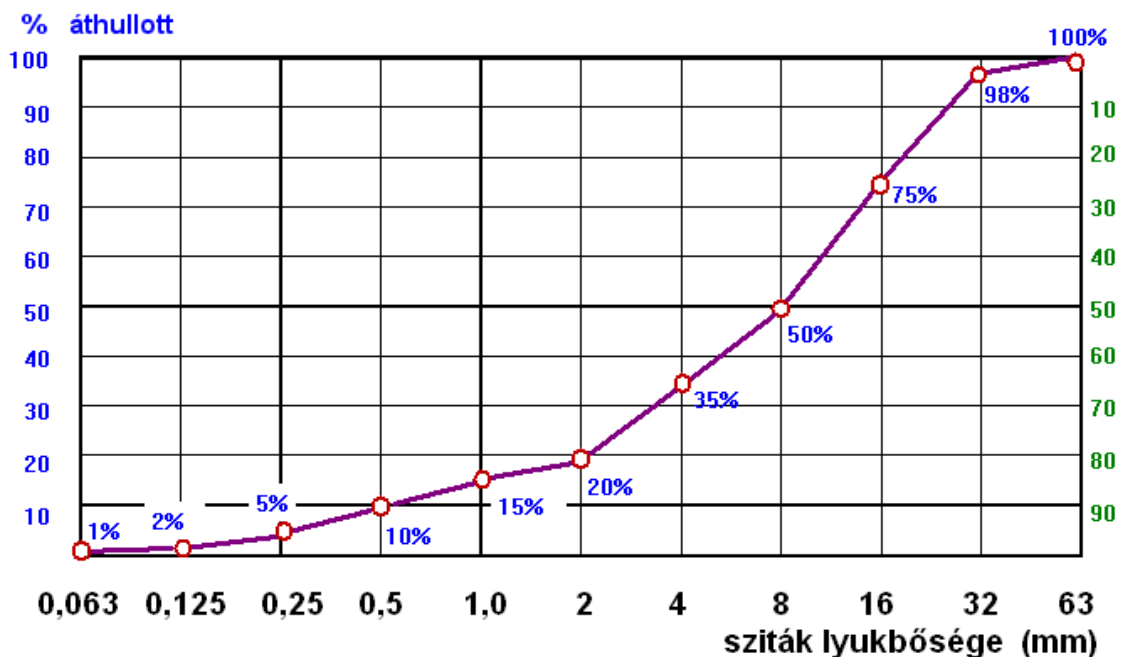
mm	fennm. áthull.		
	%	össz %	
63	0	0	100
32	2	2	98
16	23	25	75
8	25	50	50
4	15	65	35
2	15	80	20
1	5	85	15
0,5	5	90	10
0,25	5	95	5
0,125	3	98	2
0,063	1	99	1
0,00	1	100	0
-	100		

- számítás (áthullott tömeg m%)



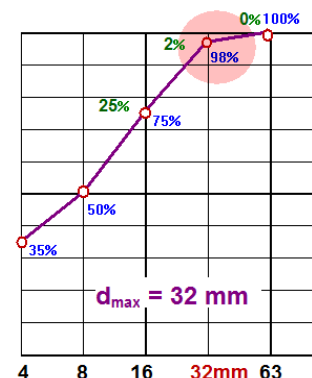
- szemmegoszlási görbe (megrajzolása)

- szemmegoszlás minősítése (jellemzése)



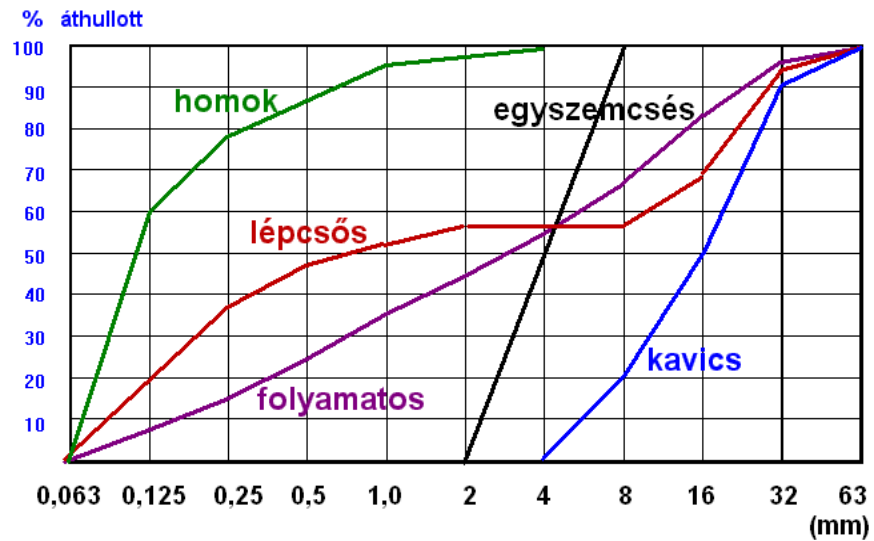
A szemmegoszlási görbék jellemzői:

1. Homok- és kavicsstartalom: 4 mm rosta m%
~ szemmegoszlási görbe
2. d_{max} . legnagyobb névleges szemnagyság:
 - rosta méret (fennmaradt m% < 5%)
 - a legkisebb szerkezeti méret 1/3, 1/4
 - a betonacél távolság között áthull. 90%
 - feszített vb. szerkezet: $d_{max} < 24$ mm



3. Szemmegoszlási görbe lefutása: (grafikon)

- folyamatos, lépcsős és egyszemcsés
- homok és kavics

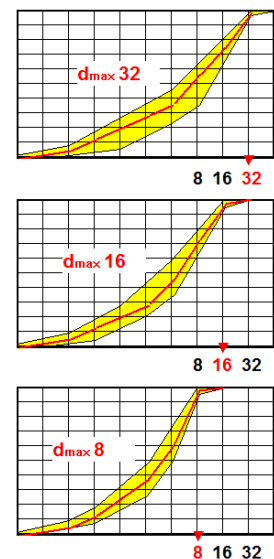
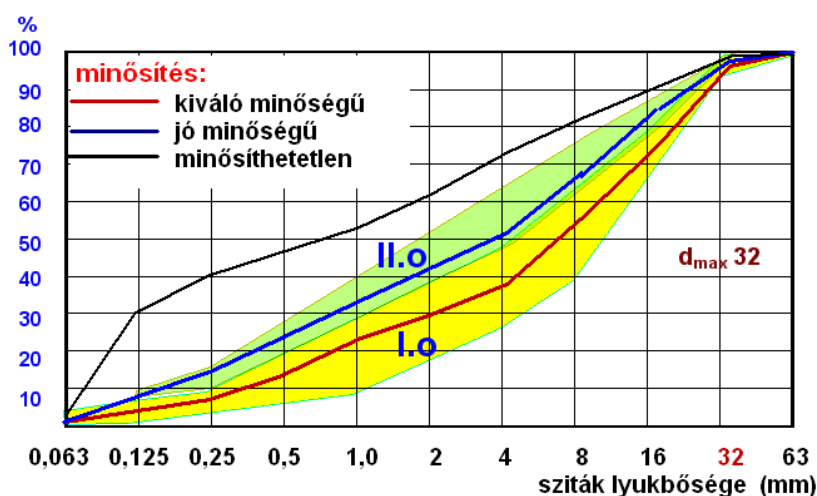


4. Betontechnológiai jellemzők:

- hézagterefogat ($225 \div 300 \text{ liter/m}^3$)
- fajlagos felület (vízigény)
- cementpép igény (telítettség)
- finomrész tartalom ($< 0,25 \text{ mm}$)
 cement + agyagiszap + por + liszt + finomhomok $> 400 \text{ kg/m}^3$
- finomrész hiány

A szemmegoszlás minősítése

Minősítés határgörbék alapján: I. oszt. kiváló minőségű
 II. oszt. jó minőségű
 Minősíthetetlen



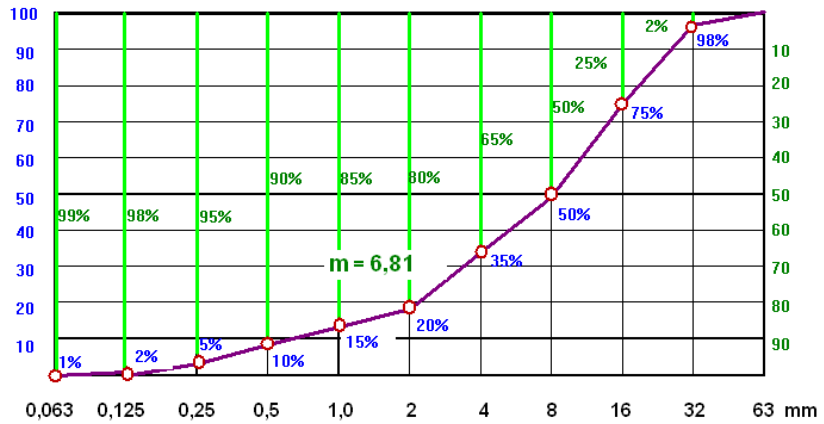
Határgörbék: d_{max} szerint

Minősítés finomsági modulus alapján:

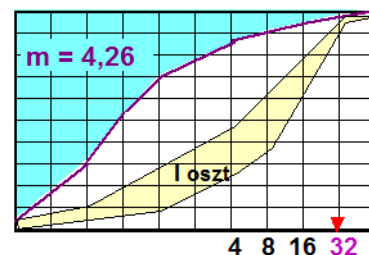
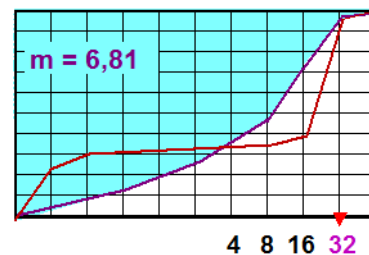
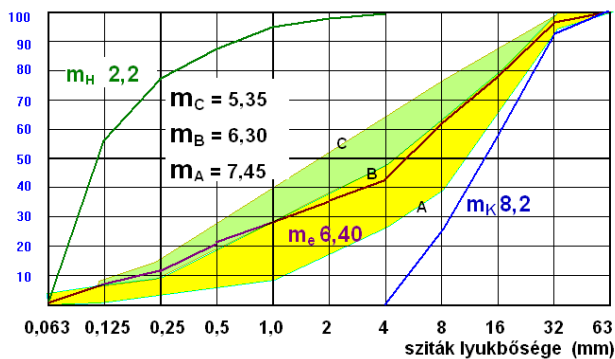
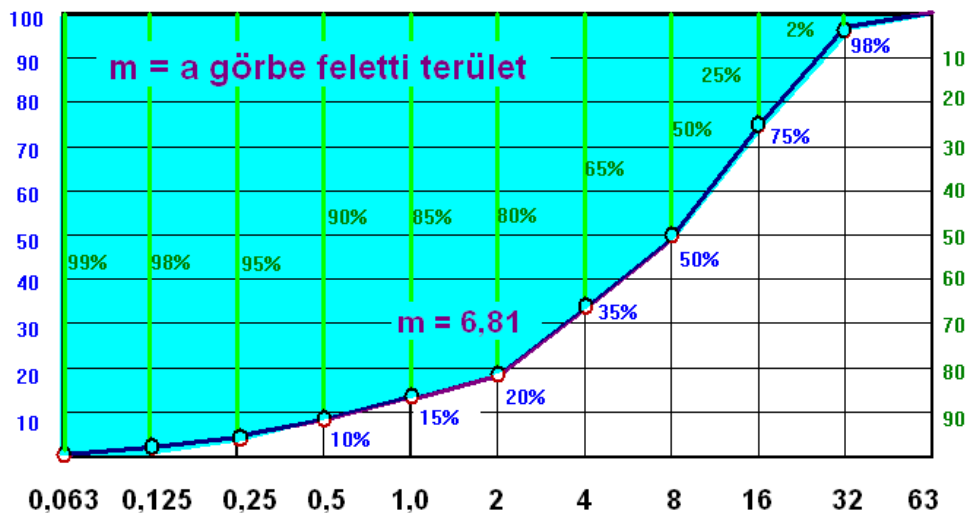
- a szitákon fennmaradt m% -ok összege/100
- finomsági modulus „m” értelmezése

A szitákon fennmaradt m%:

63 mm	0%
32	2
16	25
8	50
4	65
2	80
1	85
0,5	90
0,25	95
0,125	98
0,063	99
<hr/>	
	681%



finomsági modulus: $m = \text{fennmaradt m\%} / 100 = 681\% / 100 = 6,81$



- Szemmegoszlás jellemzése:**
- d_{max}
 - m (f. modulus)
 - a görbe lefutása

Szemmegoszlás javítása

A szemmegoszlás javításának módszerei:

1. Méreten felüli szemcsék leválasztása
2. Hiányzó frakció pótlása
3. Homok, illetve kavics hozzákeverése
4. Homok és kavics frakcióra bontással, és megfelelő arányú keveréssel

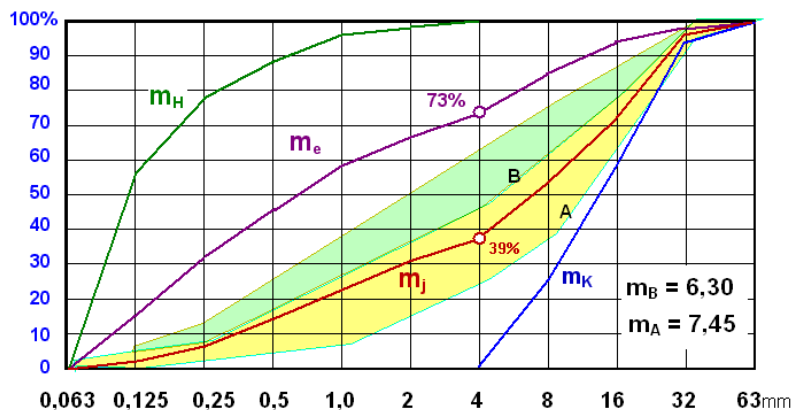
~ eredeti szemmegoszlás: m_e

~ szétválasztás: homok m_H és kavics m_K

~ javítandó szemmegoszlás (követelmény görbe): m_j

~ új keverési arányok kiszámítása: a_H , a_K

~ javított szemmegoszlás ellenőrzése



$$m_e = 4,2$$

$$m_H = 2,8$$

$$m_K = 8,4$$

$$m_j = 6,8$$

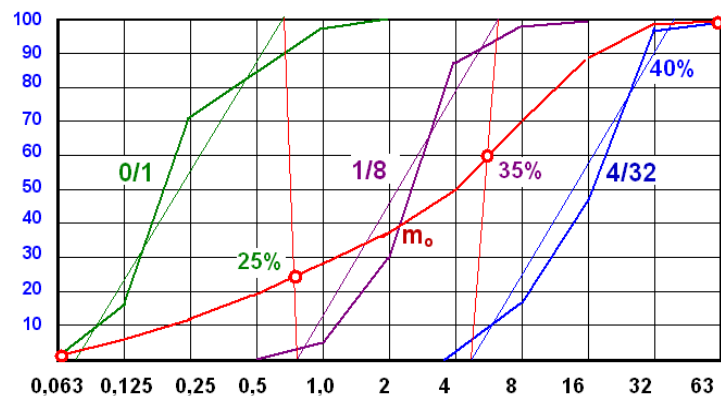
$$a_H + a_K = 1 \quad 100\%$$

$$a_H \cdot m_H + a_K \cdot m_K = m_j \times 1$$

$$a_H = \frac{m_K - m_j}{m_K - m_H} = 0,39 \quad a_H = 39\%$$

$$a_K = 61\%$$

Előírt szemmegoszlás előállítás több frakcióból



Egymást átfedő frakciók:

0/1 mm - finom homok frakció : 25%

1/8 mm - gyöngykavics frakció : 35%

4/32 mm - kavics frakció : 40%

m_o - követelmény görbe

Betonkeverék és frissbeton

Betonkeverék:

- megkevert nyers beton
- cementkötés még nem észlelhető
- zsaluzatba még nem dolgozták be

Frissbeton:

- betömörített kiindulási anyag
- tulajdonságai befolyásolják a megszilárdult beton tulajdonságait

A betonkeverék jellemzői:

- keverési arány
- víz-cement tényező
- bedolgozási tényező
- konzisztencia

Keverési arány

A betonalkotók tömegaránya,
a cement tömegéhez viszonyítva
cement : víz : adalék = 1 : 0,5 : 5

Víz-cement tényező

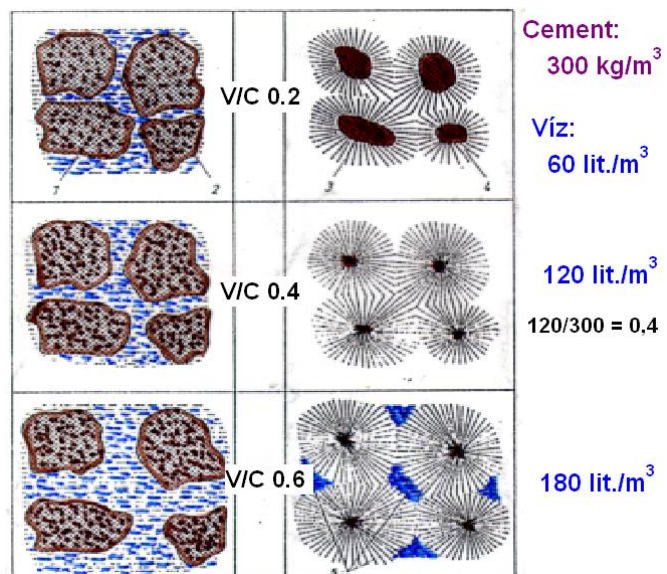
A víz és a cement tömegének aránya: $X = V/C$

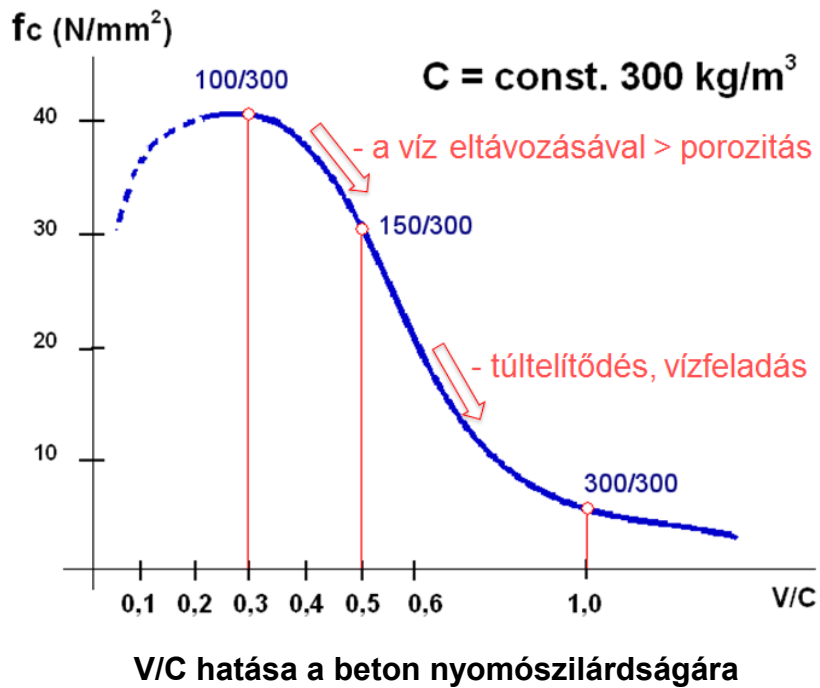
$$V = V_{kev.} + V_{ad.fel.} - V_{ad.1ó.} - V_{pár.} \text{ (lit./m}^3\text{)}$$

$V_{kev.}$ - betonkeveréshez használt víz
 $V_{ad.fel.}$ - nedvesség tartalom V_f m%
 $V_{ad.1ó.}$ - 1órás vízfelvétel m%
 $V_{pár.}$ - párolgási veszteség (lit./m³)
 C = cement tömege kg/m³

A víz-cement tényező hatása:

- ~ a cement hidratációjára
- ~ a beton szilárdságára
- ~ a beton zsugorodására





Bedolgozási tényező (β):

$$\beta = V_{\text{láda(adalék)}} / V_{\text{frissbeton}} \quad \beta > 1 \div 1,2$$

- Befolyásolják:
- adalékanyag hézagterfogata
 - konzisztencia (vízmennyiség)
 - bedolgozás mértéke (levegő tar)

$$C \text{ tömörítési mérték} = V_{\text{lazabeton}} / V_{\text{tömörbeton}}$$



Utólagos vízadagolás és átkeverés hatása a beton tulajdonságára



Frissbeton konzisztenciája

Konzisztencia: - a friss betonkeverék mozgékonyága
 - bedolgozási munkaigénye, folyékonyága
 - mérőeszkővel vizsgálva, számszerű adat

Konzisztenciák jelölései: AFN - alig földnedves
 FN - földnedves
 KK - kissé képlékeny
 K - képlékeny
 F - folyós
 Ö - önthető

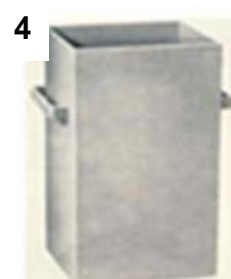



Konzisztencia osztályok

Roskadási osztályok: S1; S2; S3; S4; S5
Területi osztályok : F1; F2; F3; F4; F5; F6
VEBE osztályok : V0; V1; V2; V3; V4
Tömörítési osztályok: C0; C1; C2; C3

Konzisztenciamérő eszközök:

1. Abrams-féle roskadásmérő kúp (S)
2. Területést mérő ejtőasztal (F)
3. Vebe méter, vibrációs idő (V)
4. Walz-féle tömörítés mérő edény (C)



Konzisztencia	MSZ 4714 szerint	Konzisztencia osztályok MSZ 4798-1 szerint	
	Roskadás (mm)	Roskadási osztályok	Roskadási mérték, mm
	KK 20 - 40	S1	10 - 40
	K 41 - 100	S2	50 - 90
	F > 100	S3	100 - 150
		S4	160 - 210
	S5*		220 ≤
	Terület (cm)	Területi osztályok	Területi mérték, mm
	FN < 35	F1*	≤ 340
	KK 36 - 42	F2	350 - 410
	K 43 - 50	F3	420 - 480
	F > 50	F4	490 - 550
		F5	560 - 620
	F6*		630 ≤
	Átformálás (sec)	VEBE osztályok	VEBE-méteres átformálási idő, s
	FN 50 - 21	V0*	≥ 31
	KK 20 - 8	V1	30 - 21
	K 7 - 3	V2	20 - 11
		V3	10 - 6
	V4*		5 - 3
	Tömörödés	Tömörítési osztályok	Tömörítési mérték
	FN 0,70 - 0,75	C0*	≥ 1,46
	KK 0,76 - 0,85	C1	1,45 - 1,26
	K 0,86 - 0,92	C2	1,25 - 1,11
	F 0,93 - 0,97	C3	1,10 - 1,04

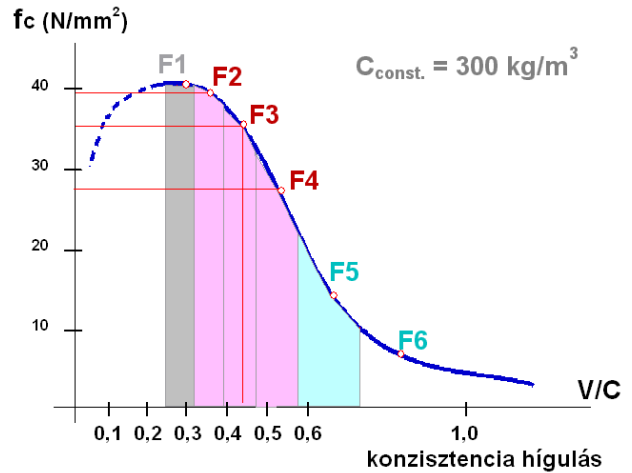
Konzisztencia mérőszámok összehasonlítása

Konzisztencia hatása:

- ~ a beton szilárdságára
- ~ a beton bedolgozhatóságára

Konzisztenciát meghatározzák:

- ~ a tömörítési módszer
- ~ vb. szerkezet mérete és alakja
- ~ a vasalás sűrűsége
- ~ zsaluzat



A bedolgozott frissbeton jellemzői

Készítési testsűrűség: $\rho_{t(friss)} > \rho_{t(légszárász)} > \rho_{t(szárász)}$

2380 kg/m³ 2320 kg/m³ 2290 kg/m³

Betonösszetétel: - tervezett és tényleges
- tömeg és térfogat szerinti

A beton tömeg szerinti összetétele: C : V : A = 1,0 : 0,5 : 5

A beton térfogat szerinti összetétele: $V_{v\acute{i}z} + V_{cem} + V_{ad} + V_{lev} = 1000 \text{ liter}$

Víztartalom (1 kg/lit)	: 183 kg	183 lit
Cementtartalom (3,1 kg/lit)	: 367 kg	118 lit
Adalékanyag (2,63 kg/lit)	: 1.830 kg	694 lit
Levegőtartalom (5-20 lit/m ³)	: -	5 lit
Összesen	: 2.380kg/m³	1.000 lit

A levegőtartalom függ:

- a konzisztenciától
- a bedolgozás mértékétől
- szemszerkezet hézagterfogatától (Vh)
- a cementpép telítettségétől



Zöldszilárdság: $0,2 \div 0,5 \text{ N/mm}^2$ (kohézió)

- S1 betonok azonnali kizsaluzása
- zsaluzat nélküli betonelem gyártás



Szétosztályozódás:

- adalékanyag leülepedése szállításkor
- szegregálódás zsaluzatba öntéskor
- cementlé felúszása vibrálásor

Térfogatvesztés (töppedés) zsugorodás (repedés)

A frissbeton telítettsége

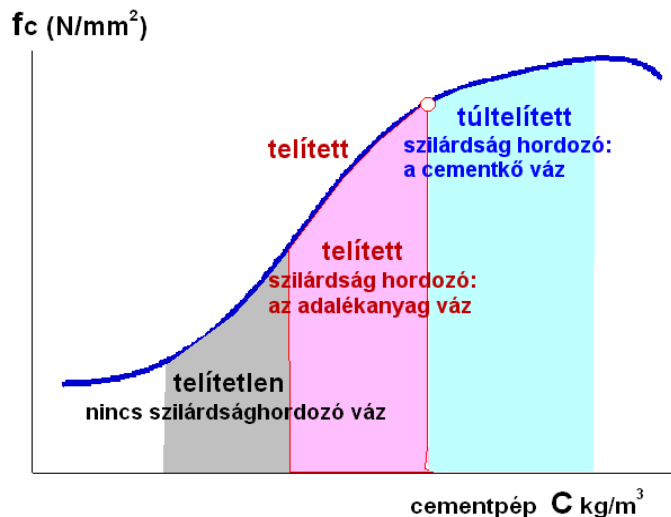
- Telítettség mértéke:
- telítetlen beton (telítettség < 100%)
 - telített beton (telítettség = 100%)
 - tútelített beton (telítettség > 100%)

A telített frissbetonban a cementpép:

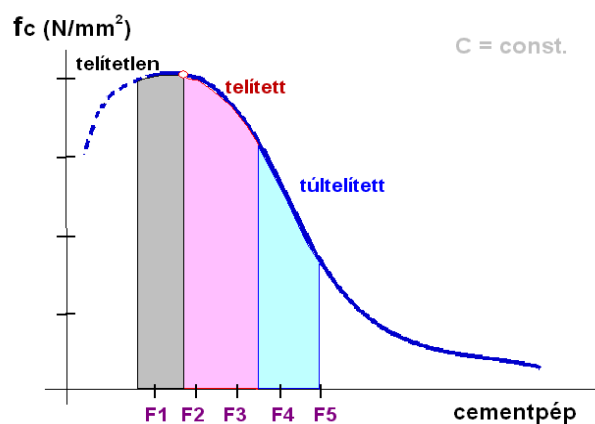
- az adalékanyag-váz hézagait éppen kitölti
- adalékanyag szemcsék felületét bevonja

Telítettség hatása:

~ a beton szilárdságára



~ a beton konzisztenciájára



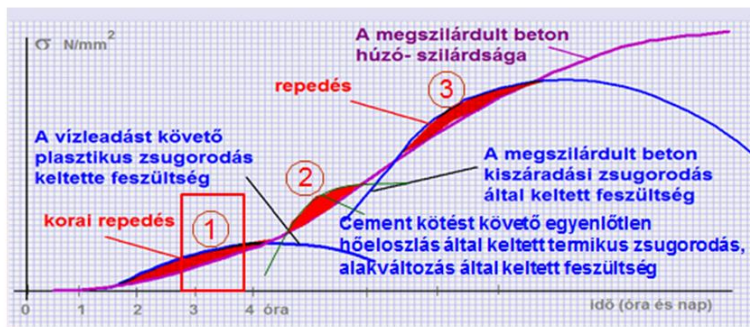
Az adalékanyag hézagterfoga: V_h

- megállapítása vizes adalékanyaggal
- szemszerkezettől függően: $220 \div 300 \text{ lit./m}^3$

Telítetlen beton: cementpép hiány (%)

Tútelített beton: cementpép többlet (%)

Frissbeton zsugorodása és repedése



1. **Plasztikus zsugorodás**
 - gyors vízvesztés
 - töppedés,
2. **Termikus zsugorodás**
 - hőmérséklet különbség
 - alakváltozás 10 ó ÷ 1 hét
3. **Száradási zsugorodás**
 - víz eltávozása
 - térfogat csökkenés

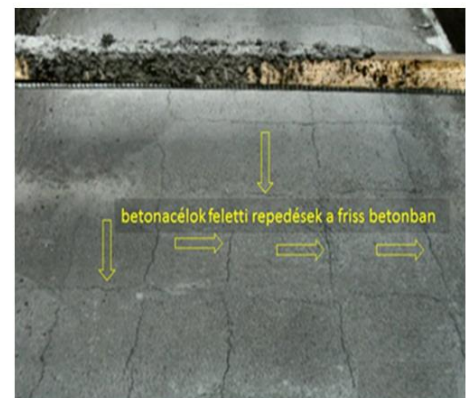
A beton kötése- és szilárdulása közötti zsugorodási jelenségek

A korai (plasztikus) zsugorodást kiváltó okok:

- túlzott vízadagolás (magas V/C)
- a gyors vízvesztést követő térfogatváltozás
- cementpép tútelítettség (magas C)
- túlzott idejű keverés (> 2 óra és átkeverés)

Védelem:

- utóvibrálás
- fólia takarás
- felületi bedörzsölés



Követelmény:

A cementmárkát, a beton szilárdságához kell igazítani

- nagyszilárdságú C30/37 betonhoz CEM 52,5
CEM 32,5 alkalmazásával tútelített beton
- alacsony szilárdságú C8/10 betonhoz CEM 32,5
CEM 52,5 alkalmazásával telítetlen beton
- optimális cementpép mennyisége: kb.: 250 lit./m^3
- optimális cementmennyiség : kb. 300 kg/m^3

Betonok jelölése és minősítése

A beton nyomószilárdság-jelölésének értelmezése: pl. B280 → C25/30

- dimenzióváltozás (kp/cm², N/mm²)
- próbatestek mérete változott: 20 cm → 15 cm kocka és Ø henger
- átlagszilárdság helyett minősítő szilárdság, σ figyelembevétele

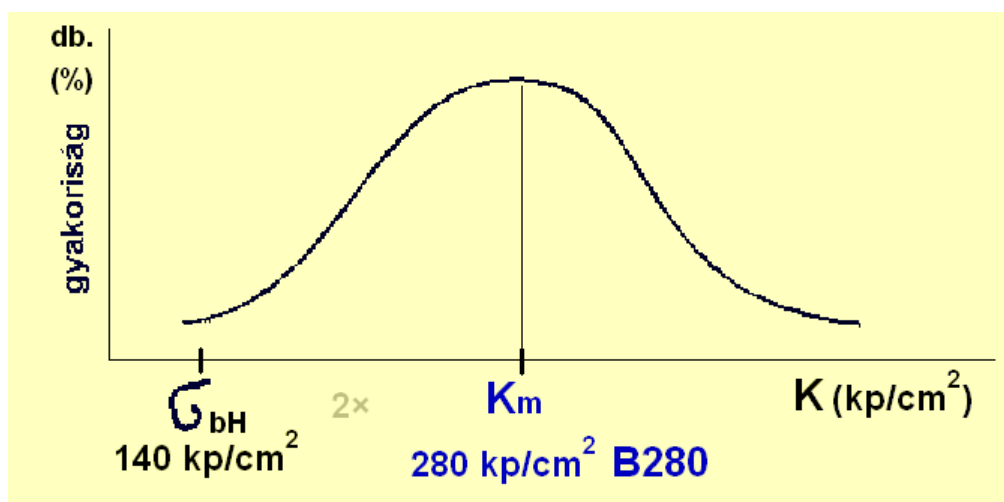


A próbatestek alakjának és méretének hatása a szilárdságra

A beton minősítésének változásai:

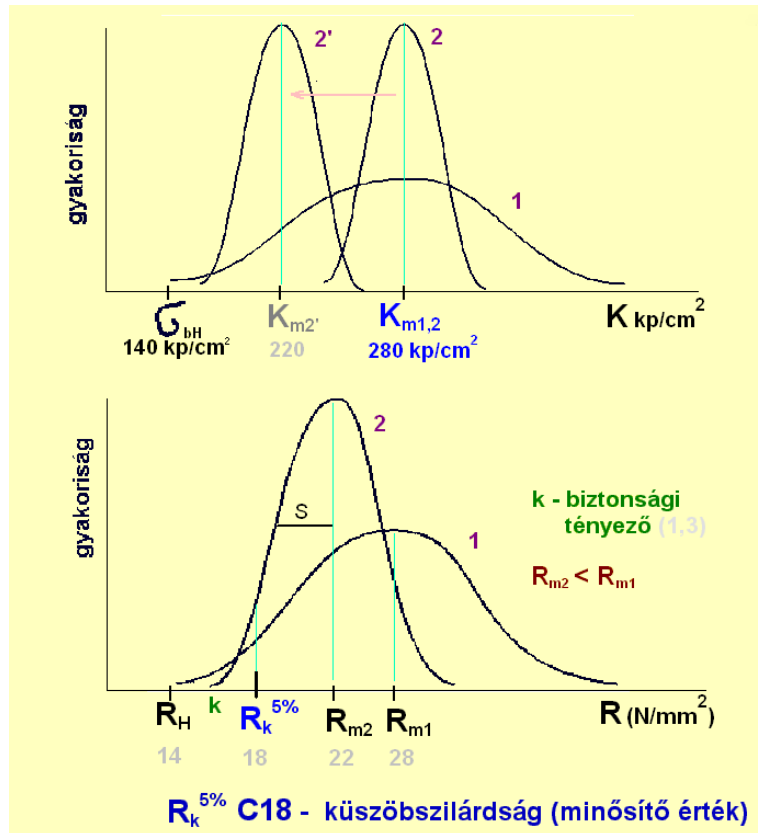
1. B280 átlag szilárdság alapján

K_m – átlagszilárdság, betonkockán mérve



2. C18 minősítő szilárdság alapján

$R_k^{5\%}$ - 5% küszöbszilárdság, hengeren meghatározva
S (szórás) figyelembevétele



3. C30/37 előirt, jellemző nyomószilárdság alapján

$f_{ck, cyl}$ (karakterisztikus érték, henger/kocka)

f_c - a beton nyomószilárdsága

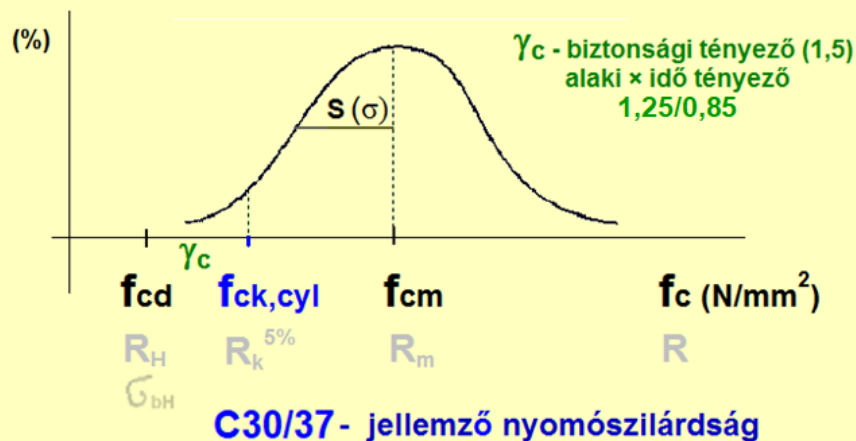
f_{cd} - tervezett nyomószilárdság (számítási érték)

$f_{ck, cyl}$ - a beton jellemző (előirt) nyomószilárdsága

5% - os alulmaradáshoz tartozó

karakterisztikus érték, hengeren vizsgálva

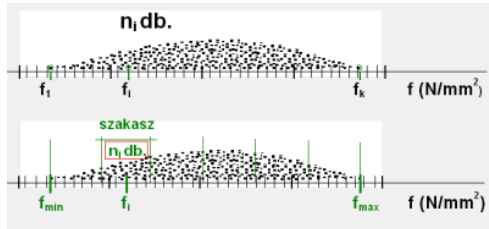
f_{cm} - a beton átlagos nyomószilárdsága



Sűrűség és eloszlás függvény

Gyakoriság vizsgálat:

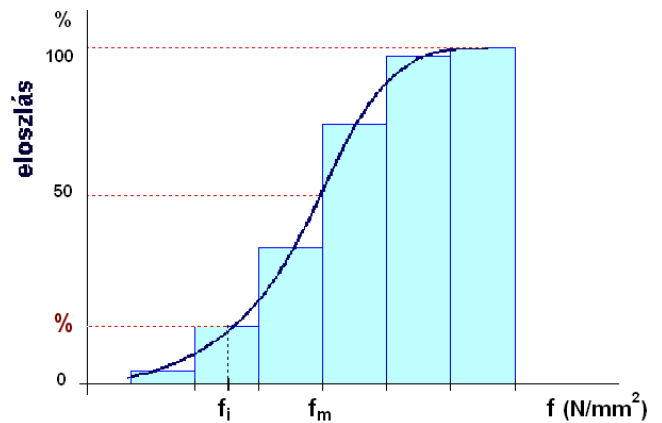
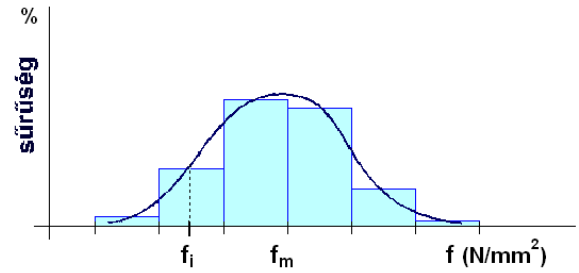
$R_1 \dots R_i \dots R_k$ R_i - szilárdság MPa
 $n_1 \dots n_i \dots n_k$ n_i - előfordulás (db)



Sűrűség függvény
 (relatív gyakoriság)

$f_1 = n_1/N \dots f_i = n_i/N$
 N - vizsgálat száma összes db.

Sűrűség és eloszlás függvény



Jellemző nyomószilárdság, előírt érték

- Gauss-féle haranggörbe
- Student-féle eloszlás
- S ; σ szórás érték

Jellemző nyomószilárdság:

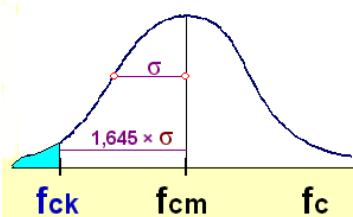
$$f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \times \sigma$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 1,645 \times \sigma$$

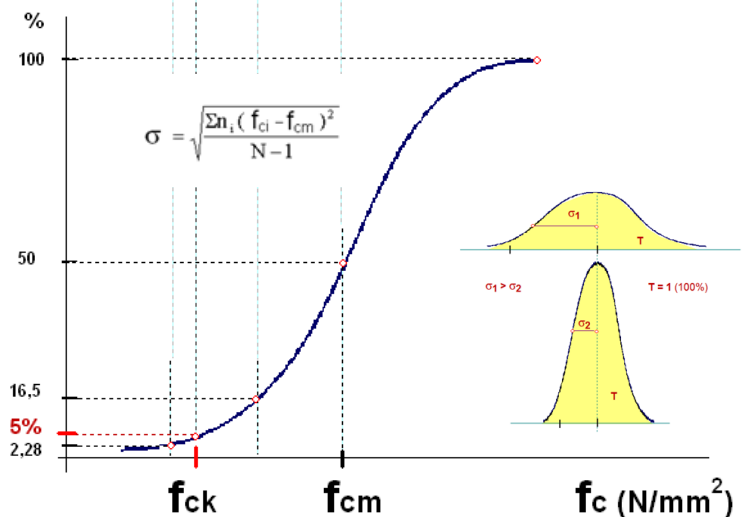
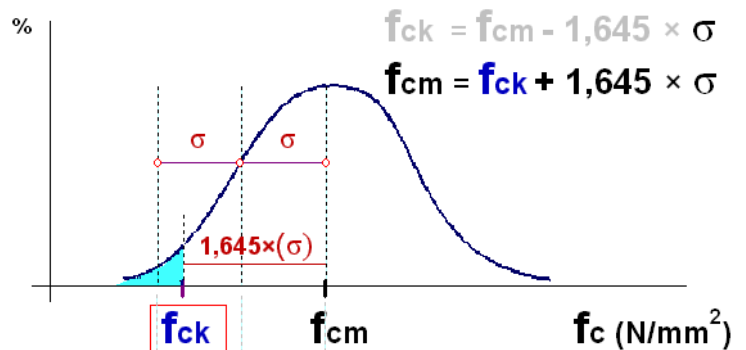
$f_{ck, cyl}$ - hengeren

$f_{ck, cub}$ - kockán

f_{cm} - átlagszilárdság



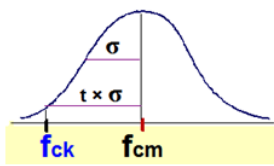
f_{ck} 5%-os alulmaradási valószínűséghez tartozó jellemző szilárdság karakterisztikus érték



A jellemző- és átlagszilárdság összefüggése

Átlagos nyomószilárdság meghatározása:

$$f_{cm} = f_{ck} + 1,645 \times \sigma$$



t - darabszám tényező

$$N \geq 40 \text{ db. } t = 1,645$$

$$N = 15 \quad t = 1,76$$

$$N = 10 \quad t = 1,81$$

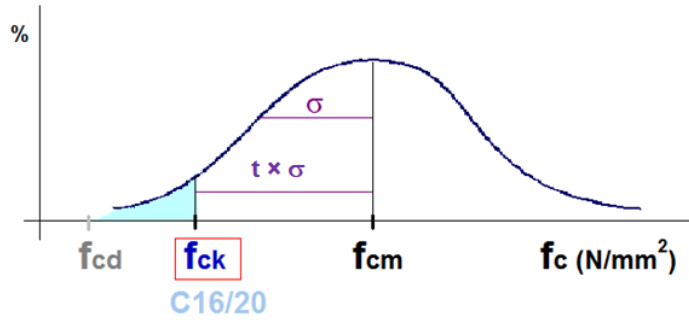
$$N = 3 \quad t = 2,92$$

σ - szórás érték:

$$2 \div 6 \text{ N/mm}^2$$

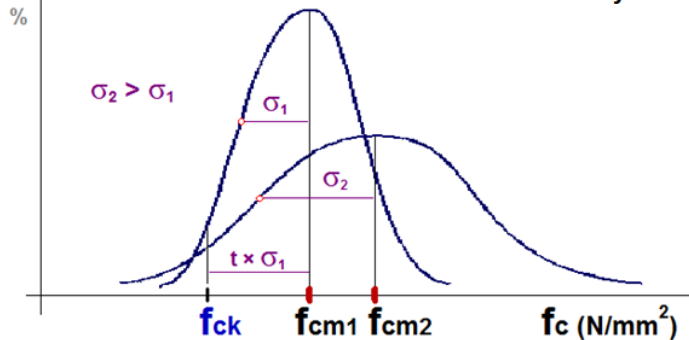
A beton szórás értékét befolyásolják:

- technológiai fegyelem
- azonos tulajdonságok
- egyenletes minőség



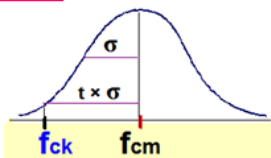
$$f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma$$

t- darabszám tényező



A jellemző nyomószilárdság alkalmazása

MSZ 4798 szerint:



$$f_{cm} = f_{ck} + t_n \times \sigma$$

$$(t_{\text{student}}: t_n \geq 40 = 1,645)$$

Egyenletes minőség: $\sigma_1 < \sigma_2$

$$f_{cm1} < f_{cm2} \text{ és } C_1 < C_2$$

Eurocode 2 szerint:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad t = 1,645 \quad (\sigma = 5)$$

MSZ EN 206 szerint:

$$f_{cm} = f_{ck} + \lambda_n \times \sigma$$

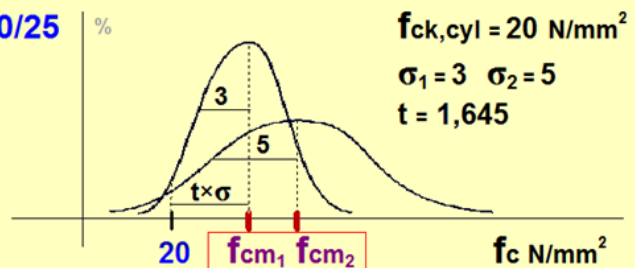
$$(\lambda_{\text{Taerwe}}: \lambda_n \geq 15 = 1,48)$$

Taerwe f. megfelelés esetén

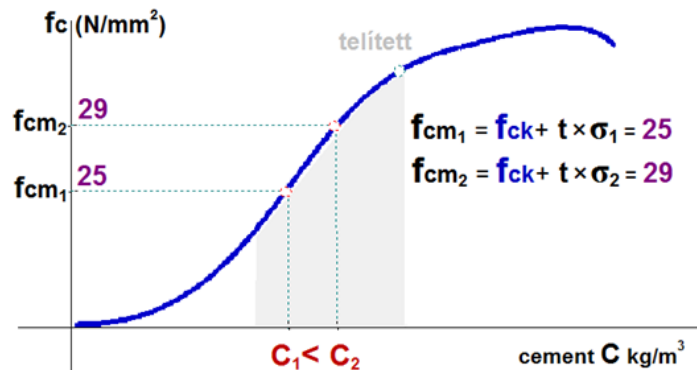
$$f_{cm} = f_{ck} + 4 \quad (\sigma = 3)$$

Mintaszám n	Student- tényező t_n	Taerwe- tényező λ_n
3	2,920	2,67
6	2,015	1,87
9	1,860	1,67
15	1,761	1,48
∞	1,645	

C20/25

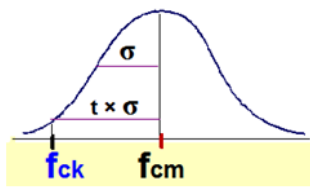


f_c (N/mm²)



A szórás (σ) hatása a beton szilárdságára (f_{cm}) és a beton cementszükségletére

MSZ 4798 szerint:



$$f_{ck} = f_{cm} - t_n \times \sigma$$

($t_{Student}: t_n \geq 40 = 1,645$)

EuroCode 2 szerint:

$$f_{ck} = f_{cm} - 8 \quad t = 1,645 \quad (\sigma=5)$$

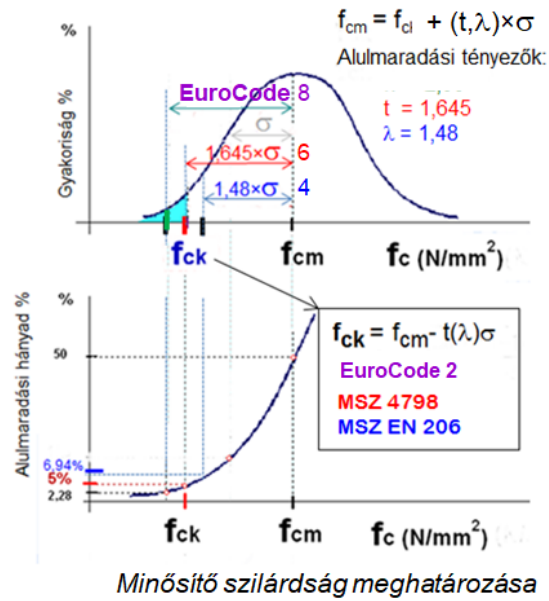
MSZ EN 206 szerint:

$$f_{ck} = f_{cm} - \lambda_n \times \sigma$$

($\lambda_{Taerwe}: \lambda_n \geq 15 = 1,48$)
 Taerwe f. megfelelıség esetén
 $f_{ck} = f_{cm} - 4 \quad (\sigma = 3)$

Minısítı nyomószilárdság (f_{ck}) meghatározása

$$f_{ck} = f_{cm} - (t, \lambda) \sigma$$



Minısítı szilárdság meghatározása

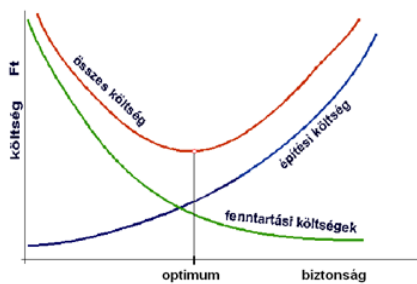
Az átadó-átvevı kockázata: 70-30% 50-50% 30-70%

$$f_{ck} = f_{cm} - (t, \lambda) \times \sigma$$

Pl.: $f_{cm} = 35$	EuroC 2	$f_{ck} = 35 - 8$	27	→ 20/25
	MSZ 4798	$f_{ck} = 35 - 6$	29	→ 20/25
	EN 206	$f_{ck} = 35 - 4$	31	→ 25/30

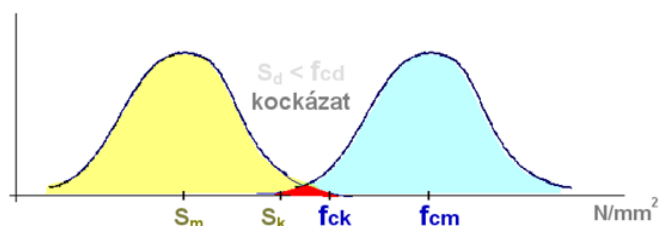
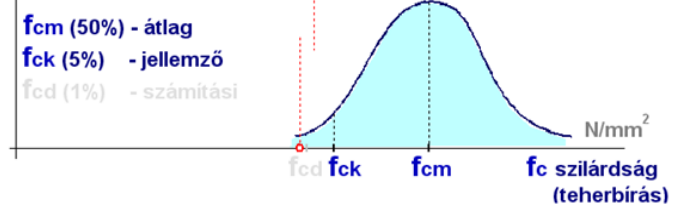
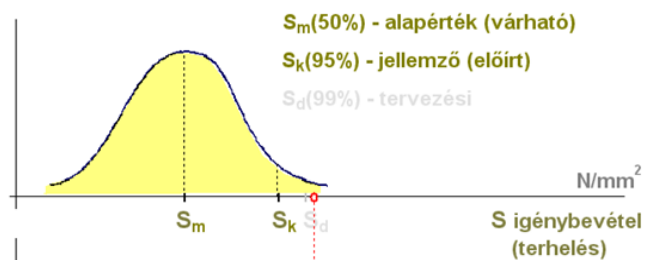
Vasbeton szerkezetek méretezési elve

Optimális biztonságon alapuló méretezési módszer



Szerkezetek biztonságának költségvonzata

Szerkezetek terhelése és teherbírása →



Betonok összetételének tervezése

A beton összetételének tervezése: (1m³)

A megoldásakor figyelembe kell venni:

- az előírt betonszilárdságot
- megfelelő tartósságot (környezeti hatások)
- az adalékanyag minőségét
- a betonkeverés és bedolgozás módját
- méreti- és szerkezeti adottságokat
- az acélbetétek korrózió védelmét
- a betonszilárdítás körülményeit
- a frissbeton telítettségét
- a munkahelyi adottságtól függő szórást

Betontervezési módszerek: - tervezés matematikai egyenletekkel
- táblázatos tervezési módszer
- grafikonos tervezési módszer

Tervezési feltételek meghatározása

1. A cementfajta kiválasztása

- a beton szilárdságának biztosítása
- szulfátállóság, fagyállóság, stb.
- speciális igények kielégítése

Cél: a beton telítettségének biztosítása

Telítettséget meghatározza:

az adalékanyag hézagterfогata, cementpép mennyisége

2. Adalékanyag kiválasztása

- cementtakarékos betonhoz: Mopt. I.oszt
- agyag-iszap $f < 3\%$

Cél: minél nagyobb d_{max} alkalmazása

d_{max} meghatározása:

legkisebb keresztmetszet 1/3,
vasalás között 90%-os áthullás

Cél: minimális cementfelhasználás C_{min} .

C_{min} . meghatározása:

adalékanyag osztálya, d_{max}
szerkezet védettsége, pH biztosítás
táblázati érték: $> 125 \text{ kg/m}^3$

3. Konzisztencia megválasztása

- vb. szerkezet alakja és vasalása
 - szállítás és a tömörítés módja
 - adalékszerek alkalmazása
- Cél: minél szárazabb (F1) alkalmazása

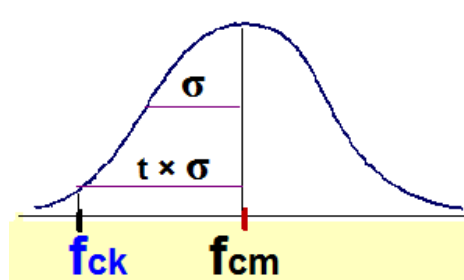
4. Átlagos nyomószilárdság meghatározása

- f_{ck} jellemző nyomószilárdság figyelembevétele
- munkahelyi szórás (σ) darabszám (t)

$$f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma$$

5. Ellenőrzés kitéti osztály szempontjából

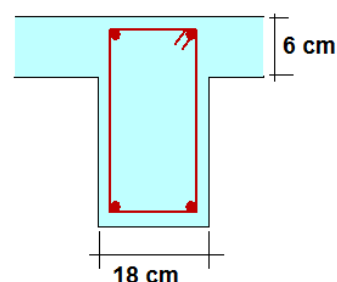
- X0 nincs korróziós kockázat
 - XC4 karbonátosodás korrózió
- $C_{min} > 300 \text{ kg/m}^3$



Kiindulási adatok meghatározása

Betontechnológiai adatok:

- betonozandó: vasbeton szerkezet
- jellemző nyomószilárdsági érték: C20/25
- konzisztencia: F3 képlékeny (helyszíni beton)
- $d_{max} = 16 \text{ mm}$ testsűrűség: 2630 kg/m^3
- nedvesség: $n_f = 2\%$ f. modulus: $m = 5,6$
- szórás: 4 N/mm^2
- $n = 10 \text{ db.}$ $t = 1,79$
- cement: CEM II/A - V32,5N
- a beton jelölése: C20/25 – 16 – F3 – XC4 (karbonátosodás)

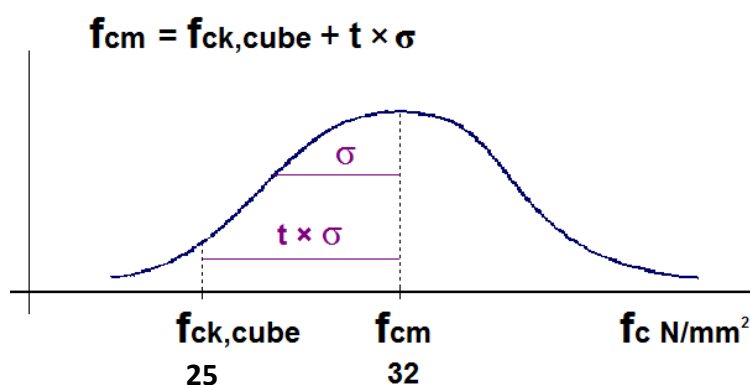


Átlagos nyomószilárdság meghatározása:

$$f_{ck, \text{cube}} = 25 \text{ N/mm}^2 \text{ (15 cm)}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma$$

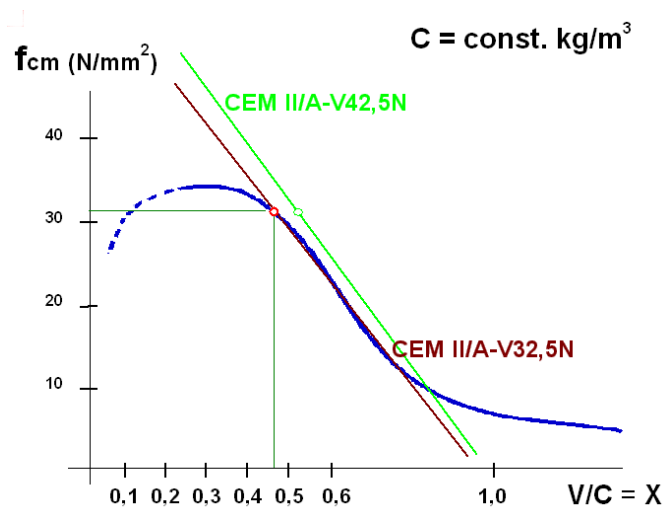
$$f_{cm} = 25 + 1,79 \times 4 = 32 \text{ N/mm}^2$$



Vízcement-tényező meghatározása

- ~ V/C és a szilárdság összefüggése
- ~ az összefüggés matematikai képlete
- ~ Bolomey-Palotás képlet

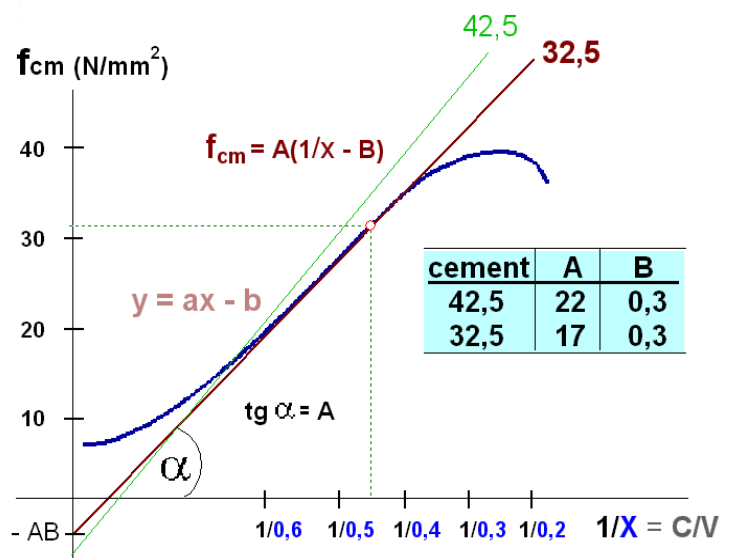
A beton szilárdságának változása a vízadagolás függvényében



A Bolomey-Palotás képlet:

$$f_{cm} = A(1/X - B)$$

a beton V/C és szilárdsága között összefüggés



VízceMENT-tényező:

$$f_{cm} = A(1/X - B)$$

$$32 = 17(C/V - 0,3) \quad C/V = 32:17 + 0,3 = 2,18$$

$$V/C = X = 0,46$$

Cement és vízmennyiség

F1 (földnedves) beton vízigénye:

$$V_{F1} = 0,1C + 23(11 - m)$$

$$X = 0,1 + 23(11 - m):C$$

Cement szükséglet földnedves betonhoz:

$$C_{F1} = 23(11 - m):(X - 0,1) = 23(11 - 5,6):(0,46 - 0,1) = 354 \text{ kg/m}^3$$

Vízszükséglet földnedves betonhoz:

$$X = V/C \quad V = C \times X$$

$$V_{F1} = 354 \times 0,46 = 163 \text{ kg/m}^3$$

Vízszükséglet képlékeny (F3) betonhoz:

$$V_{F3} = V_{F1} \times h \quad h - \text{hígítási tényező}$$

	<u>konziszt.</u>	<u>h</u>
F1		1,0
F2		1,15
F3		1,25

$$V_{F3} = 163 \times 1,25 = 204 \text{ liter/m}^3$$

Cementmennyiség: $C = 204 : 0,46 = 443 \text{ kg/m}^3$

Cementmennyiség ellenőrzése
XC4 kitéti osztály alapján:

<i>Kitéti osztály</i>	<i>Cementtartalom, kg/m³, legalább</i>	<i>Víz-cement tényező, legfeljebb</i>
X0	nincs korrózió	-
XC-1	260	0,65
XC-2	karbonátosodás 280	0,60
XC-3	280	0,55
XC-4	300	0,50

$$C = 443 \text{ kg/m}^3 > C_{\min} = 300 \text{ kg/m}^3$$

Adalékanyag és a beton összetétele

Az adalékanyag mennyisége:

$$1\text{m}^3 = 1000 \text{ lit.} = V_a + V_c + V_v + L$$

$$1\text{m}^3 \text{ friss beton levegőtartalma: } L = 5 \text{ liter}$$

<u>konziszt.</u>	<u>L lit.</u>
F1	10 ÷ 20
F2	5 ÷ 10
F3	0 ÷ 5

$$V_a = 1000 - 443/3,1 - 204 - 5 = 648 \text{ lit./m}^3$$

$$\text{Adalék tömege: } a = 648 \times 2,63 = 1704 \text{ kg/m}^3$$

Adalékanyag és a víz korrekciója:

$$a_{\text{jav}} = a + n_f \% / 100 \times a =$$

$$1704 + 2\% / 100 \times 1704 = 1738 \text{ kg/m}^3$$

$$a_{\text{jav}} - a = 34 \text{ lit. víz az adalék felületén}$$

$$V_{\text{jav}} = V - (a_{\text{jav}} - a) + V_p =$$

$$204 - 34 + 2,4 = 172 \text{ lit./m}^3$$

$$V_p = 0,1\%$$

A tervezett beton összetétele (1 m³): C = 443 kg

$$V = 172 \text{ liter}$$

$$a = 1.738 \text{ kg/m}^3$$

A friss beton testsűrűsége:

$$2.353 \text{ kg/m}^3$$

Egy keveréshez szükséges alkotók:

Betonkeverő: $V = 500 \text{ lit.}$ $\beta = 1,15$
 $V_{\text{kev}} = 0,435\text{m}^3$

Keverési utasítás: 1m^3 1 keverés

- cement : $443 \text{ kg} \times 0,435 = 193 \text{ kg}$ 200 kg
- adaléka.: $1738 \text{ kg} \times 0,435 = 756 \text{ kg}$ 785 kg
- víz : $172 \text{ lit} \times 0,435 = 75 \text{ lit}$ 78 lit

Betonösszetétel tervezése táblázattal

Táblázatok sorozata d_{max} szerint.

Figyelembe vett változók: - a cement fajtája (márka)
- d_{max} és az adalékanyag osztálya
- a frissbeton konzisztenciája
- a beton szilárdsági jele (osztály)

$d_{\text{max}} = 16 \text{ mm}$										
Cement	Beton	Alkotók	Adalékanyag szemmegoszlása							
			I. oszt.				II. oszt.			
			F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
32,5	C20	Cement	280	330	380	450	310	360	430	500
		Víz	135	155	185	215	150	180	210	245
		Adalék	1 950	1 950	1 830	1 690	1 870	1 860	1 720	1 570
	C16	Cement	250	280	330	400	270	310	380	450
		Víz	135	155	180	210	150	180	205	240
		Adalék	1 950	1 950	1 880	1 740	1 870	1 870	1 780	1 620
	C12	Cement	210	240	270	320	240	270	320	370
		Víz	135	155	180	210	150	180	200	235
		Adalék	1 950	1 950	1 930	1 810	1 870	1 870	1 840	1 700
42,5	C20	Cement	240	270	300	370	270	310	350	410
		Víz	135	155	180	210	150	180	200	240
		Adalék	1 950	1 950	1 910	1 770	1 870	1 870	1 810	1 660
	C16	Cement	210	230	260	320	230	265	300	340
		Víz	135	155	180	210	150	180	200	235
		Adalék	1 950	1 950	1 940	1 810	1 870	1 870	1 860	1 730
	C12	Cement	190	210	230	270	205	230	260	300
		Víz	135	155	180	210	150	180	200	235
		Adalék	1 950	1 950	1 950	1 860	1 870	1 870	1 870	1 760

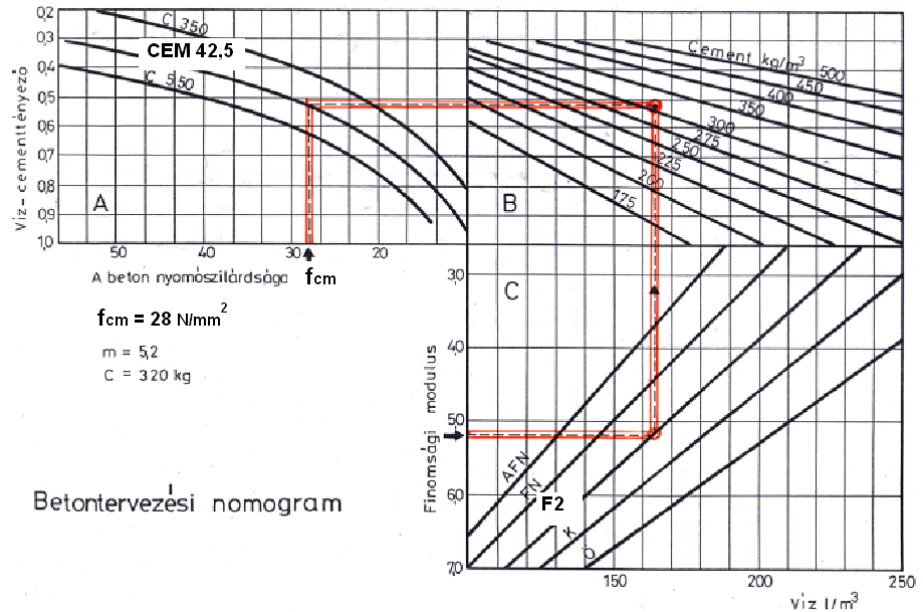
$d_{\text{max}} = 32 \text{ mm}$

32,5	C16	Cement	230	260	320	360	270	300	370	430
		Víz	120	140	170	190	140	165	195	225
		Adalék	2 000	2 000	1 920	1 830	1 950	1 950	1 810	1 680

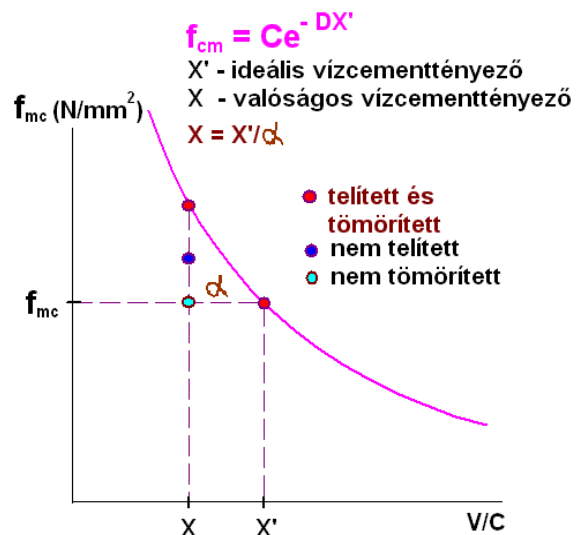
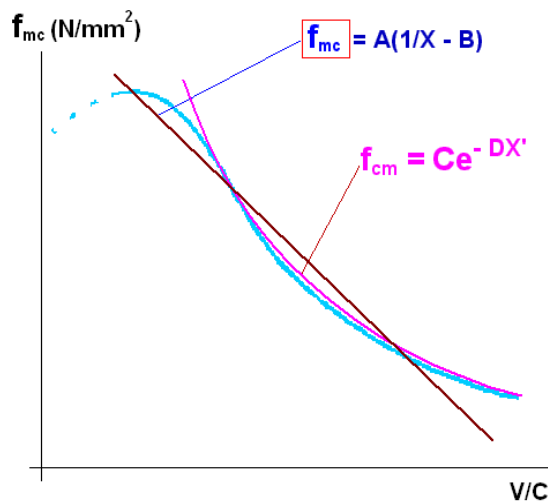
Cement-megtakarítási lehetőségek:

- 16 mm, II.o, F3, C32,5	$\sigma = 4$: 380kg	kg
- adalékanyag osztály (I.o)		: 330	- 50
- dmax növelés (32 mm)		: 370	- 10
- konzisztencia (F1)		: 270	- 110
- cementmárka növelés (42,5)		: 300	- 80
- szórás csökkentés ($\sigma = 2$)		: 320	- 60
- I.o, 32 mm, F1 együtt		: 230	- 150
- szórás növekedés ($\sigma = 6$)		: 430	+ 50

Betontervezés grafikonnal (nomogram):



Betontervezési nomogram



A beton levegőtartalma:

- hiányos tömörítettségéből
- péphiány (telítetlenség) miatt
- a víz elpárolgásából

C és D - kísérleti állandók (ld. A; B)

- α - a beton levegőtartalmától függő tényező

Ujhelyi-féle betontervezési módszer

A beton készítése

A betonkészítés munkamenete:

- alapanyagok fogadása és tárolása
- betonösszetevők mérése és adagolása
- a beton keverése
- a friss betonkeverék szállítása
- a beton bedolgozása és tömörítése
- a beton szilárdítása és utókezelése

Beton alapanyagainak fogadása és tárolása:

fogadás: önürítés, speciális markoló, vagonfordító, serleges elevátor

osztályozás : vibrációs és rezonancia rosta, dobrosta
hidrociklon (Rheax)

szállítás: szállítószalag, serleges elevátor, radiális kotróveder

tárolás : szabadtéri depóniák
silók és tartályok

Ömlesztett cement: - túlnyomásos cementszállító gk.

- csigaszállítók
- cement silók



Adalékanyag tárolása



Cementszállító gépkocsi



Adalékanyag tároló silók



Cement tárolása, adagolása és mérése

Betonösszetevők mérése és adagolása:

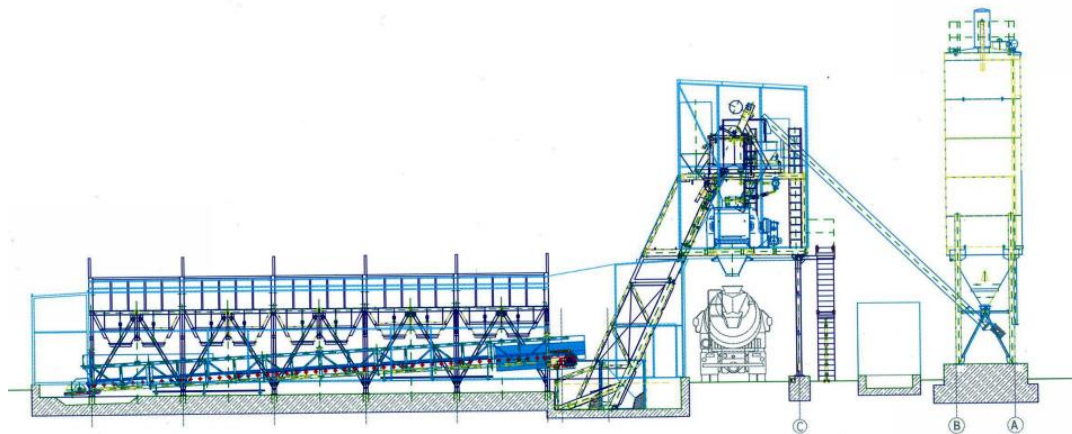
adalékanyag : térfogat és tömeg szerint
összegző és soros
automata fotocellás
pneumatikus szektorzárás

cement: forgócellás és csigás adagoló

víz: automata vízmérő óra (áramlásmérő)
billenő-edényes vízadagoló
radioizotópos mérőszonda
elektromos műszerekkel ellenőrizve



Szektorzárás adagoló



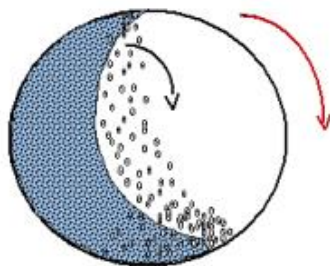
Adalékanyag és cement (tárolás, adagolás, mérés)

A beton keverése

A beton előállítás: szabadon ejtő- és kényszerkeverővel

Szabadon ejtő keverők:

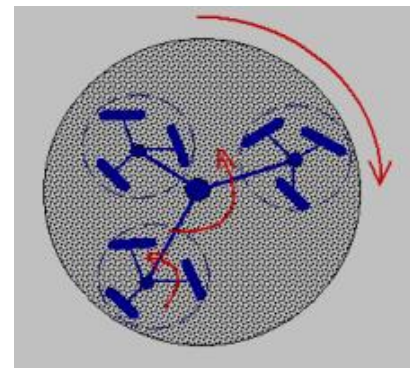
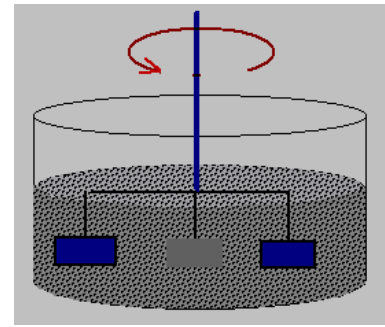
- keverés gravitációs úton
- F3 és F4 konzisztenciákhoz
- különböző d_{max} betonhoz
- adagolás sorrendje
- keverési idő



Szabadon ejtő betonkeverő

Kényszerkeverők:

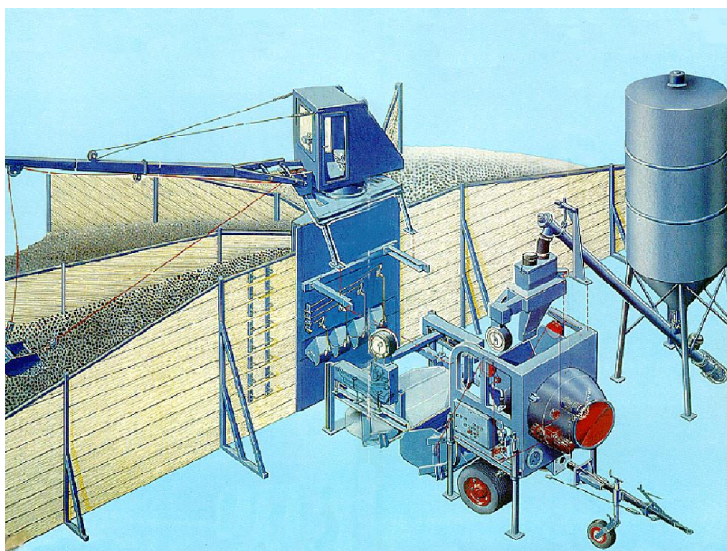
- intenzív keverés
- egyenletes betonkeverék
- F4, F3, F2, F1 konzisztenciákhoz
- adagolás sorrendje: A + C + V
- keverési idő: 1,5 ÷ 2 perc



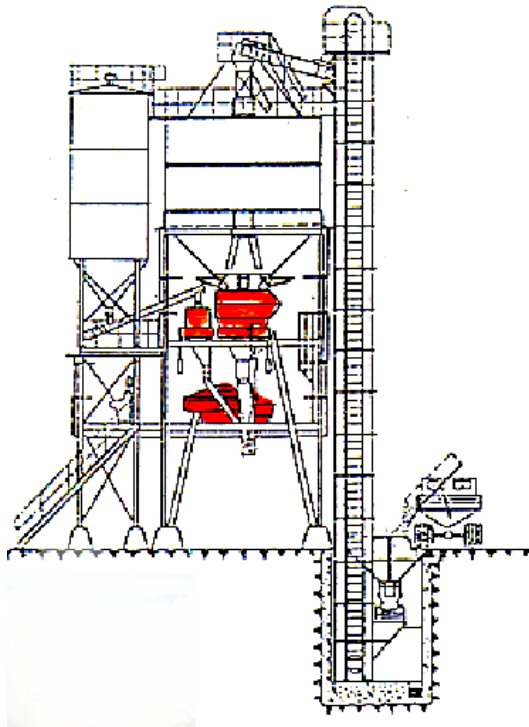
Forgódobos ellenáramú kényszerkeverőgép

Betonkeverő központok:

- betonkeverő telepek és betongyárak
- horizontális és vertikális elrendezés
- téliesített beton előállítás
- gazdasági előny: alapanyag előkészítés automatizálás egyenletes minőség káló csökkentés



Horizontális elrendezésű betongyár



Vertikális (torony) betongyár



A beton szállítása

Szállítás üzemben belül:

- konténer (targonca, kötött pálya)
- szivattyú (pneumatikus cső)

Szállítás építéshelyre (transzportbeton):

- zártplatós gépkocsi
- betonfogadó hidraulikus ürítő tartály
- keverő-szállító mixer gépkocsi



Gépkocsi belső szerkezete



Keverő-szállító mixer gépkocsi



Hidraulikus ürítő tartály

Építéshelyi szállítás (adagolás, bedolgozás):

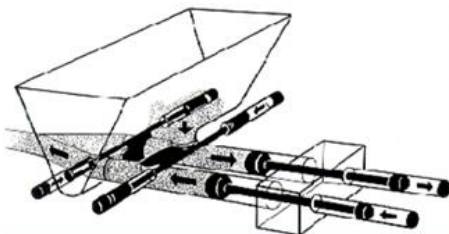
- daruzott önürítő konténer
- helyszíni betonátkeverő
- betonszivattyú autódaruval, mixer gk.
- dugattyús, pneumatikus betonszivattyú



Mixer gépkocsi szállítószalaggal



Daruzott önürítő konténer



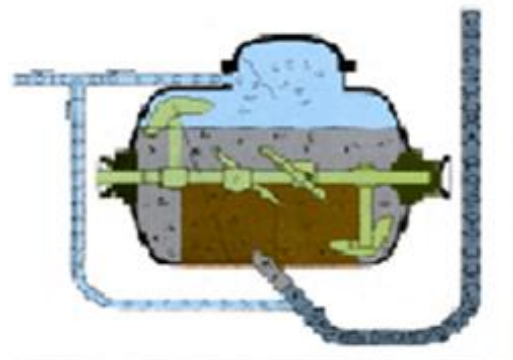
Mixer gépkocsi betonszivattyúval



Autóra szerelt betonszivattyú



Betonszivattyú alkalmazása



Mixokret betonszivattyú

A beton tömörítése

A vibrátorok működésének elve

- excentrikus tömeget forgatunk
- rezgés hatására a beton tömörödik

Követelmény a beton tömörítésekor:

- minimális hézag- és pórustartalom

A tömöríthetőséget befolyásolják:

- a beton konzisztenciája és telítettsége
- az adalékanyag alakja
- a szerkezet alakja, tömege, vasaltsága

Betontömörítési eljárások:

- csömöszölés és döngölés
- sajtolás és préselés
- hengerlés és centrifugálás
- vákuumozás
- vibrálás

Vibrációs betontömörítés:

- rezgésbe hozza a beton alkotóelemeit
- lecsökken a szemcsék közötti súrlódás
- viszkózus folyadékként viselkedik a beton
- adalékanyagból vázszerkezet jön létre

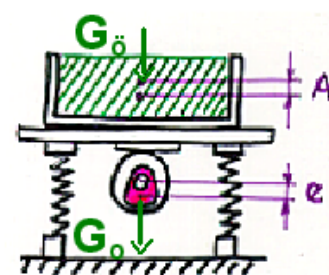
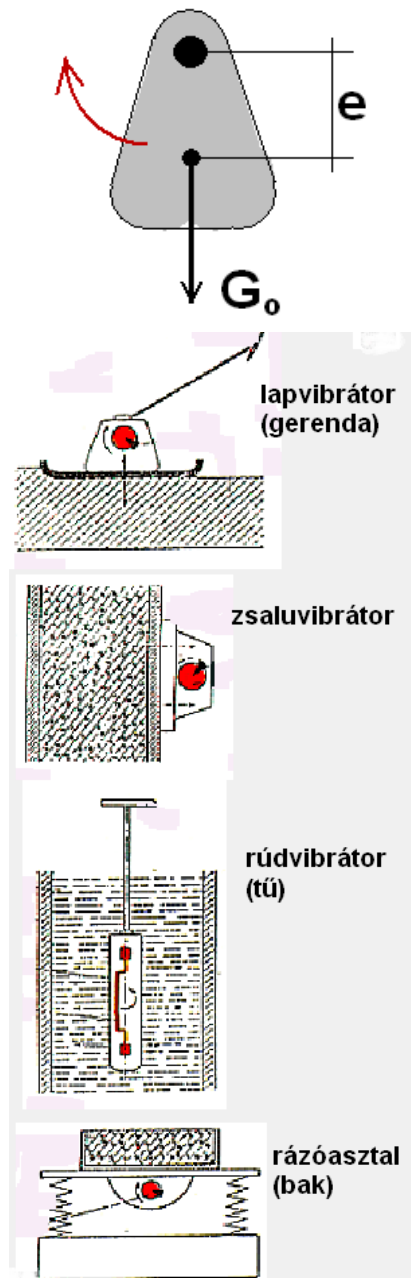
Vibrátorok típusai:(betontömörítő eszközök)

- merülő rúd vibrátor
- felületi lapvibrátor
- zsalurázó vibrátor
- rázóasztal, rázóbak



Rázóasztal működési elve: $G_0 \times e = G_0 \times A$

- n - rezgésszám: 2850÷6000 f/min
- A - amplitudó : 0,03÷0,1 mm
- G_0 - vibró tömeg (erő)
- G_0 - vibrált tömeg
- e - excentricitás



Betonszilárdítás

Frissbeton védelme:

- utókezelés
- fólia takarás és műanyag bevonat

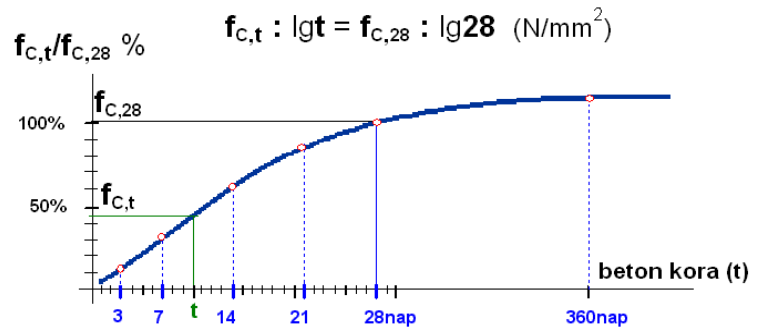
Beton szilárdulása:

- természetes (15÷20 °C)
- mesterséges

Természetesen szilárduló beton
28 napos szilárdsága: $f_{c,28}$

A lassú szilárdulás hátrányai:

- elhúzódo építkezési ütem
- lassú kiszaluzás- és sablonforduló



A beton szilárdulásának üteme

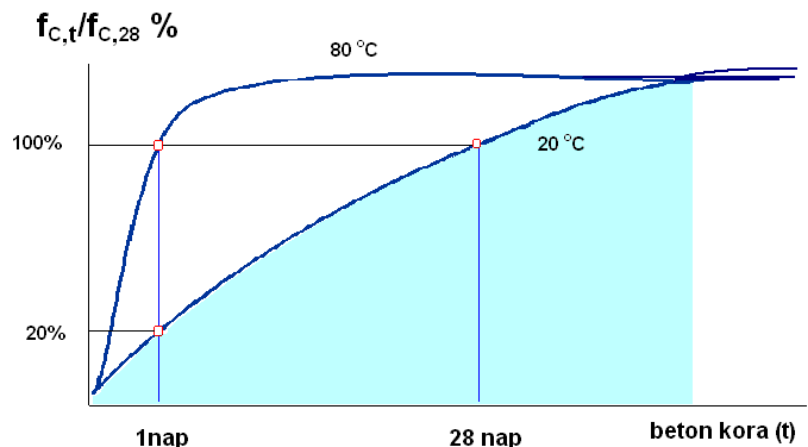
Betontechnológia szilárdságok:

- kiszaluzási szilárdság: $0,3 \div 0,5 \times f_{c,28}$
- feszített szerkezetek : $0,7 \times f_{c,28}$
- szállítás és szerelés : $0,8 \times f_{c,28}$

Betonszilárdítás gyorsításának módszerei

Hidegszilárdítások:

- cement mennyisége és minősége 42,5R
- V/C csökkentése, F1 alkalmazása
- vegyszeres betonszilárdítás
- adalékanyag és keverővíz előmelegítése



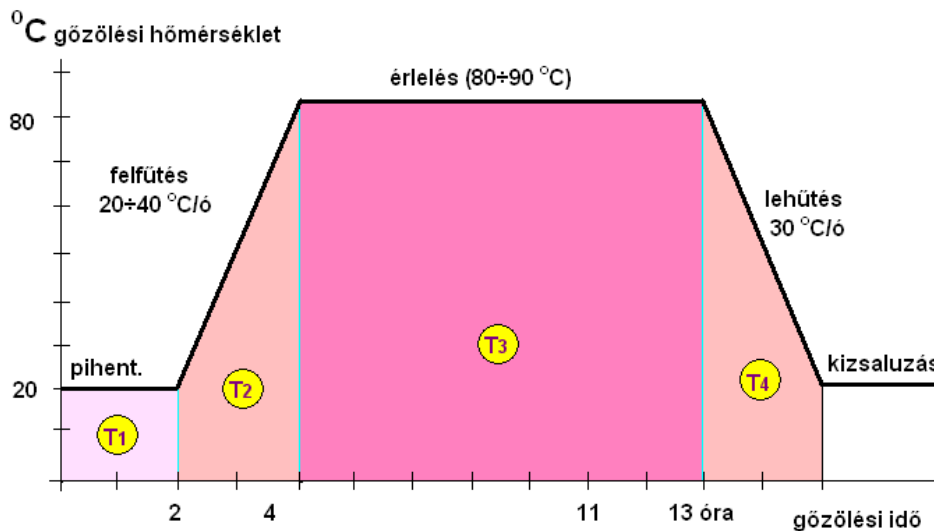
Hőszilárdítások:

- a beton melegítése (hősugárzók)
- gőzölés: gőzölő akna, búra, kamra, alagút, tálcás sablon, stb.
- autoklávozás (9atm. 185 °C)
- elektromos áram (fűtőkábelek)
- infravörös sugárzók

A betonszilárdulás üteme a °C függvényében

A beton gőzölése:

- gőzölés szakaszai: 1. pihentetés; 2. felfűtés; 3. érlelés; 4. lehűtés



Hőmérséklet x idő szükséglet :

$$T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 600 \div 900 \text{ ó} \times \text{°C}$$

600 óxC: - CEM 42,5R és fehér cement; V/C = 0,3; F1 konzisztencia

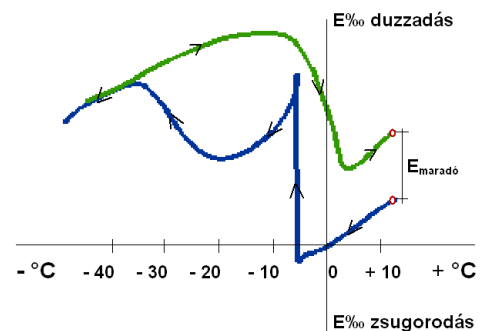
900 óxC: - CEM II/B-S32,5N; V/C > 0,6; F4 konzisztencia; könnyűbetonok

Fagy hatása a beton szilárdulására:

- csökken a cement hidratációja (- 5 °C a hidratáció 10%- os)
- lassul a cement kötése, megáll a beton szilárdulása
- a jég szétroncsolja a betonszerkezetet

Fagy hatása a friss betonra:

1. Kötés előtt fagy meg a beton ($t < 2\text{ó}$)
(minimális a károsodás)
2. Kötés közben fagy meg ($2 > t < 12\text{ó}$)
(maximális a károsodás)
3. Kötés után fagy meg ($t > 12\text{ó}$)
 $f_{cm} > 15 \text{ N/mm}^2$
minimális a károsodás)



Fagyás közbeni térfogatváltozás

A fagy hatásának csökkentése:- vegyi adalékszer (kötésgyorsító)

- kis V/C alkalmazása, F1 konzisztencia
- CEM 42,5R (rapid cement + Q)
- hőszigetelt zsaluzat (takarás)
- a szerkezet melegítése (fűtött zsaluzat)
- melegbeton készítés (termosz módszer)
- légpórus-képzés (ez csak szilárd állapotban!)

Betonadalékszerek

Betontechnológiai igények:

- bedolgozhatóság, szivattyúzhatóság
- nagy kezdőszilárdság
- fagyállóság, vízzáróság, stb.

Felhasználásuk célja:

- betonkeverék tulajdonságának javítása
- szilárdulási folyamatok befolyásolása
- a beton tulajdonságainak javítása

Adalékszerek:

- folyadék- és por formában
- adagolás: keverővízbe és poranyagként
- mennyiség: a cement tömegének 0,2÷3%-a

Adalékszerek főhatásuk alapján:

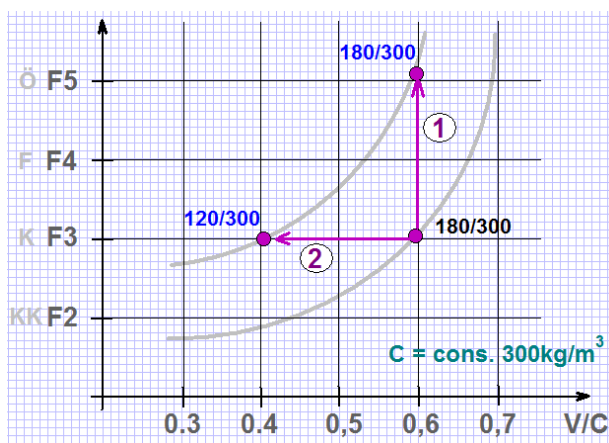
- konzisztencia javító anyagok
- légbuborék (pórus) képző adalékszerek
- kötés- és szilárdulás szabályozók
- vízzáróságot fokozó és tömítő anyagok
- felületkezelő adalékszerek



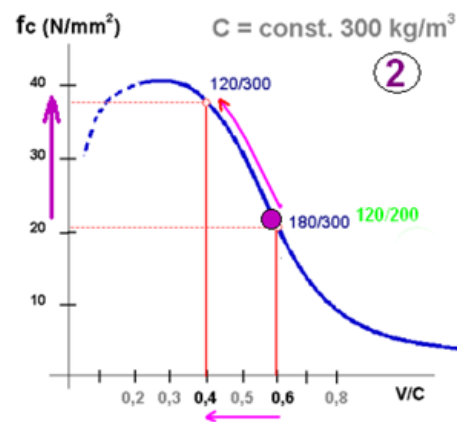
Konzisztencia javító adalékszerek

Plasztifikátorokkal elérhető hatások:

1. Hígul a friss betonkeverék konzisztenciája, javul a bedolgozhatóság.
2. Azonos konzisztenciánál csökken a vízigény, növekszik a betonszilárdság



Konzisztencia változása a V/C függvényében

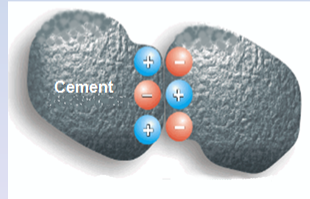


V/C hatása a beton nyomószilárdságára

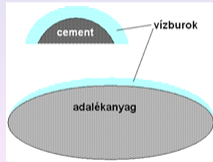
A plasztifikátorok alkalmazásával elérhető hatások

A betonok konzisztenciáját befolyásoló tényezők:

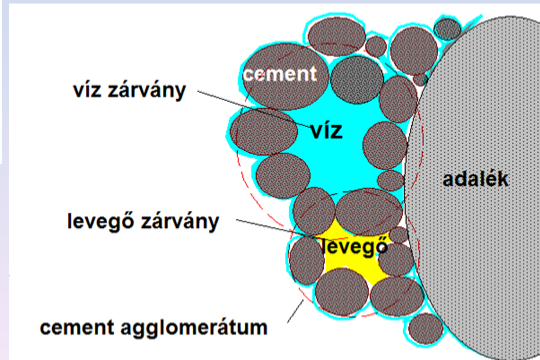
- cement szemcsék agglomerálódása (elektrosztatikus feltöltöttség)
- víz- és levegő zárványok kialakulása a friss betonban
- vastag vízréteg a cement szemcse felszínén (felületi feszültség)



Elektrosztatikus vonzerő a cement szemcsék között



Vastag vízburok a cement felszínén



A friss betonkeverék struktúrája, cement agglomerátumok a betonban

A víz felületi feszültségének kialakulása:

kovalens kötés

dipólusos vízmolekula

A vízmolekula szerkezete

hidrogénkötés

$(H_2O)_2$

H_3O^+ - oxonium

OH^- - hidroxil

$(H_2O)_3$

$(H_2O)_5$

Vízmolekulák hidrogénkötése

levegő

víz

hidrogén kötés

dipólus k. hatás

kohéziós erő

A víz felületi feszültsége

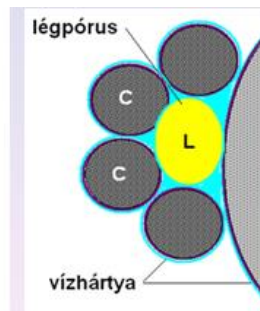
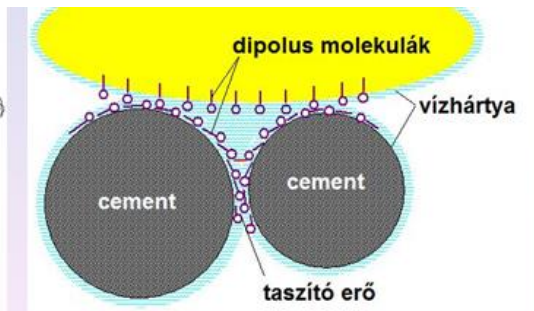
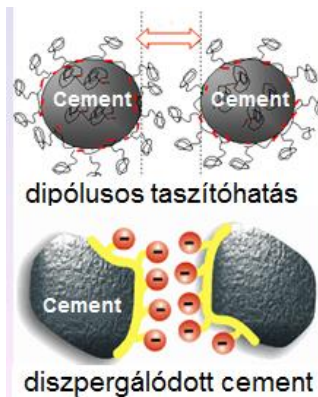
levegő

víz

+ hidrofób

- hidrofil

dipólus molekulák szénhidrogének



A folyósító adalékszerek hatásmechanizmusa

A plasztifikátorok működési hatásmechanizmusa:

1. Csökkentik a víz felületi feszültségét
 - csökken a vízburok vastagsága
 - megszűnnek a víz-levegő zárványok
2. Megszüntetik a cement agglomerátumokat
 - diszpergálódnak a cementszemcsék
 - növekszik a beton mobilitása
3. Mellékhatásként, légbuborékok képződnek
 - hosszabb lesz a cement kötésiideje

Plasztifikátorok alkalmazása: - betonszállítás szivattyúval
- betontömörítés (vibrálás) nélkül
- szilárdság növelés V/C csökkentéssel
- vízzáróság növelés tömörséggel

Plasztifikáló adalékszerek:

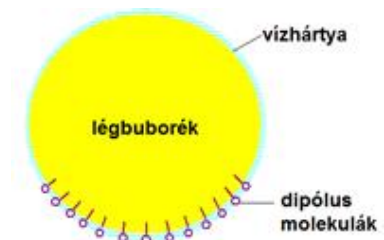
Képlékenyítők (P): Murexin DM; Stabiment MF
Folyósítók (F): Viskoment V; Sika ViscoCrete



Légbuborék (légpórus) képző adalékszerek

Légbuborék képzőkkel elérhető hatások:

- csökken a beton vízzel való telítődése
- nő a megszilárdult beton fagyállósága
- javul a frissbeton szivattyúzhatósága



Hatásmechanizmus:

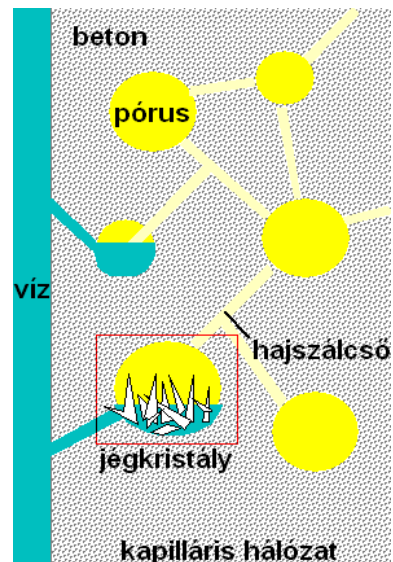
- A dipólusos (hidrofil, hidrofób) molekulák légbuborékokat képeznek a friss betonban
- légzárványok helyett egyenletesen eloszlott buborékok
 - a pórusok megszakítják a kapillaris hajsálcső hálózatot, gátolják a telítődést



Alkalmazási területek:

- fagyhatásnak kitett (pl. vízépítési) betonok
 - nem mixer gépkocsiban való szállítás
 - állékonyság növelés, gyors kizsaluzás
- + fagyállóság 3÷6 szorosára nő
- pórustartalom növekedésével csökken: R_m

Adalékszerek: Sika-Aer; Murexin Lp 10



Kötés- és szilárdulás szabályozók:

1. Szilárdulás-gyorsító adalékszerek:

- növelik a betonszilárdulási sebességét
 - a só típusúak fagyásgátló szerek is
- sók: CaCl_2 NaCl Na_2SO_4
lúgok: NaOH NaCO_3

Hatásmechanizmus:

- növelik a klinkerásványok oldhatóságát
- a felszabaduló Ca(OH)_2 -ot lekötik

Kedvezőtlen mellékhatásként növekszik:

- a cementkötés közbeni hidratációs hő
- az acélbetétek korróziós veszélye ($\text{pH} < 11$)
- a beton 'kivirágási' hajlama
- kismértékben csökkenhet a végszilárdság

Alkalmazási területek:

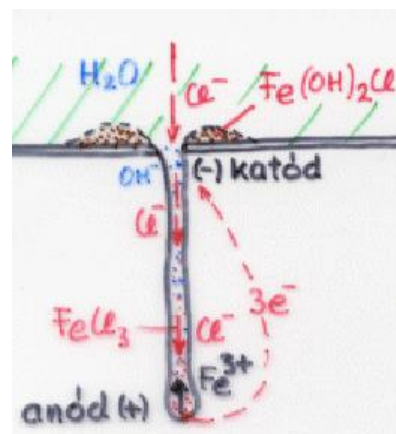
- beton és vb. elemek üzemi előregyártása
- helyszíni betonozás, télen

Alkalmazási feltételek (nem alkalmazható):

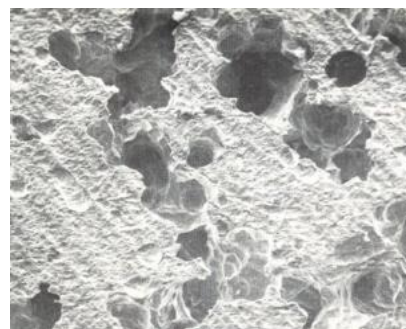
- fagypont alatti hőmérsékleten
- ha a cementkötés megkezdődik < 1 óra
- elektrokémiai korrózió veszélyekor
- feszített vb. szerkezetekhez!!!
- gőzöléses hőérleléskor

Adalékszerek:

- kötésgyorsítók: Barra Frost
- szilárdulás gyorsítók: MASTERFROST; Kalcidur; Forst Hilfe



Cl⁻ ion lyukkorróziója

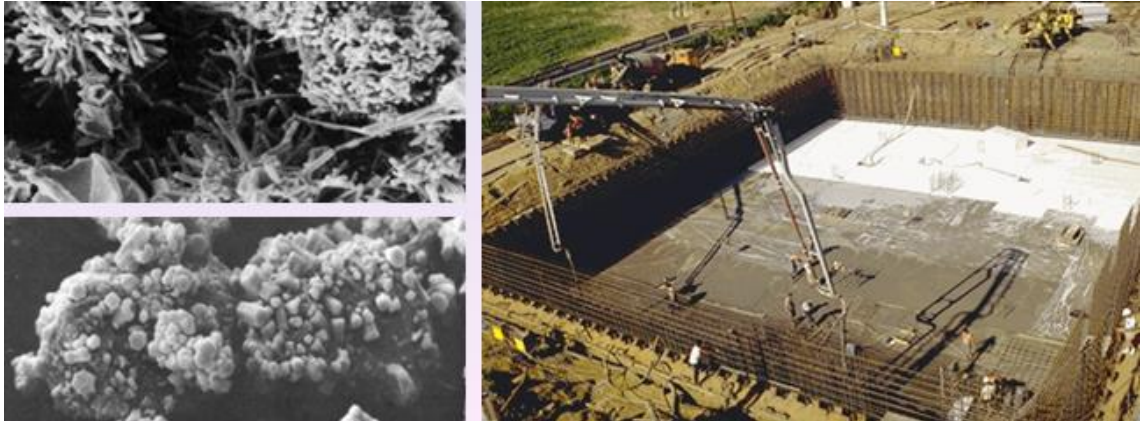


- 2. Kötéskésleltető adalékszerek:**
- adagolásukkal a beton kötése lelassul
 - a beton hosszabb időn át bedolgozható
 - kiküszöbölhető a munkahézag
 - nagytömegű betonozáskor nincs repedés

Hatásmechanizmus:

- késleltetik a C_3S (alit) hidratációját
- fékezik a hidratációs hő felszabadulását
- hatóanyaguk: cukorféleségek, keményítő származékok

Adalékszerek: Sika Retarder, Rugasol, Murexin VZ



Vízáróság fokozó- és tömítő anyagok

Tömítő adalékszerek:

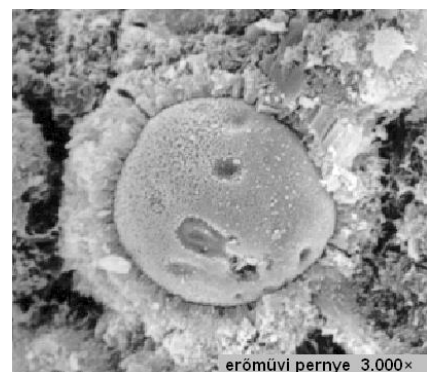
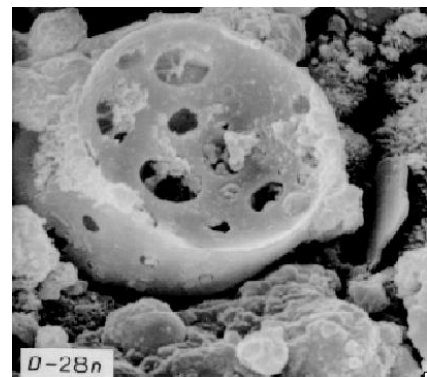
- növelik a beton tömörségét
- növekszik a beton vízárósága

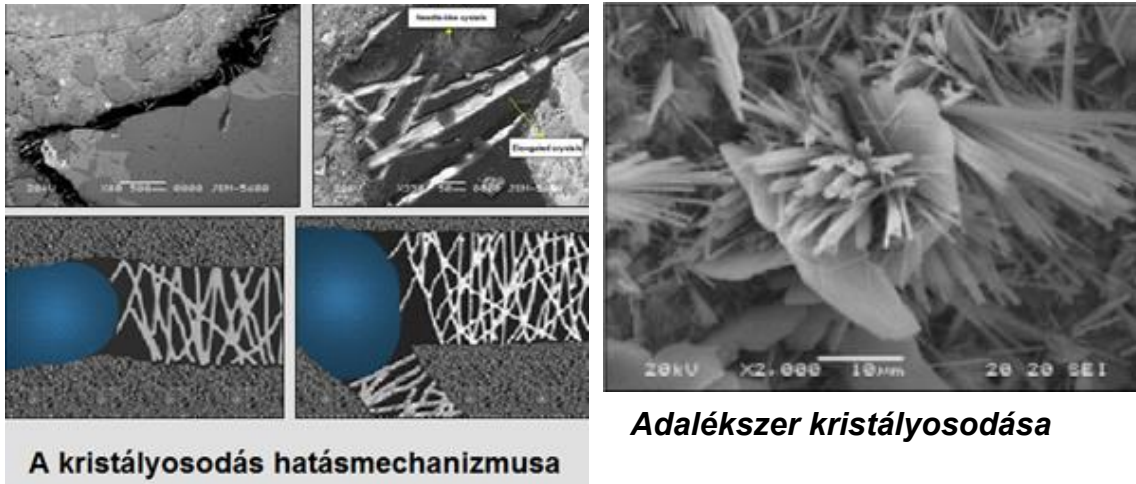
Hatásmechanizmus:

- csökkentik a keverővíz mennyiségét
- hidraulitok, $Ca(OH)_2$ -vel CSH-ot alkotnak
 $SiO_2 + Ca(OH)_2 = CaO \times SiO_2 \times H_2O$
- vízfelvétellel duzzadnak, tömítenek
- műgyanta diszperziók

Adalékanyagok és adalékszerek:

- plasztifikálnak: Barra Normál, Sperrbarra 05
- CSH -ot alkotnak: Resolit, pernye, trassz
Resolit 131, KM 257
- duzzadva tömítenek: Bentonit
- kristályosodva tömítenek: PENETRON
XYPEX, EUROKALMATRON, Oxydtron
„Erős Beton” (proton és neutron folyamatok?)





- Alkalmazási területek:**
- vízzáró betonszerkezetek
 - vízszigetelő habarcscok
 - víztározó medencék

Felületkezelő szerek és anyagok

Formaleválasztók:

- elősegítik a zsaluzat és a beton elválását
- olajmentes, rozsdagátló hatásúak

Felületi kötés-gátlók:

- meggátolják a cement szilárdulását zsaluzat eltávolítása után, látszóbeton.

Párazáró anyagok:

- műanyag diszperziók, vízzáró hárttyát képezve, zárják a betonfelület kapillárisait
- meggátolják a víz elpárolgását a betonból, utókezelés

Víztaszító anyagok:

- homlokzati falfelületek hidrofobizálása
- a vizet lepergetik, felszívódást gátolják
- a beton pórusait nem tömítik el, a falszerkezet légáteresztő marad

Tapadó-híd:

- erős kötést biztosít a régi betonfelület és az új betonréteg között



A megszilárdult beton tulajdonságai

Beton tömegével kapcsolatos tulajdonságok

A szilárd beton testsűrűsége:

$$\rho_t(\text{friss}) > \rho_t(\text{légszárász}) > \rho_t(\text{szárász})$$

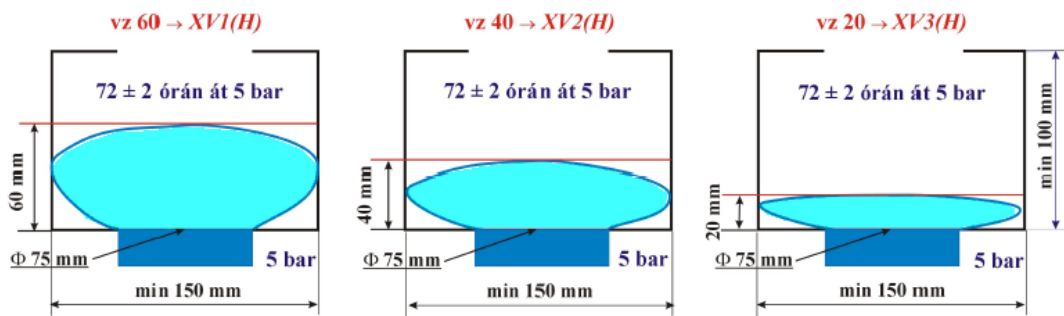
$$2380 \text{ kg/m}^3 \quad 2320 \text{ kg/m}^3 \quad 2290 \text{ kg/m}^3$$

C beton: 2001 ÷ 2500 kg/m³

A beton hidrotechnikai tulajdonságai

1. Vízzársóság és vízáteresztés: d = 75mm; 5 bar víznyomás; 72 óra

A vízbehatolás mélysége: vz50 XV1H) esetén legfeljebb 50 mm
vz35 XV2H) esetén legfeljebb 35 mm;
vz20 XV3H) esetén legfeljebb 20 mm.



A vízbehatolás mélységének meghatározása

2. Fagyállóság:

Fagyállósági vizsgálat: MSZ 4719

Fagyasztási-olvasztási ciklus:

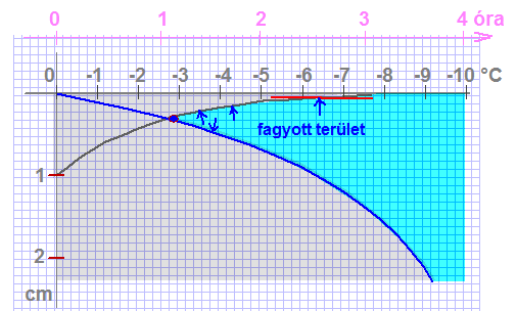
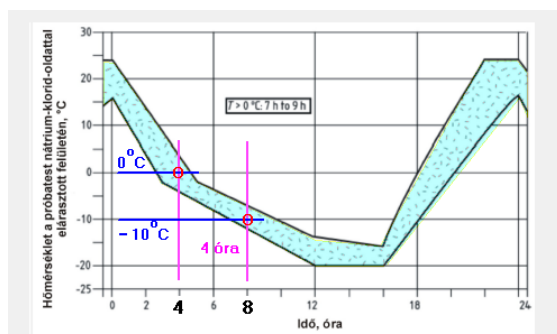
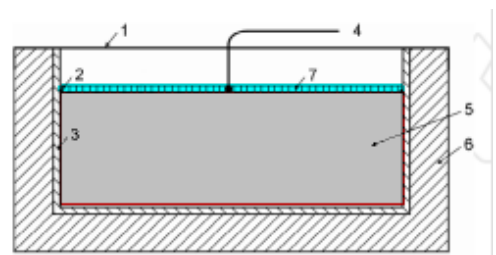
- ciklus: + 18°C víz, - 20°C
- jelölés (ciklus szám): f25; f50; f100; f150

Fagyállósági követelmények:

- tömegvesztés: max 5%
- szilárdság csökkenés: max 25%

Fagy- és olvasztó só állóság: MSZ 4798

- 3%-os NaCl oldat a beton felületén
- 56 fagyasztási-olvasztási ciklus után a beton felületi lehámlását vizsgálja



A sózott beton fagyási mélysége

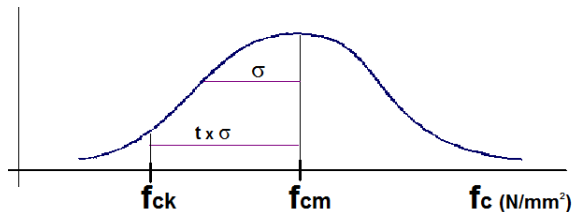
A beton szilárdsági tulajdonságai

A beton nyomószilárdsága:

Átlag és jellemző (előírt) szilárdság

$$f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$f_{ck,cyl}$ és $f_{ck,cube}$



Értékét befolyásolják:

- a próbatest mérete és alakja
- kora (nap, év)
- nedvesség tartalma n%



Nyomószilárdsági osztályok MSZ 4798-1 szerint:

	$f_{ck,cyl} / f_{ck,cube}$		$f_{ck,cube}$
C8/10	8	10	11
C12/15	12	15	16
C16/20	16	20	22
C20/25	20	25	27
C25/30	25	30	33
C30/37	30	37	40
C35/45	35	45	49
C40/50	40	50	54
C45/55	45	55	60
C50/60	50	60	65

Nagyszilárdságú betonok:

C55/67	55	67	71
C60/75	60	75	79
C70/85	70	85	89
C80/95	80	95	100
C90/105	90	105	111
C100/115	100	115	121

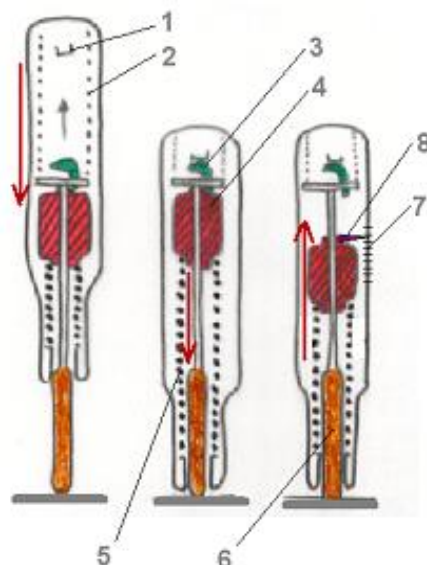
xx - végig víz alatt tárolva,
nedvesen törve (28 nap)

x - 7 napig víz alatt, majd
légszárazon tárolva és törve

Roncsolás-mentes meghatározási módszerek:

1. Schmidt-kalapács: (rugalmasság)

- a betonfelület keménysége alapján
- a rugalmas visszapattanást mérjük



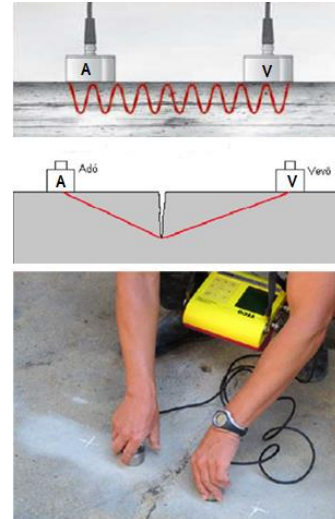
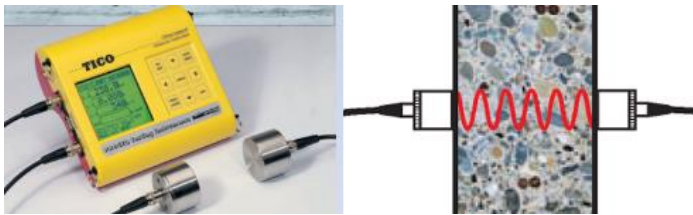
- nem közvetlenül mérjük a szilárdságot
- szilárdságot diagramból határozzuk meg
- vizsgálandó beton vtg. > 10cm
- ütésszám: 9 db/1dm²
- korrekció: ütésirány alapján

- 1 - ütköző csavar
- 2 - nyomó rugó
- 3 - kilincsmű
- 4 - kalapács
- 5 - ütőrugó
- 6 - ütőrúd
- 7 - skála
- 8 - skála mutató



2. Betonoszkóp: (homogenitás)

- ultrahang terjedési sebessége alapján



3. Mikro-roncsolásos módszerek:

- csonka kúp henger kiszakítása
- szögbelövés (HILTI puska)



4. Videó endoszkópos vizsgálat

A szerkezet rejtett részeinek és betonstruktúrájának vizsgálata



5. Geo radar: betonszerkezet rétegeinek és üregeinek kimutatása



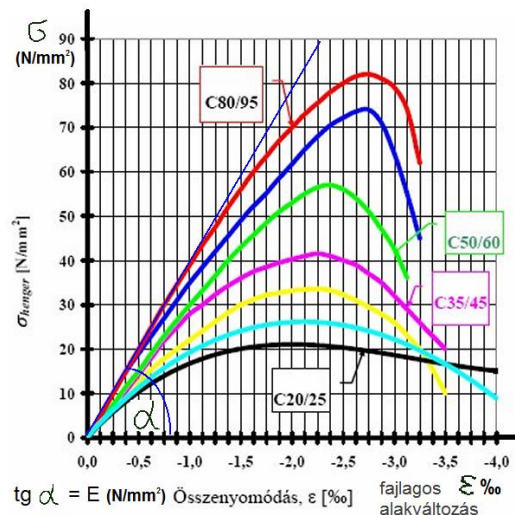
A beton alakváltozási jellemzői

A beton alakváltozását befolyásolják:

- a beton szilárdsága (f_{cm}) és kora (nap)
- a levegő relatív páratartalma %
- a beton nedvességtartalma n%
- a környezeti hőmérséklet $^{\circ}\text{C}$
- a beton cementpép tartalma (telítettség)
- a frissbeton víztartalma és V/C
- adalékanyag d_{max} és m (f. mod.)

Alakváltozások:

- rövid idejű alakváltozás (terhelésre)
- lassú alakváltozás (tartós terhelésre)
- rugalmassági modulus,
 E (N/mm^2) diagram
- zsugorodás
plasztikus és száradási zsugorodás
egyenlőtlen $^{\circ}\text{C}$ eloszlás
- hő okozta alakváltozás (dilatáció)
lineáris hőtágulási együttható

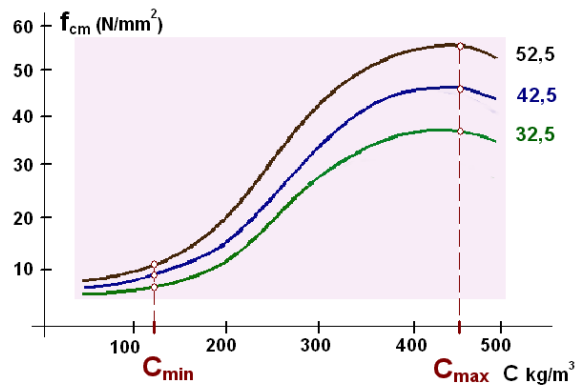
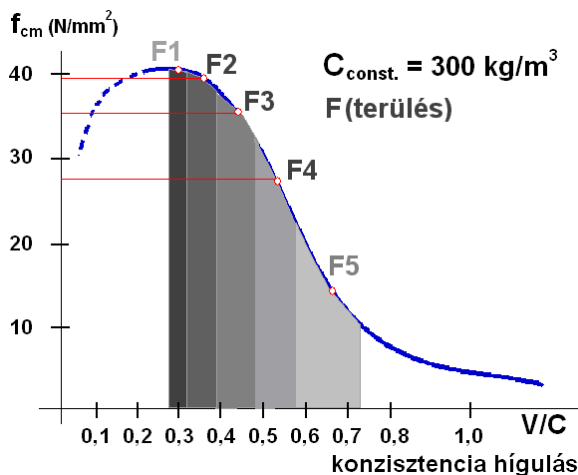


A beton rugalmassági modulusa

A beton tulajdonságát befolyásoló tényezők

1. Cementminőség és mennyiség hatása a beton szilárdságára:

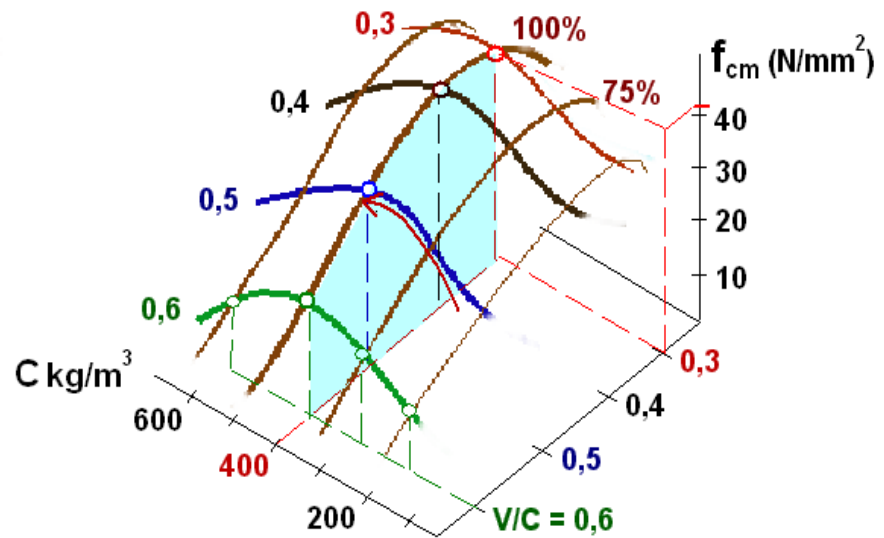
- cementtartalom
 C_{min} , C_{max}
- cementminőség



2. Vízmennyiség és konzisztencia hatása:

- V/C és konzisztencia
- V/C és szilárdság

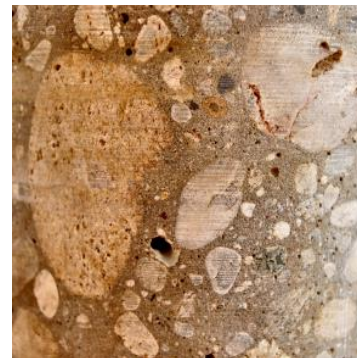
3. V/C és cementadagolás együttes hatása:



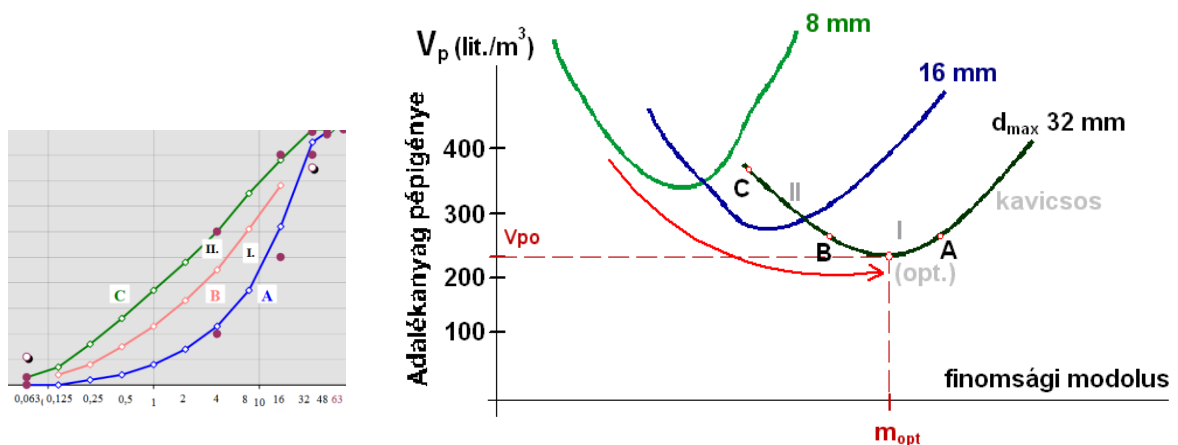
4. Adalékanyag minőségének hatása:

- szemmegoszlásra, m
- d_{max}
- alak
- agyag-iszap %,

Befolyásolják: bedolgozhatóságot
tömörséget, testsűrűséget
vízzáróságot
cementpép igényt



5. d_{max} hatása az adalékanyag cementpép igényére:



6. Betonkészítés hatása:

- betonkeverés, szórás (σ)
- betontömörítés
- szilárdulás
- utókezelés

Beton- és vasbetonszerkezetek korróziója

Betonkorrózió

Lágy víz okozta korrózió (kilúgozódás)

Lágy vizek: esővíz, hólé, kondenzvíz

Korróziós hatások:

- kioldják a Ca(OH)_2 -ot (nö a porozitás)
- csökken a pH -érték (acélkorrózió)
- $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ elbomlása (stabilitás vesztes)



Ca(OH)_2 kioldását befolyásolják:

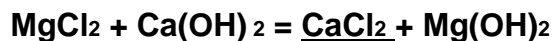
- a cement fajtája és mennyisége
- az adalékanyag aktív SiO_2^* tartalma
- a beton tömörsége és kora
- a víz keménysége és mozgása

Kioldásos korrózió (cserebomlás)

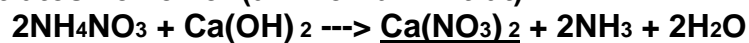
A betonra ható agresszív vegyületek: - agresszív ionok: Cl^- NO_3^-

- ipari szennyvizekben és talajvízben

Só hatása:



Nitrátos korrózió: (ammónium-nitrát)



kristályosodás, duzzadás

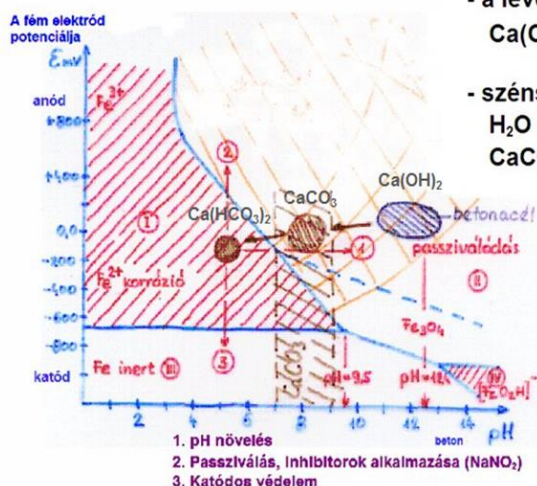
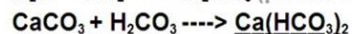
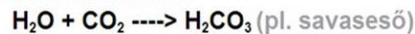
Savkorrózió: (sósav, kénsav, szénsav)

Savkorrózió:

- a levegő CO_2 hatása:



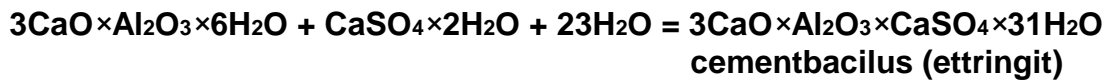
- szénsav hatása:



A vas Pourbaix (potenciál-pH) diagramja

Szulfátos korrózió (duzzadás)

Szulfátos talajvíz hatása:



Károsodás: térfogat növekedés

Védelem: CEM I 32,5 S* (szulfátálló cement)

$$\text{AM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,54 < 0,6$$

kohósalak vastartalma leköti az Al_2O_3 -t C_4AF ásványban



A beton korrózió elleni védelme

Beton összetételének helyes megválasztása

Agresszív hatásnak ellenálló felület képzése:

- torkretozás: lőtt betonréteg felhordása
- sav- és lúgálló műgyanta bevonatok
- vízüveg bevonat: $\text{Ca} \times \text{SiO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ képződik a felületen

Szigetelő bevonatok és rétegek: - betonimpregnáló- és javítóanyagok
- vízzáróság növelő bevonat

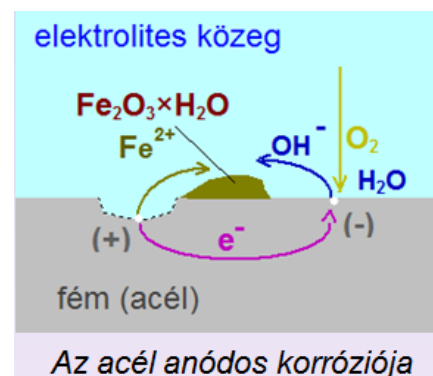
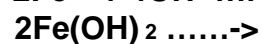
Vasbeton szerkezetek korróziója

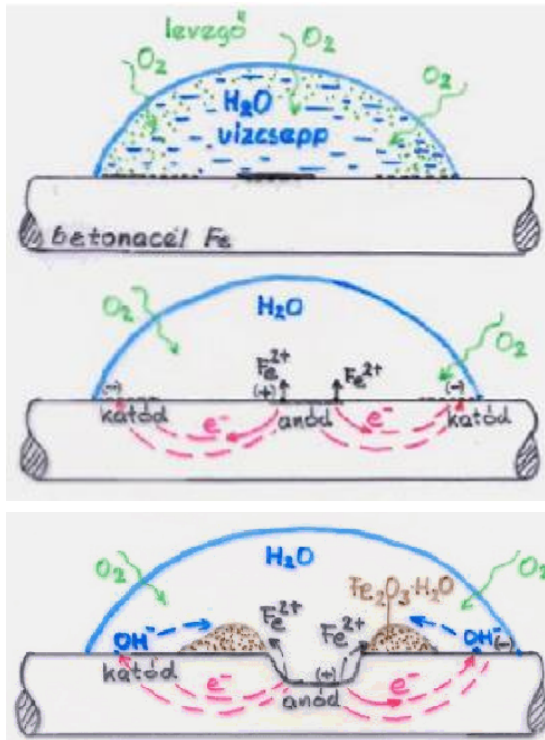
A betonacél korróziós jelenségei

Elektrokémiai korrózió:

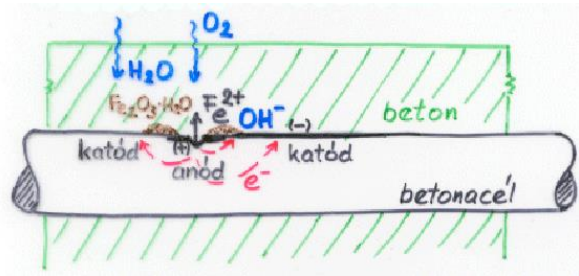
- oxigén, mint elektronegatív elem
- koncentrációs lokálielem kialakulása

Korróziós folyamatok:





Az acél atmoszférikus korróziója



Vasbeton korrózió

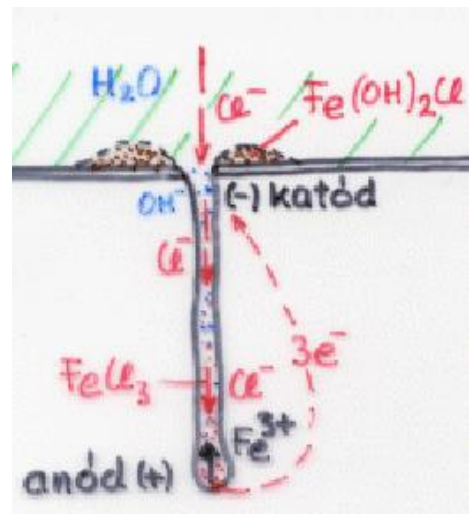
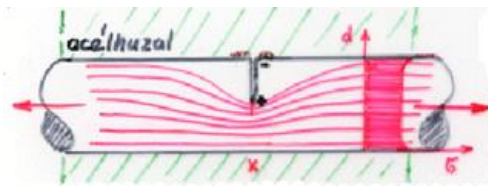
Kloridionok korróziós hatása

Lyukkorróziós reakció:



FeCl_3 -- disszociálódik--> $\text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^-$

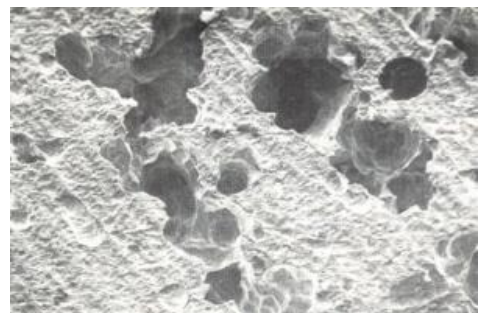
Feszültség (alatti) korrózió:



Kloridion lyukkorróziója

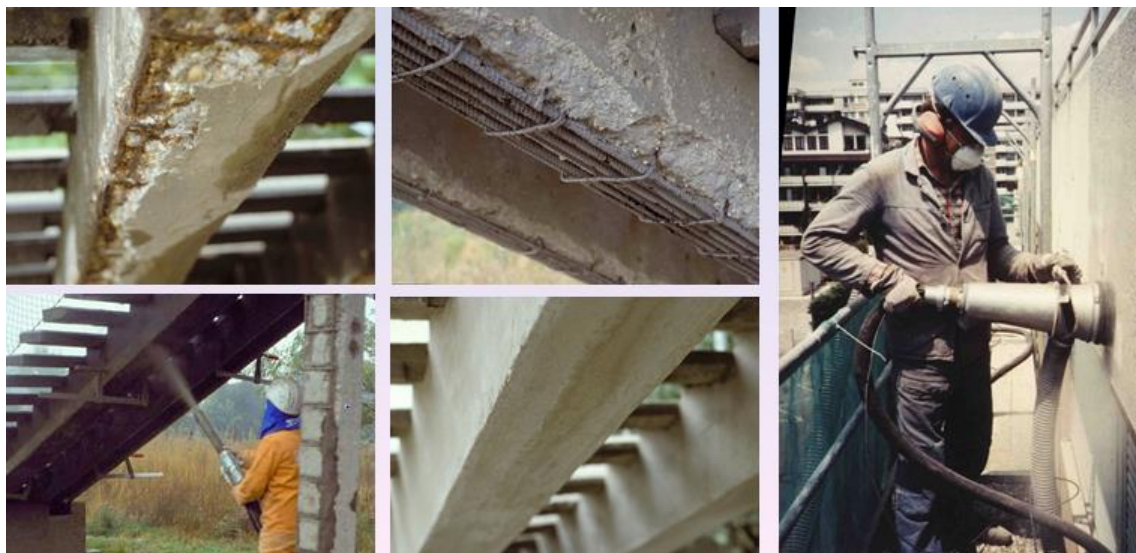


Feszítőhuzalok kloridos korróziója



Vasbeton szerkezetek rehabilitációja:

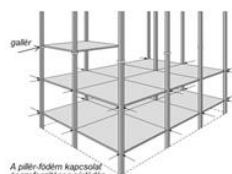
1. Károsodott betonfelület hántolása
2. Rozsdásodott vasalat tisztítása
3. Korrózióvédelem, rozsta-átalakítás
4. Tapadóhíd felhordása
5. Reprofillirozás, sérülések javítása
6. Védőbevonati rendszer készítése



A pécsi „Magasház” rehabilitációja (építés, megerősítés és bontás)

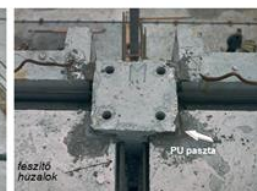
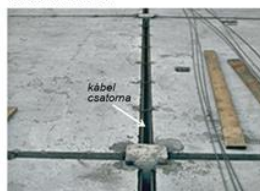


Az épület adatai: 82 m magas; 25 emelet; 18.500 m²; 252 db. lakás
Tartószerkezet: IMS földrengésálló utófeszített vasbeton vázszerkezeti rendszer.
Építés: 1974/76 Korrózió: 1983 Kikalkítás: 1989 Megerősítés: 2003 Bontás: 2016



A vázszerkezet szerelésekor

- CF iont tartalmazó habarcsot (PU pasztát) alkalmaztak.
- A kábelcsatornák betonanyagát nem tömörítették megfelelően.
- A feszítőkábelek átvezetéseit nem injektálták ki.



IMS utófeszített vasbeton vázszerkezeti rendszer



A pécsi 25 emeletes „Magasház” korróziós károsodása

A betonok megfelelősége

A betonok megfelelőségének követelménye az MSZ 4798 szerint

A betonok megfelelőségének ellenőrzése:

- Az *MSZ EN 206-1:2002* európai betonszabvány az 50 évre tervezett beton tartóssági követelményeinek kielégítésére környezeti osztályok alkalmazását írja elő.
- Az *MSZ 4798-1:2004* szabvány tárgyalja és kibővíti az európai szabvány magyarországi alkalmazási feltételeit, valamint értelmezi a környezeti osztályokat, és azok követelményeit.
- *MSZ 15022* szabvány alapján tervezett beton- és vasbeton szerkezetek betonját, továbbra is az *MSZ 4719* és *MSZ 4720* betonszabványok szerint kell ellenőrizni.

A nyomószilárdság megfelelőségének ellenőrzése

A beton nyomószilárdságának tervezett értékét meghatározzák:

- A betonszerkezet teherbíró képessége és a beton igénybevétele alapján meghatározott nyomószilárdság.
- A használati élettartam és a környezeti hatások alapján a tartóssági követelményeket figyelembe vevő nyomószilárdság.
- Megfelelő tartósságot és ellenálló képességet biztosító, környezeti hatásoknak megfelelő betonösszetétel.

Környezeti hatások kitéti osztályai

X0	Nincs korróziós kockázat (vasalás nélküli beton) (vasalás nélküli betonvasalt beton, száraz helyen)
XC-1...4	Karbonátosodás okozta korrózió (száraz váltakozva nedves és száraz)
XD-1...3	Kloridok által okozott korrózió (mérsékelten nedves váltakozva nedves és száraz)
XS-1...3	Tengervízből származó klorid által okozott korrózió
XF-1...4	Fagyási/olvasási ciklusok által okozott korrózió (függőleges, sózás nélkül vízszintes, jégolvasztó só)
XA-1...6	Kémiai korrózió (agresszív vegyi hatás) (enyhén agresszívnagymértékben agresszív környezet)
XK-1...4	Koptatóhatás okozta károsodás (gyalogos nehéz teher és gördülő igénybevétel)
XV-1...3	Igénybevétel víznyomás hatására (vízbehatolás: 50, 35, 20 mm)

X0 Nincs korróziós kockázat

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ MSZ 4798 táblázata
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett <u>beton</u> szerkezetek					
Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	165	0,90	NAD F2.
Például: <u>Aljzatbeton</u> , beton alapréteg, cement-stabilizáció					
Káros környezeti hatás nem éri a betont	X0b(H)	C12/15	230	0,75	NAD F2.
Például: <u>Vasatlan alapbeton</u> , kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges födém béléstest, üreges válaszfal, üreges zsaluzóelem, kétrétegű járdalap hátbetonja, kétrétegű útburkolóelem hátbetonja, üreges pince-falazóelem, belső főfal üreges főfal-falazóelem, belső főfal tömör főfal-falazóelem					
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett <u>vasalt beton</u> (nem vasbeton) szerkezetek					
Karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri a vasalt betont (nem vasbetont!)	X0v(H)	C16/20	250	0,70	NAD F2.
Például: <u>Száraz helyen</u> lévő vasalt alapbeton, vasalt térhatároló beton					

XC Karbonátosodás okozta korrózió

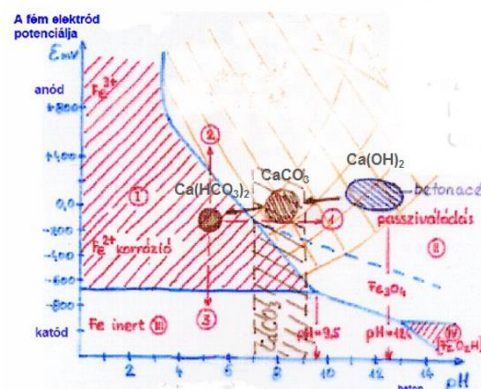
A karbonátosodás kitéti osztályai:

XC1 - száraz, vagy tartósan nedves

XC2 - nedves, ritkán száraz

XC3 - mérsékelten nedves, szabadban

XC4 - váltakozva nedves és száraz



A levegő CO₂ hatása: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Szénsav hatása: $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$

Karbonátosodásnak ellenálló vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton	XC1	C20/25	260	0,65	NAD F2.
Például: Belső pillér, belső födém, vízszint alatti betonok					
Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton	XC2	C25/30	280	0,60	NAD F2.
Például: Épületalap, támfalalap, mélyalap, alaplemez, kiegyenlítő lemez betonja					
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton	XC3	C30/37	280	0,55	NAD F2.
Például: Fürdőépület szerkezete, szabadban lévő esőtől védett szerkezetek betonja					
Váltakozva nedves és száraz, vízpermetnek kitett helyen lévő beton	XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2.
Például: Szárnyfal, pincefal, fűtő cölöp, cölöp-fejgerenda, mederfal, külső fal, pillér vagy födém betonja					

Az XC kitéti osztály követelménye és a javasolt szilárdsági osztály

XF Fagy/olvadási ciklus által okozott korrózió

Függőleges felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek

XF1- Mérsékelt víztelítettség, olasztó sózás nélküli, légbuborék nélküli

XF2- Mérsékelt víztelítettség, olasztó sózott, légbuborék szerrel és nélküli

Vízszintes felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek:

XF3- Nagy víztelítettség, olasztó sózás nélküli, légbuborék szerrel és nélküli

XF4- Nagy víztelítettség, olasztó sóknak kitett, légbuborék szerrel és nélküli

Vízszintes felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek ⁵⁾						
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagnak kitett, <u>olasztó sózás nélküli</u> fagyálló beton	XF3	C30/37	320	0,50	NAD F3.	
	XF3	Légbuborékképző <u>adalékszerrel</u> készül a beton. ⁶⁾				
	Példa: Útépítési és nem teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek	XF3(H)	C40/50	340	0,45	NAD F2.
	Légbuborékképző <u>adalékszer nélkül</u> készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek, fagnak és <u>jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett</u> fagyálló beton	XF4	C30/37	340	0,45	NAD F3.	
	XF4	Légbuborékképző <u>adalékszerrel</u> készül a beton. ⁶⁾				
	Például: Útpályabetonok, hídon átvezetett útburkolatok, repülőtéri burkolatok, nem teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek	XF4(H)	C40/50	360	0,40	NAD F2.
	Légbuborékképző <u>adalékszer nélkül</u> készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek <u>Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!</u>					

XA Kémiai korrózió (vegyi hatás)

XA1 - enyhén agresszív környezet

XA2 – mérsékeltén agresszív

XA3 - nagymértékben agresszív

Szennyvizek hatása:

XA4 - enyhén agresszív szennyvíz

XA5 - mérsékeltén agresszív

XA6 - nagymértékben agresszív

Kémiai jellemzők	Kitéti (környezeti) osztályok		
	XA1	XA2	XA3
SO ₄ ²⁻ mg/l	> 200 és < 600	> 600 és < 3000	> 3000 és < 6000
pH	< 6,5 és > 5,5	< 5,5 és > 4,5	< 4,5 és > 4,0
CO ₂ mg/l	> 15 és < 40	> 40 és < 100	> 100 telítésig
NH ₄ ⁺ mg/l	> 15 és < 30	> 30 és < 60	> 60 < 100
Mg ²⁺ mg/l	> 300 és < 1000	> 1000 és < 3000	> 3000 telítésig

Talajvíz és talaj (alapvetően duzzadásos és esetleg oldódásos) kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek ⁷⁾					
Enyhén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, túbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Mérsékeltén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA2	C30/37	320	0,50	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, túbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Nagymértékben agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA3	C35/45	360	0,45	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fűt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, túbbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				

XV Igénybevétel víznyomás hatására

Vízjáró beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Csak légköri nyomáson lévő nedvességálló (nem vízjáró) beton ¹²⁾	XV0(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
		Például: Talajvízszint feletti föld alatti szerkezetek, vagy vízelvezetéssel tartósan víztelenített környezetű szerkezetek			
Mérsékelt vízjáró beton, amelybe a víz legfeljebb 50 mm mélyen hatol be ¹³⁾	XV1(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
		Például: Pincefalak, csatornafalak, mélyalap, áteresztő, folyóka, surrantóelemek, mederlapok, mederburkolóelem, rézsűburkolat, víztároló medencék, záportárolók, esővízgyűjtő aknák			
Közepesen vízjáró beton, amelybe a víz legfeljebb 35 mm mélyen hatol be ¹³⁾	XV2(H)	C30/37	300	0,50	NAD F2.
		Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, víztároló medencék, föld alatti garázsok, aluljárók külön szigetelőréteg nélkül, földalatti alaptestek, kiegyenlítő lemezek			
Fokozottan vízjáró beton, amelybe a víz legfeljebb 20 mm mélyen hatol be ¹³⁾	XV3(H)	C30/37	300	0,45	NAD F2.
		Például: Mélygarázsok, mélyraktárak, alagutak külső határoló szerkezetek, vízépítési műtárgyak			

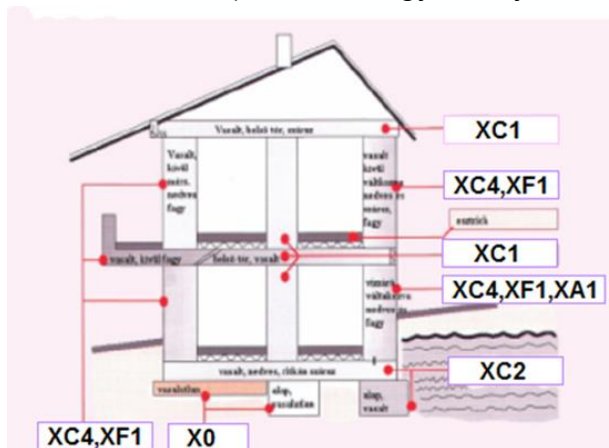
Betonok jelölése az MSZ 4798 szerint

C25/30-XC3-XF4-XA3 -16-S2-100év MSZ 4798:2018 betonjelölés

- C** - Concrete (norm. Beton) nyomószilárdsági osztálya
- 25** - 25 N/mm² f_{ck,cyl} jellemző szilárdság (hengeren)
- 30** - 30 N/mm² f_{ck,cube} (15 cm-es kockán)
- XC3** - környezeti osztály, karbonátosodás mérsékelt nedves környezetben (C30/37)
- XF4** - környezeti osztály, fagyhatásnak kitett fagyási/olvadási ciklusok hatása nagymérvű víztelítettség + jégolvasztó só
- XA3** - nagymértékben agresszív kém. környezet (C35/45)
- 16** - adalékanyag d_{max} (mm)
- S2** - konzisztencia, roskadás 50 ÷ 90 mm
- 100 év** - használati élettartam legalább 100 év

Mértékadó nyomószilárdsági osztály meghatározása:

Az erőtani számításokkal megállapított nyomószilárdsági osztály **C25/30** és a környezeti feltételek alapján előírt nyomószilárdsági osztályok (**C30/37** és **C35/45**) közül a nagyobb nyomószilárdsági osztály a mértékadó.



Statikusok gyakorlata

Már az erőtani számításoknál figyelembe veszik, és mértékadónak tekintik a környezeti feltételek alapján előírt (ajánlott) pl. XF4; C30/37 nyomószilárdsági osztályt.

Építmények vasbeton szerkezeteire javasolt kitéti osztályok

Különleges betonok és betontechnológiák

Különleges betonok és betontechnológiák:

- kötőanyagukban különleges betonok
(pl. szulfátálló beton, bauxitbeton, polimer betonok)
- adalékanyagukban különleges betonok
(pl. polisztirol beton, perlit beton, fabeton)
- vegyi adalékszerek adagolásával különleges
(pl. légpórusos fagyálló beton, gázbeton, habbeton)
- tulajdonságukban és alkalmazásukban különleges
(pl. kopásálló beton, vízzáró beton, tűzálló beton)
- összetételükben és előállítási módjukban különleges
(pl. fényáteresztő beton, dermesztett beton)
- bedolgozási technológiájukban különleges
(pl. lövellt beton, pörgetett beton, öntömörödő beton)

Hőszigetelő- és teherhordó könnyűbetonok:

- pernye gázbeton (BORSOD, HEBEL, MÁTRA)
- pórusbeton (YTONG, SIPOREX)
- habbeton (BauMix tetőfödém szigetelés, falazó elem)
- polisztirol betonok (PSH beton, LÖGLEN, , HABITEN)
- perlit beton (falazó elem, monolit hőszigetelés)
- fabeton (DURISOL, FABETON, VELOX)
- keramzit betonok (LIAPOR, HABISOL)
- habüveg-kavics betonok (Liaver üveggyöngy, habkavics)
- tufabeton (vibropréselt falazó- és kéményelemek)

Különleges tulajdonságú és rendeltetésű betonok

- nagyszilárdságú- és teljesítőképességű betonok
- szálerősített betonok (Dramix, Forte-Fibre)
- fényáteresztő betonok (Litracon, Pixel)
- agresszív hatáson ellenálló betonok (szulfátálló)
- vízzáró beton
- kopásálló beton
- hő- és tűzálló betonok
- műbetonok (poliészter és epoxi gyanta, polimer beton)
- duzzadó beton és habarcs (MAXDINAMIT, MAXPLUG)

Különleges betontechnológiák és eljárások

- lövellt beton (torkrét beton)
- öntömörödő beton (szuper plasztifikátorok)
- pörgetett beton (centrifugális erő)
- tömegbeton (nagy tömegű beton)
- víz alatti betonozás (kontraktor, kolkrét)
- tömedékelő- és injektáló betonok (pernyebeton, habbeton)
- látszóbetonok (esztétikus nyers beton felületek)
- 3D betonnyomtatási technológiák

1. Hőszigetelő betonok

Habbeton monolit hőszigetelés (BauMix habbeton)

- cementhabarcs + hab

Műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 250 \div 800 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{c,m} = 0,5 \div 3 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = 0,1 \div 0,2 \text{ W/mK}$$

Habbeton + polisztirol zúzalék

Felhasználás:

- tetőfödém hőszigetelés



Gázbeton hőszigetelő lap (Ytong Multipor)

Műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 115 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$$



Polisztirol hőszigetelő beton (PSH, LÖGLEN, ÖKOCELL)

Műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 400 \div 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda = 0,12 \div 0,18 \text{ W/mK}$$

$$f_{c,m} = 1 \div 2 \text{ N/mm}^2$$

Felhasználás:

- tetőfödém hőszigetelés
- födém hangszigetelés
- falazó- és zsaluzó elemek
- vakolóhabarcsok



Perlit beton és habarcs

Műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 400 \div 600 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$$

$$f_{c,m} = 1 \div 2 \text{ N/mm}^2$$

Felhasználás:

- hőszigetelő lapok
- tetőfödém hőszigetelés



2. Könnyűbetonok

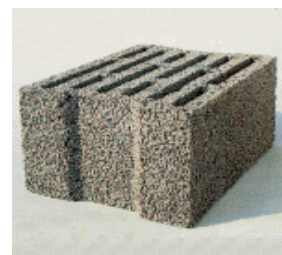
- falazó- és födémelemek, panelek és blokkok
- épületfizikai követelmények: $k < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- műszaki jellemzők:

$$\rho_t = 800 \div 1900 \text{ kg/m}^3 \quad f_{c,m} = 5 \div 20 \text{ N/m}^2 \quad \lambda = 0,3 \div 0,6 \text{ W/mK}$$



Keramzit duzzasztott agyagkavics adalékanyagú

- vibropréselt falazóelemek
- műszaki jellemzők: $\rho_t = 800 \div 1900 \text{ kg/m}^3$
 $f_{c,m} = 5 \div 20 \text{ N/m}^2$
 $\lambda = 0,3 \div 0,6 \text{ W/mK}$



Habüveg adalékanyagú beton

- Liaver és Poraver duzzasztott üvegyöngy
- műszaki jellemzők: - $\rho_t = 800 \div 1900 \text{ kg/m}^3$
- $f_{c,m} = 5 \div 20 \text{ N/m}^2$
- $\lambda = 0,3 \div 0,6 \text{ W/mK}$



Kohósalak beton

- falpanelek és öntött beton falak: falazóelemek és vibropréselt blokkok

Tufabeton

- vibropréselt betonelemek; falazóblokkok, kéményelemek

Téglazúzalék beton

- frakcionált téglaoőrlemény, vibropréselt falazóblokkok, kéményelemek

Nofines beton

- homok nélküli adalékanyag, korlátozott cementhabarcs
- öntött beton falszerkezetek (nem vibrált) könnyített beton: $\rho_t = 1600 \text{ kg/m}^3$

3. Különleges betonok

Nagyszilárdságú betonok (HSC) és nagy teljesítő-képességű betonok (HPC)

Osztályozás szilárdság szerint:

- $60 \div 120 \text{ N/mm}^2$ nagyszilárdságú beton
- $120 \div 250 \text{ N/mm}^2$ ultra nagy szilárdságú
- $400 \div 800 \text{ N/mm}^2$ hiperszilárdságú beton

Alkalmazási területek: - feszített vasbeton hidak
- TV tornyok, atomerőművek

Időállóság növelése (tömör, korrózióálló)

A beton és feszítőhuzal együttdolgozása.

A betonszilárdság növelése:

- CEM I - $52,5 > 450 \text{ kg/m}^3$ $d = 5 \div 30 \text{ mm}$
- $V/C_{opt} = 0,28$ adalékszer (szuperfolyósító)
- szilikapor és nanoszilika adagolás
- acél- és műanyag szál adagolás
- nagyszilárdságú adalékanyag
- aktivátoros betonkeverő, tömörítés (intenzív vibrálás) utókezelés



Szálerősített betonok

Szálerősítés: - műanyag szál, acélhaj (szál)
- üvegszál, szénszál, bazaltszál

A szálerősítés műszaki előnyei:

- csökken a repedésérzékenység
- növekszik a hajlító-húzó szilárdság
- lőtt betonnál csökken a visszahullás

Alkalmazás:

- beton héjszerkezetek, vízzáró csövek
- ipari padlók, beton aljzatok, útbetonok



Fényáteresztő "üvegbeton"

- Üveg (műanyag) szálak alkalmazásával, fényt bocsát át a beton (Litracon)
- Az üvegszálak egymással párhuzamosan elhelyezve (Pixelbeton)
- A fényinformáció megjelenik a falpanel túoldalán



Litracon pXL Pixelbeton

Losonczi Áron

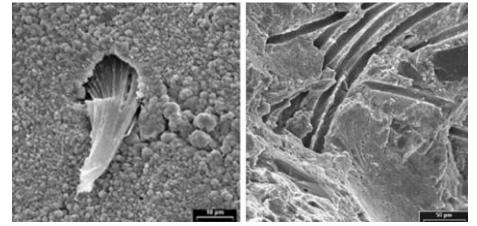
Litracon pXL Pixelbeton és alkalmazása:

- transzparens műanyag szálak vezeték a fényt
- a kép, fénypontokból (pixelekből) épül fel
- iparosítottan előállított panelelemek
- sík lapok, üreges testek, térbeli idomok
- átvilágított homlokzati- és válaszfalak
- belsőépítészeti dekorációs elemek
- belülről megvilágított szabadterei szobrok

Hő- és tűzálló betonok

Kémények, kazánalapok, kemencefalak

- hőállóság: normálbeton : 200 °C- ig
- hőálló beton : 500 ÷ 800 °C
- tűzálló beton: 800 °C felett

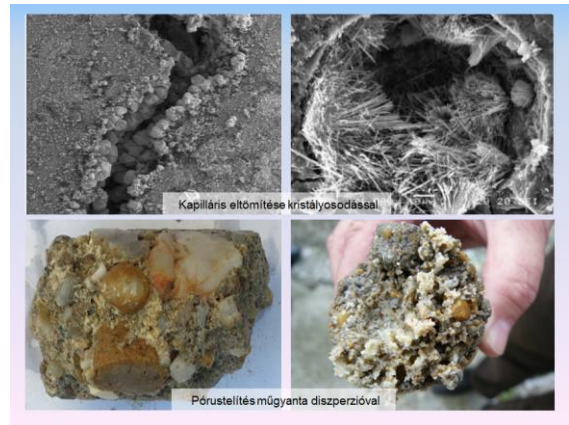
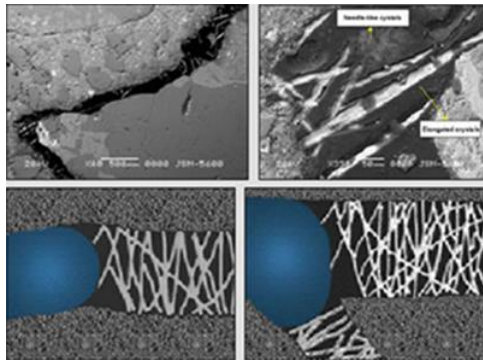


Vízáró betonok

Víztározó medencék, csatornák, vízepítési létesítmények

A vízáróságot fokozó anyagok működési elve:

- csökkenti a keverővíz mennyiségét (plasztifikátorok)
- kristályosodva CSH-t alkotnak (trasz, pernye, kaolinit)
- vízfelvétellel duzzadnak (bentonit)
- műgyanta diszperziók (pórust telítik)
- kristályosodva tömítenek (Penetron; XYPEX Oxydtron)



A pórus rendszer utólagos kitöltése
kristályokkal

- Betontechnológia: - túltelített cementpép, F2, V/C < 0,5
- vibrálással tömörítés
 - utókezelés 14 nap, kiszáradás elleni

Duzzadó beton és habarcs

- MAXDINAMIT
- MAXPLUG



Különleges betontechnológiák

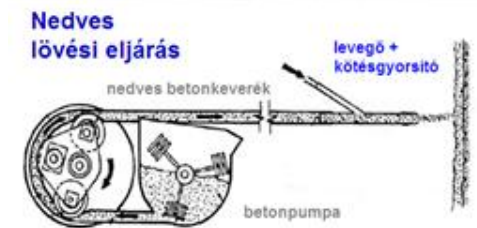
Lövelt, vagy torkrét beton

Beton rehabilitáció, szerkezet megerősítés:

- vb. kémények, alagutak, pincék

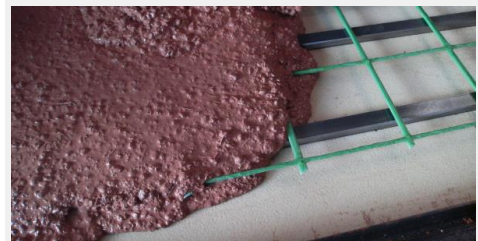
Vékony vb. szerkezetek előállítása:

- vízzáró betonréteg



Öntömörödő beton (ÖTB)

- vibrálás nélküli bedolgozási mód
- negatív formák kitöltése betonnal
- finomrész tartalom növelés
- folyósító szerek alkalmazása



Pörgetett beton

Vasbeton csövek, távvezeték oszlopok

- henger alakú sablont forgatják
- kör keresztmetszetű vb. szerkezetek
- csövek és cölöpök gyártása



Víz alatti betonozás

Hídpillérek, gátak, folyómedrek, pincék

- Kontraktor eljárás (tömlő + szivattyú)
- Kolkret eljárás (kövek közé injektálás)
- Sicotan vegyi adalékszer alkalmazása
- SikaUW-C kimosást gátló adalékszer



Tömegbetonok

Alkalmazás: - vízépítési műtárgyak, gátak, hídfők $d = 0,7 \div 3,0\text{m}$
- Q, egyenetlen °C eloszlás, kéregrepedés

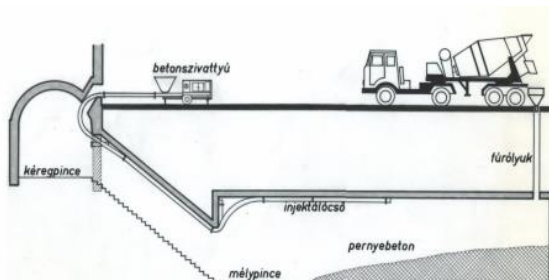
Technológia: - belites- és kohósalak cement, kötéslassítás
- belső hűtés, külső hőszigetelés
- Kolkret eljárás



Tömegbetonozási technológia

Pernyebetonos üregfeltöltés és picetömedékelési eljárás

- pernye gázbeton tömedékelő anyag
- pincetömedékelési technológiák



Pincetömedékelési technológia



Pécsi pince tömedékelése

Habcement injektálás és üregkitöltés

- közmű és vezetékágyazás
- csőben-cső injektálás
- üreg- és pincekitöltés



Közművezeték ágyazása habcementtel



Üregkitöltés

Alkalmazott betonok:

- öntömörödő és szálerősített
- habarcskimosásos, adalékszemcsés
- zsalumatricák alkalmazása

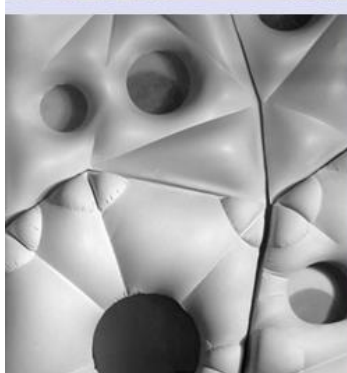
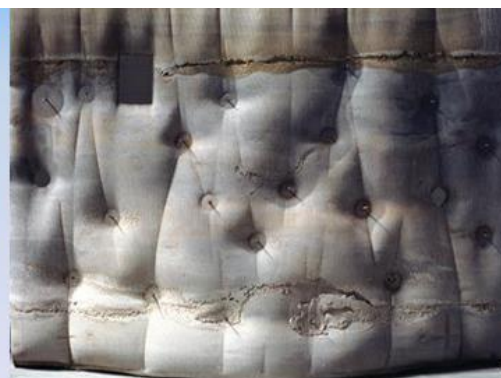
Betontechnológiai követelmények:

- egyenletes- és tartós szín (cement)
- pórusmentes és egyenletes felület
- esztétikus munkahézag kialakítás
- megfelelő zsaluzat, sablonleválasztás
- betonacél távtartó és acéltakarás
- betonfelület utókezelés, védelem



Mikrobarázdás falpanel

Parképítési betontárgyak



Kertépítési betonelemek

3D betonnyomtatási technológia

A 3D betonnyomtatás alkalmazásának sajátosságai

A nyomtatásra alkalmazott eljárások és betonnyomtatók fajtái

3D nyomtatással előállított épületek és betonszerkezetek

A beton összetételének meghatározása



Betonnyomtatásra alkalmazott eljárások

A - **Kötőanyag sugaras** technológia
Az adalékanyag rétegekre kötőanyagot lőnek. A kész termékről a felesleges, adalékanyagot eltávolítják.



B - **Lőtt betonos** technológia
A hagyományos lőttbeton technológia fejlesztett változata.



C - **Csúszó zsalus** technológia
Dinamikus csúszó zsaluzással egy robotkar a formát felfelé húzza, kialakítva a terméket.



D - **Extruderes** nyomtatási technológia
Programvezérelt nyomtató fejjel formázzák a terméket.



A nyomtatott építmény falzatának kialakítása



Az építmény falszerkezetének nyomtatása



Falszerkezet összekapcsolása betonacélokkal



A kinyomtatott falszerkezet (betonépítmény)

3D betonnyomtatás üzemi próbája (2022)

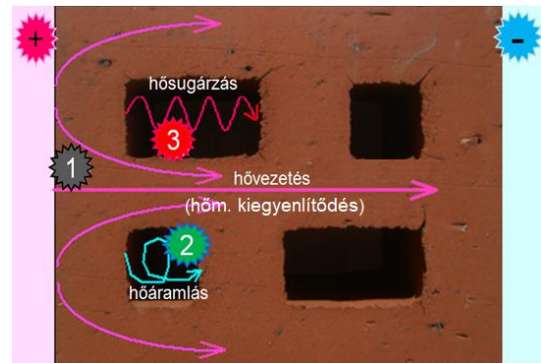
Hőszigetelő anyagok

Hőszigetelési alapfogalmak

Energiatakarékosság
az épületek hőszigetelésével

A hőszigetelés fontossága
hatékonyságának növelése és korlátai

Az anyag hőmérséklete (rácsrezgés):
atomrács mechanikai rezgési-energiája



Hőtranszport folyamatok

A hő (hőmérséklet) terjedése az anyagban

Hőtranszport folyamatok (hőközlési módok):

1. **Hővezetés:**
Részecskéről részecskére adódik át a hő az anyagban (kiegyenlítődé)
2. **Hőáramlás:**
Mozgó anyagrészecskék, gáz- és vízmolekulák közvetítik a hőt.
3. **Hősugárzás:**
Elektromágneses sugárzás (hullámok) formájában terjed a hő.

Az építőanyagok hőtechnikai jellemzői

1. Hővezetési tényező: (λ) W/mK

Az anyag hővezető képességétől függ
Megadja, hogy mekkora hőmennyiség
halad át 1 m² felületű anyag 1 m vtg rétegén,
ha a falfelületek hőmérsékletének különbsége 1K.

A hővezetési tényezőt befolyásolja a porozitás:

Minél kisebb a λ , annál jobban hőszigetel

2. Hővezetési ellenállás (R_λ) m²K/W

Adott (d) vastagságú és (λ) hővezetési
tényezőjű szerkezeti réteg, hő áramlattal
szemben kifejtett ellenállása: $R = d/\lambda$

3. Felületi hőátadási tényező: (h) W/m²K

h_i – belső oldali h_e – külső oldali

Hőátadási ellenállások: R_{hi} : 1/ h_i és R_{he} : 1/ h_e

Befolyásoló tényező: pl. a falfelület minősége

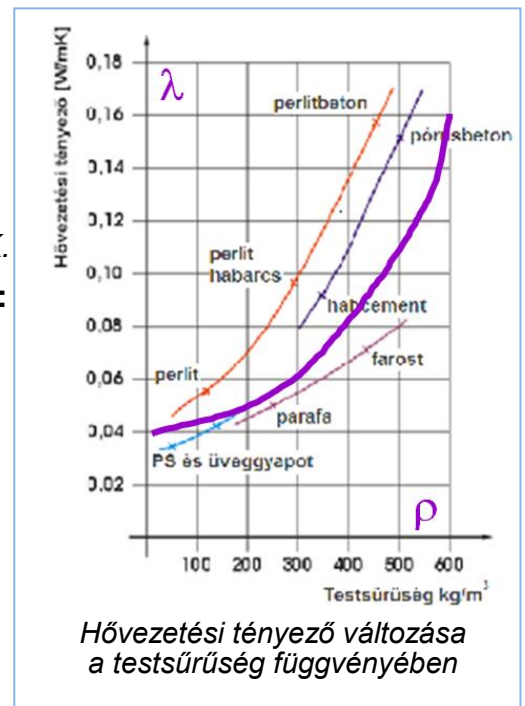
4. Hőátbocsátási tényező (U) W/m²K

Az a hőmennyiség, amelyet 1m² falszerkezet
átbocsát a két légtér között: $U = 1/R$

Hőátbocsátási ellenállás: $R = R_{hi} + R_{he} + R_\lambda$

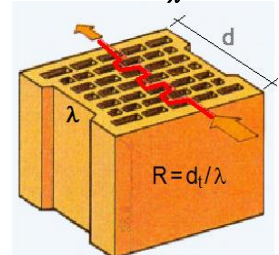
Térelhatároló falszerkezet U értéke: 0,24 W/m²K

$$U = \frac{1}{R_{hi} + R + R_{he}} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

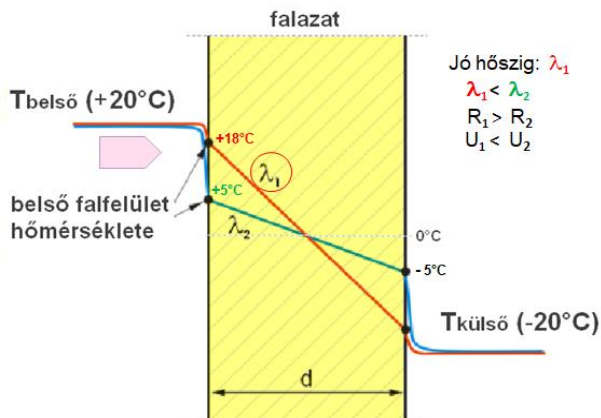


Hővezetési tényező változása a testsűrűség függvényében

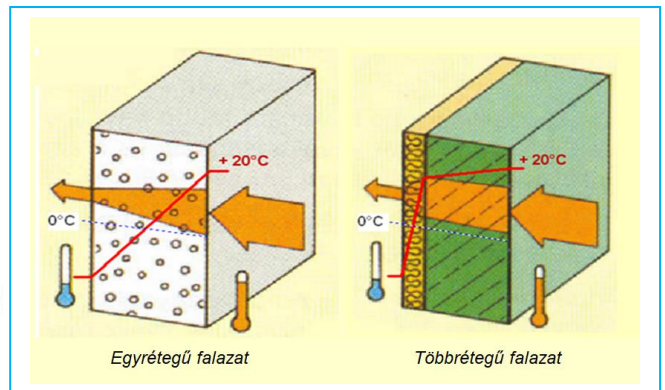
Falszerkezetek hővezetési
ellenállása: $R_\lambda = d/\lambda$



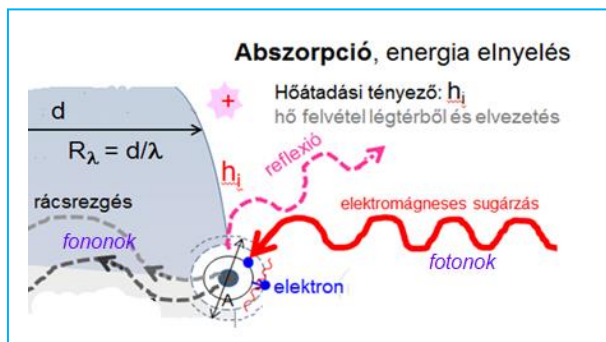
A falfelületek hőmérséklete λ és R függvényében



A falszerkezet hőfokelési görbéi



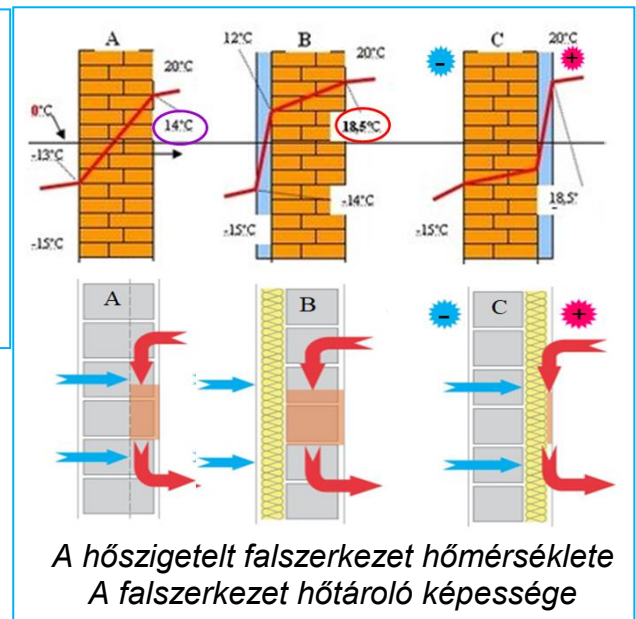
A falszerkezet épületfizikai jellemzői



Hőátadási folyamatok a fal felületén

Az elektromágneses sugárzás spektrumi és hatásuk az anyagra:

- infravörös sugárzás, elnyelődik *atomokat gerjeszti és, hőt indukál*
- látható fény, elnyelődik *reflektálódik, kevés hőt indukál*



A hőszigetelt falszerkezet hőmérséklete
A falszerkezet hőtároló képessége

Hőszigetelő anyagok

Hőszigetelő anyagok fajtái:

- feltöltő és kitöltő anyagok
- tömítőanyagok (ömlesztve)
- hőszigetelő habarcsok
- hőszigetelő idomttestek
- lemezek (PS, ásványgyapot)
- paplan, matrac, tömlő, filc
- nanostruktúrájú hővédő bevonatok



Hőszigetelő anyagok az épületben

Alkalmazási területek:

- homlokzatok hőszigetelő vakolása
- padlók és födémek hőszigetelése
- lapos tetők hőszigetelése
- tetőtér és padlásterek szigetelése
- helyszínen szórt hőszigetelés
- épületgépészeti és technológiai szigetelés



Hőszigetelő anyagok fajtái és előállításuk

1. Szálas termékek

Szilikát szálas termékek:

- kőzetgyapot (olvasztott kőzet szálak)
- üvegyapot (olvasztott üveg szálak)

Szerves szálas termékek:

- fagyapot, len, kókusz
- szalma és nád



2. Sejtesítéssel (gázosítás) gyártott termékek

Gázfejlődés a képlékeny állapotú anyagban

- duzzasztott perlit (vulkáni üveg, vízgőz)
- habüveg (üvegpórák + gázképző)
- YTONG pórusbeton (gázképzéssel)
- Polisztirol (PS) hab (expandált, extrudált)
- Poliuretán (PUR) hab (kémiai gázosítás)
- Polietilénhab (POLIFOAM) kémiai gázosítás



3. Habosítással gyártott termékek

- habbeton (habanyag + habarcs)

testsűrűség: $400 \div 600 \text{ kg/m}^3$
monolitikus tetőfödém szigetelés



4. Pórusos anyagokkal gyártott termékek

- hőszigetelő könnyűbetonok
- PS gyöngy habarcs és beton
- parafa őrlemény

5. Mikro- és nanostruktúrájú anyagok

- Aerogél paplan, TSM Ceramic bevonat



Hőszigetelő anyagok tulajdonságai

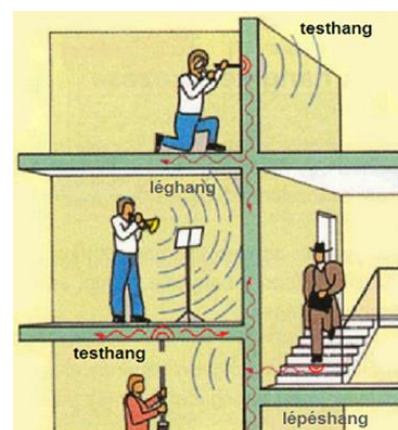
Követelmények:

- meleg szigetelők $> 900^\circ\text{C}$,
- hidegszigetelők (hűtő): $\lambda < 0,04 \text{ W/mK}$

Szilárdság: a 10%-os összenyomódáshoz tartozó nyomószilárdság (kPa)

A hangszigetelő anyagok

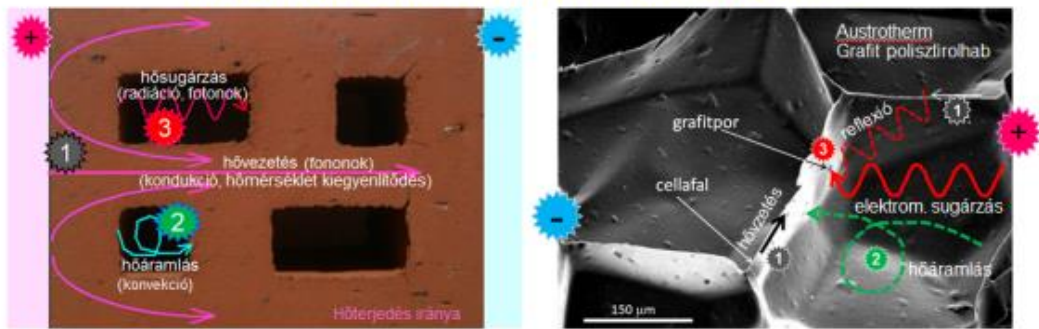
1. Léghang elnyelő anyagok
2. Léghang gátló anyagok
3. Hangszigetelő anyagok
4. Lépéshang-gátló anyagok



Épületen belüli hangszigetelések

Hőtranszport folyamatok a nanostruktúrájú anyagokban (nem tananyag)

A hő terjedésének formái az építőanyagokban



Hőátadás a kerámia falazóelemben

A polisztirol cellaszervezete

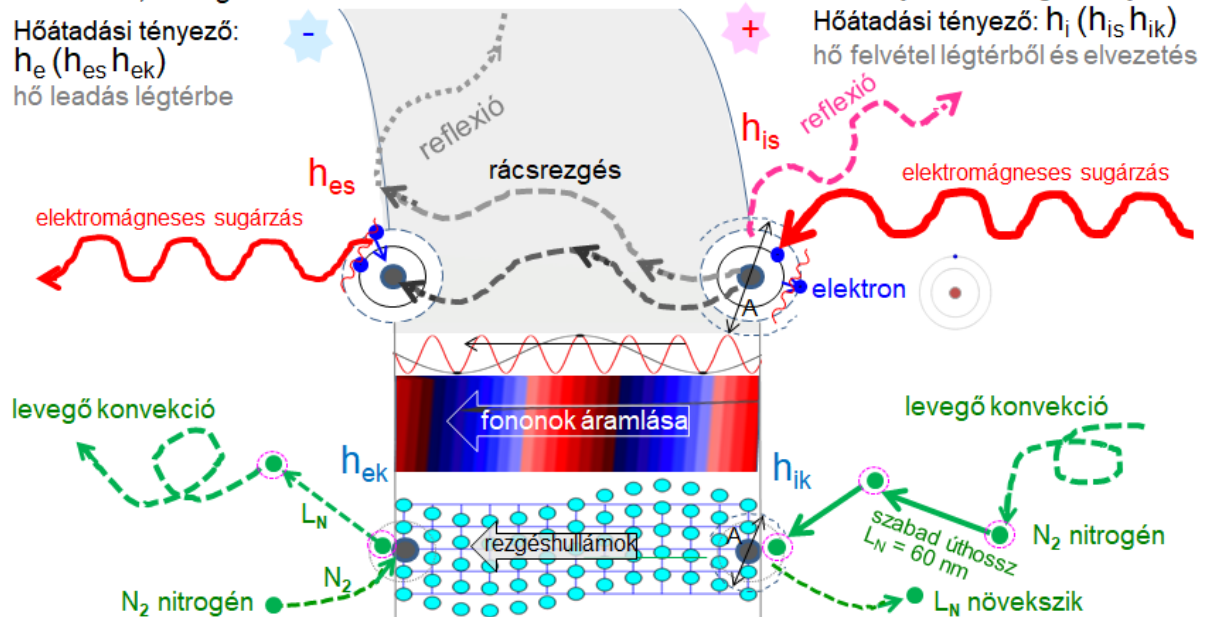
Hőtranszport folyamatok a szilárd anyagban: (hőátadás, hőközlés, hő csere, hő átvitel)

Az anyag hőmérséklete: Az atomrács mechanikai rezgési-energiája (rácsrezgés).

1. **Hővezetés:** Részecskéről részecskére adódik át a hő az anyagban (kiegyenlítődés).
Dielektrikum, a molekulák hullámszerű rezgőmozgása szállítja a hőt (fononok).
2. **Hőáramlás:** Mozgó anyagrészecskék, gáz- és vízmolekulák közvetítik a hőt.
A mikró méretű zárt cellákban minimális konvekciós hőáramlás.
3. **Hősugárzás:** Elektromágneses sugárzás formájában (infra, fotonok) terjed a hő.
A sugárzást visszaverő grafitpor szemcsék hőtükörként működnek.
A hősugárzás reflexiója miatt: $\lambda = 0,038 \rightarrow 0,032 \text{ W/mK}$ (-20%)

Emisszió, energia leadás

Hőátadási tényező:
 h_e (h_{es} h_{ek})
hő leadás légtérbe



Abszorpció: Elektronok elnyelik az elektromágneses sugárzást (fotonok), energiaszintjük növekszik.

Ez által, az atomok gerjesztődnek (rezgés-amplitúdójuk növekszik) hő indukálódik az anyagban.

A gerjesztett molekulák, rácsrezgéssel a hőt elvezetik (fononok áramlása)

Levegő molekulák a fallal való ütközéskor (+ súrlódás) mozgási- és belső energiát adnak át.

Emisszió: Elektronok az energiájukat, kisugározzák energiaszintjük csökken, ez által az atomok rácsrezgése (rezgési amplitúdójuk) lecsökken, az anyag lehűl.

A hőtranszport folyamatok a hővédő vékonybevonatban

Vízszigetelő anyagok

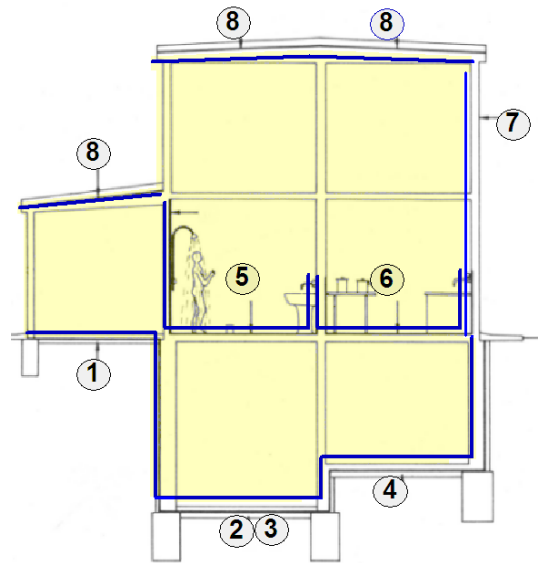
Vízszigetelési alapfogalmak

Építőanyagok vízáteresztő képessége:

- vízhatlan anyagok
- vízzáró anyagok
- vízáteresztő anyagok

Épületeket érő nedvesség:

1. talajpára
2. talajnedvesség
3. talajvíz
4. agresszív víz
5. használati víz
6. páralecsapódás
7. csapó eső
8. csapadékvíz



Épületek víz- és nedvesség elleni szigetelése

A bitumen előállítás és tulajdonságai

Bitumen előállítás ásványolajból (desztillációs bitumen)

A bitumen fizikai tulajdonságai

- folyadékokkal szemben kis reakcióképesség
- víz- átnemeresztő képesség, oldhatatlanság
- levegő (oxigén) hatására öregszi, ridegedik, nem UV álló
- benzin, gázolaj, zsírok oldják és lágyítják
- tulajdonságai °C emelkedésével változnak

1. Oxidációs (fúvatott) bitumen

- desztillációval előállított bitumenen 260 °C levegőt fúvatnak át
- javulnak a bitumen fizikai tulajdonságai

2. Plasztomer bitumen (műanyaggal kevert, modifikált)

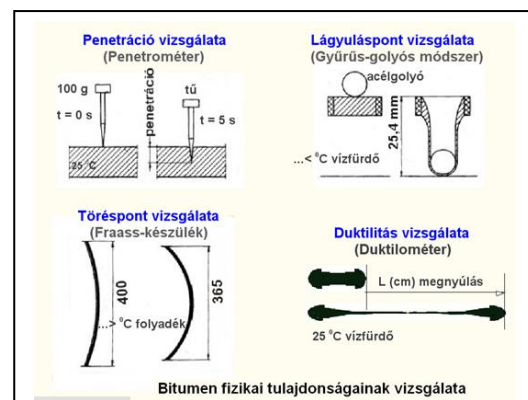
- javul a hideghajlíthatósága - 25C, hőállósága + 155C, UV ellenálló
- húzásra és nyomásra maradó alakváltozást szenved

3. Elasztomer bitumen (műanyaggal modifikált)

- lágyuláspontja 110C, töréspontja – 40C (magas hőállóság)
- húzásra-nyomásra nincs maradó alakváltozás
- kifáradással szemben ellenálló, repedés áthidaló képes

A bitumen fizikai tulajdonságainak vizsgálata

- penetráció vizsgálata
- lágyuláspont vizsgálata
- töréspont vizsgálata
- duktilitás
- duktilitás vizsgálata



A fizikai tulajdonságok összehasonlítása

B-jelű bitumenek műszaki adatai:

Jellemzők	Követelmény				
	B-90	B-65	B-45	B-30	B-15
	jelű bitumen				
Penetráció 25 °C-on 0,1 mm	71...100	55...70	36...54	20...35	10...19
Lágyuláspont °C, legalább	46	50	53	60	70
Töréspont °C, legfeljebb	-10	-8	-6	0	3
Duktilitás 25 °C-on, cm, legalább	100	100	50	50	15

Modifikált bitumenek műszaki adatai:

Jellemzők	Követelmény	
	APP plasztomer	SBS elasztomer
	bitumenek	
Penetráció 25 °C-on 0,1 mm	25	35
Lágyuláspont °C, legalább	155	120
Töréspont °C, legfeljebb	- 25	- 35
Duktilitás 25 °C-on, cm, legalább	>100	>100

A bitumen fajtái és felhasználása

1. Desztillációs- és oxidációs bitumen
- útépitési- és építőipari felhasználás
2. Modifikált bitumen
- szigetelő- és fedéllemezgyártás
- bitumenes zsindelygyártás
3. Hígított bitumen: bitumen + gázolaj
- zúzalékanyagok impregnálása
4. Bitumenemulzió: 65% bitumen és 35% víz
- zúzalék szemcsék impregnálása
- földben lévő betonfalak vízszigetelése
5. Bitumen máz: bitumen + lakkbenzin
- alapmázolás, ideiglenes védőbevonat
6. Aszfalt: bitumen + kőpor és kőzúzalék



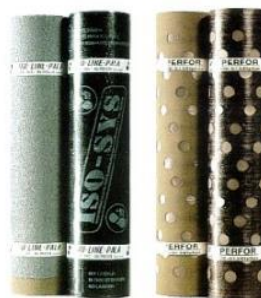
Bitumenes vízszigetelő lemezek

Bitumenes vízszigetelő lemezek

- csupaszlemezek (vékony)
- fedéllemez (vékony)
- hegeszthető vastag lemezek
- öntapadó vastag lemezek

Bitumenes páratechnikai lemezek:

- páryanomás kiegyenlítő lemezek
- párazáró lemezek



Hordozó anyagok (betétek):

- nyerspapír lemez jele: (P) nemz. P
- üvegfátyol (ÜF) GV
- üvegszövet (ÜSZ) GG
- poliészter fátyol (PE) PV
- alumíniumfólia (A) Al
- rézfólia (Cu) Cu

Bitumenes tetőfedő zsindelek és lemezek

- zsindelek lemezek rétegfelépítése
- bitumenes zsindelek (formaválaszték)
- bitumenes tetőfedő- és hullámlemezek
- palatetők felújítása zsindelelmezzel



Műanyag vízszigetelő lemezek és fóliák

1. Plasztomer lemezek (polimerizációs)
 - kevésbé nyúlnak, maradékalakváltozás
 - a lemezek helyszínen hővel formálhatók
2. Elasztomer lemezek (múkaucsuk)
 - jól nyújthatók, visszarugóznak
 - helyszínen nem formálhatók (lepel)



Műanyag felületszivárgó lemezek

- Polietilén anyagú, dombornyomott lemezek
- feladatuk az építmények víz elleni védelme
 - talajvíztől való védelem, víz elvezetés
 - csökkentik a víz hidrosztatikai nyomását

Felületszivárgók alkalmazási területei:

- alapfal-szigetelés védelem és rétegvíz elleni védelem
- zöldtetők szivárgó rétege
- szerelőbeton helyettesítés és bent maradó zsaluzat
- nedves falak átszellőztetése, radon kiszellőztetés



Vízszigetelési anyagok és technológiák (helyszínen kent és szórt)

Alkalmazási területek:

- talajvíz és víznyomás elleni szigetelések
- lábhatások és pincefalak szigetelése
- kültéri teraszok és víztározók szigetelése

1. Bitumenes kenhető vízszigetelések

- alapozó és fedő emulzió
- bitumenes habarcsok

2. Szilikát (cement) bázisú vízszigetelések

- cementkötésű betonok és habarcsok
- vízzárást fokozó adalékszerek és anyagok
- szilikát bázisú vízzáró habarcsok

3. Műanyag bázisú vízszigetelések

- folyékony fóliák és üvegszál erősítésű műgyanták
- műgyanta bázisú habarcsbevonatok
- hő- és vízszigetelő bevonatok (PUR hab)



Utólagos falszigetelő- és falszárító eljárások

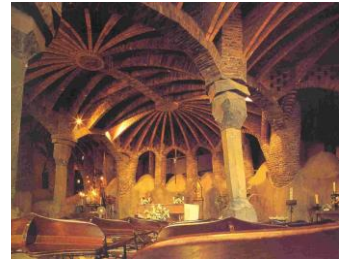
mechanikai, vakolat, vegyi szigetelés, elektrokinetikus, elektromágneses

Építési kerámia termékek felosztása

A termékek porozitása szerint: porózus és tömör szövetszerkezet

A termékek színe szerint: - fehérek: fajansz és csempék
- színesek: téglák, tetőcserepek

A termékek nyersanyaga alapján: - durvakerámiák (pl. vázkerámiák)
- finomkerámiák (pl. porcelán)
- tűzálló kerámiák (pl. samott)



Az építési kerámiák nyersanyaga

A kerámiák gyártásának nyersanyagai: - agyag (kövér és sovány)
- homok (soványító adalék)
- szénpor, fűrészpör..> p %

A gyártáshoz alkalmazott agyagok: - téglagyag (színesre égő)
- tűzálló agyag
- kaolin (fehérre égő)

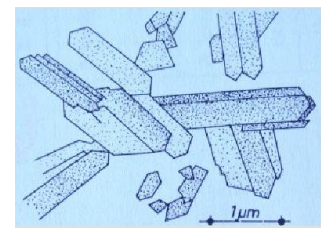
Az agyag plasztikusságát és formázhatóságát az agyagásvány tartalma határozza meg.

- az agyagásványok szerkezeti felépítése
- agyagok vízfelvételének mechanizmusa

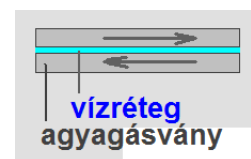
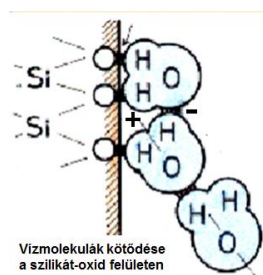
A vízburok vastagságának változása okozza az agyagok duzzadását és zsugorodását.

A kerámiákhoz használt agyag tulajdonságai:

- képlékenység és nyersszilárdság
- alakíthatóság és szilárdulás



Agyagásványok



Az agyag vízfelvételének és duzzadásának mechanizmusa

A gyártástechnológia műveletei:

1. A nyersanyag előkészítése

Megfelelő finomságú, formázáshoz kedvezően képlékeny keverék előállítása.
(agyag kitermelése, aprítása, őrlése keverés, nedvesítés, homogenizálás)

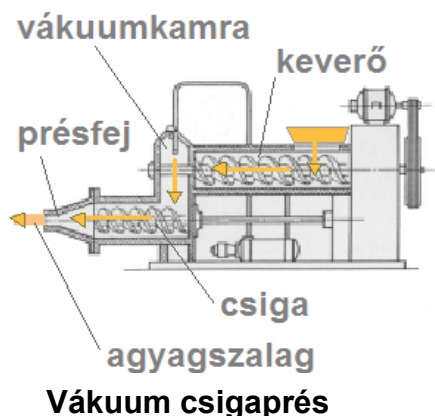
2. Formázás

A termék formázása a képlékeny agyagból, nedves és félszáras eljárásokkal történik.

- alakjukat a vákuum-csigaprésen kapják
- formázó szerszámon keresztül préselik
- acélhuzalos darabolás

Sajtolt tetőcserép formázása:

A cserepet, csigaprésen előhúzott és méretre vágott agyag-kalácsokból sajtolással készítik.



3. Szárítás

A nyers termékeket szárítják, a kiégetés során fellépő zsugorodási repedések elkerülése végett. Az agyag zsugorodását a vízvesztés okozza.

Szárító berendezések:

- kamrák (szakaszos üzeműek)
- csatornák és alagutak (folyamatos üzem)

4. Égetés

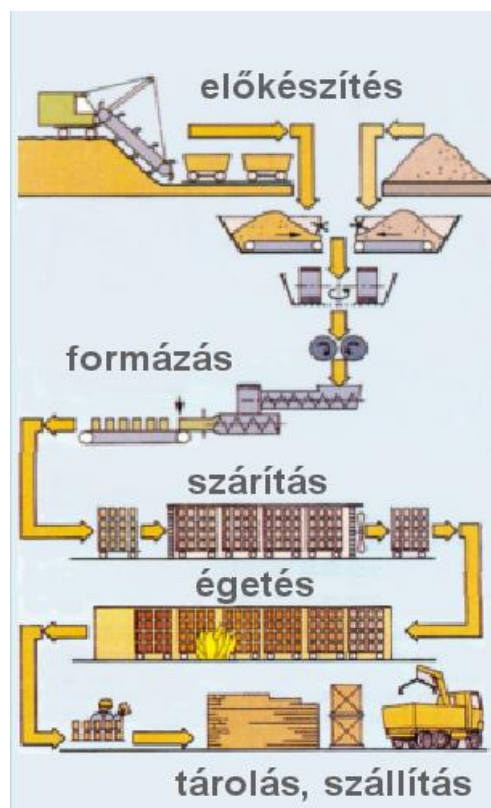
Az agyagból formázott termékek kiégetése zsugorodási hőmérsékleten: $900 \div 1000 \text{ } ^\circ\text{C}$ -on
- kamrában és alagútkemencében

5. Tárolás és szállítás

- rakatképzés és csomagolás

A finomkerámiák gyártásának további műveletei:

- mázazás, festés, égetés



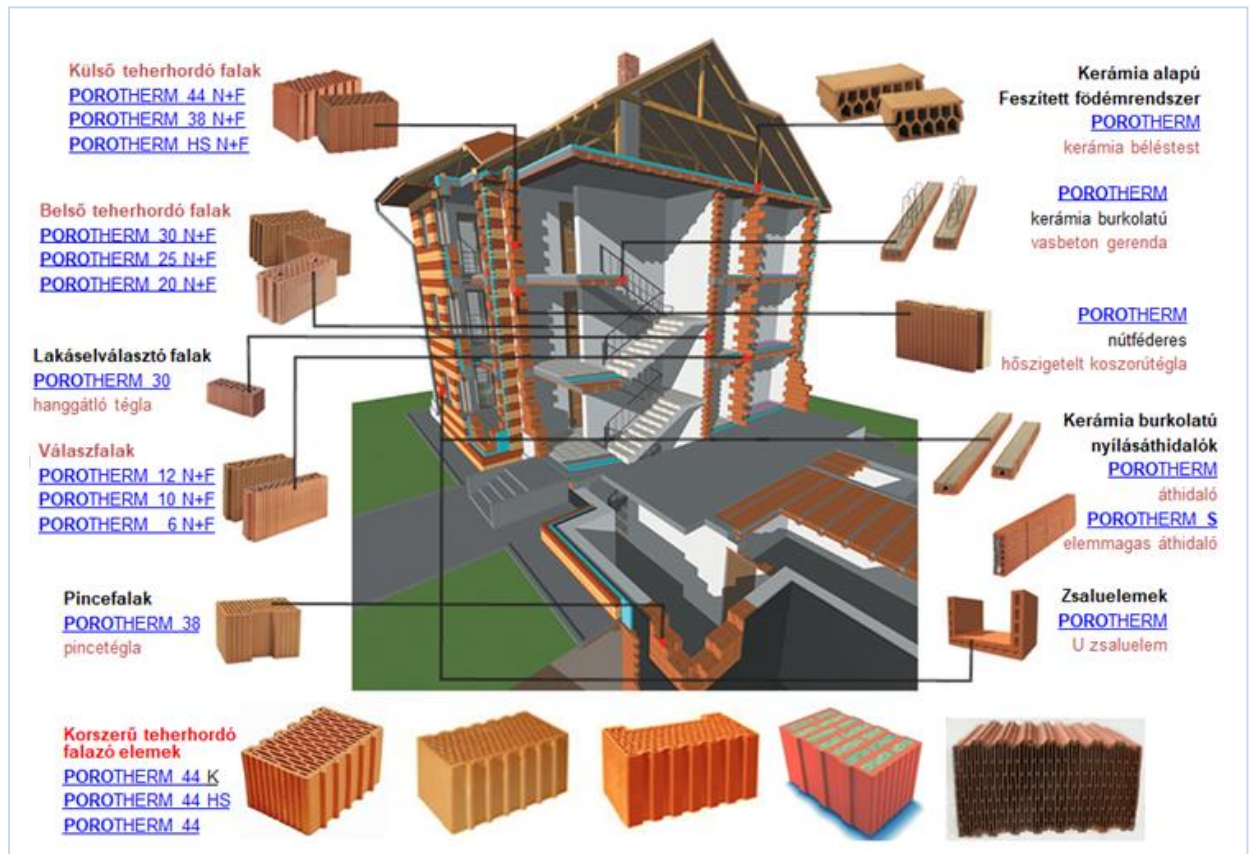
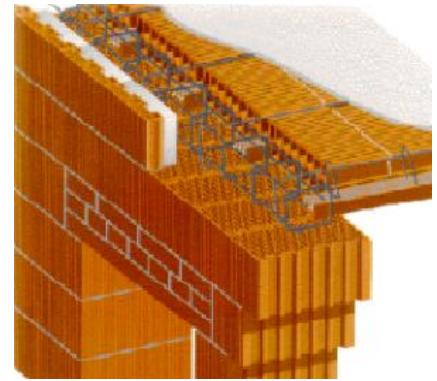
Építési kerámia termékek választéka

1. Égetett agyagtéglák és vázkerámiák

- kisméretű tömörtégla
- vázkerámia kézi falazóblokkok
- válaszfal téglák- és elemek

2. Födémelemek és béléstestek

- vázkerámia födém béléstestek
- kerámia burkolatú vb. födémgerendák
- kerámia burkolatú nyílásáthidalók



POROTHERM kerámia termékek

3. Égetett agyag tetőcserepek

- hódfarkú és hornyolt tetőcserepek
- sajtolt cserepek (két irányban hornyolt)
- kiegészítők: gerinc, szellőző, hófogó

4. Fal- és padlóburkoló lapok és téglák

5. Pyrogránit szobrászalakítású termékek

6. Egyéb építőipari termékek:

- vályogtégla falazó elem



Pyrogránit díszítőelem

Építőfák és faanyag védelem

A fa építőipari felhasználása

A fa felhasználását csökkentő tényezők

A felhasználást növelő tényezők

A fa részei és felépítése (metszet)

- | | |
|-------------|--------------------------------|
| 1. Fa kéreg | elhalt szövetek |
| 2. Háncs | laza szövetek |
| 3. Kambium | osztódó szövetek |
| 4. Szíjács | fás szövetek |
| 5. Geszt | feladata a fatest szilárdítása |
| 6. Bél | tápanyagszállítás és tárolás |

Évgyűrűk

A fa szerkezeti felépítése (szövelemei)

1. Edénysejtek
 - megnyúlt sejtek, elhalnak, faluk elfásodik
2. Alapsejtek
 - a kész tápanyagot raktározzák
3. Rostsejtek
 - lombos fák szilárdító szöveit alkotják

Fák felosztása

Tűlevelű fák (fenyő félék)

- vörösfenyő
- erdei fenyő

Kemény lombos fák (kemény fák)

- tölgy
- bükk

Lágy lombos fák (puha fák)

- nyár

A fa tulajdonságai

A fa kémiai összetétele

A fák oxidos összetétele

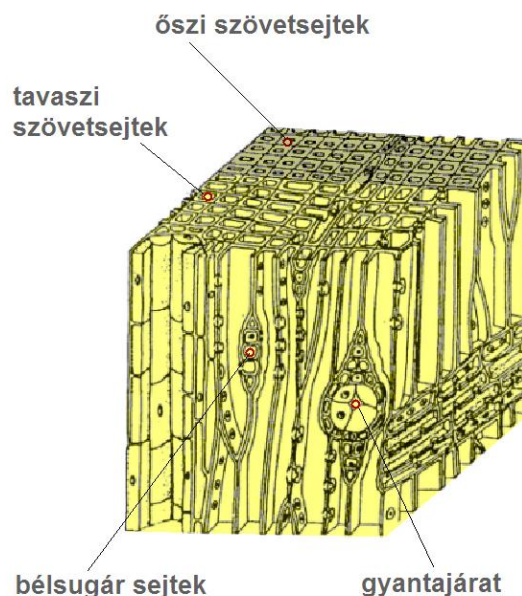
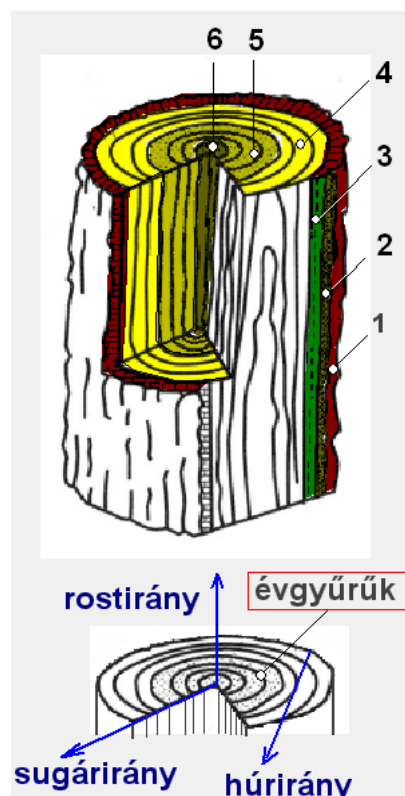
A fákat alkotó vegyületek

Szénhidrátok

Lignin és egyéb kísérőanyagok

Az élő fa víztartalma: $w = 35 \div 130 \text{ m\%}$

- kötött-, vagy kolloidális víz
- szabad-, vagy kapilláris víz



A fenyőfa szerkezeti felépítése

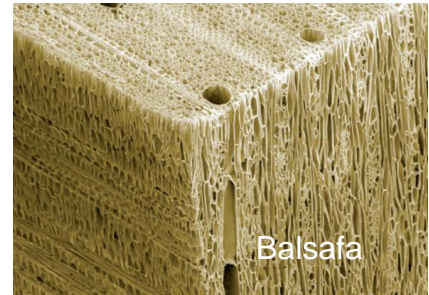
A fa fizikai tulajdonságai

A fa fizikai tulajdonságai erősen függenek

- a rostiránytól
- a nedvességtartalomtól

Tömegjellemzők

- sűrűség: $\rho = 1540 \text{ kg/m}^3$
- testsűrűség: (15% légszárász)
 - nagyon nehéz fák (cser) : $800 \div 880 \text{ kg/m}^3$
 - nehéz fák (bükk, tölgy): $680 \div 780 \text{ kg/m}^3$
 - nagyon könnyű (cédrus) : $380 \div 440 \text{ kg/m}^3$



Hőtechnikai jellemzők

- hővezetési tényező λ hosszirányban = $0,22 \div 0,37 \text{ W/mK}$
 λ keresztirányban = $0,08 \div 0,20 \text{ W/mK}$
- hő tágulási együttható
- égési hőmérséklet: $260 \div 300 \text{ }^\circ\text{C}$

Hidrotechnikai tulajdonságok

1. A fa nedvességtartalma w (m%)

w = a sejtfalakban lévő kötött víz
+ a sejtüregekben lévő szabad víz
a kiszáritott tömeg %

A fák nedvességtartalma:

- élőnedves : $w > 50 \text{ m}\%$
- rosttelített : $w = 30 \text{ m}\%$
- légszárász : $w = 15 \text{ m}\%$
- szobaszárász: $w = 12 \text{ m}\%$

2. A fa vízfelvevő képessége: v (m%)

3. A fa egyensúlyi nedvességtartalma: w (m%)

4. A fa rosttelítettségi nedvességtartalma

A fa nedvesség okozta alakváltozása

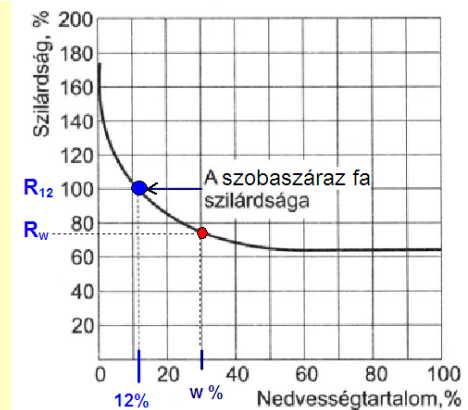
- vetemedés: rostirány 1%
sugárirány 6%
húrirány 12%

A sejtfalakban levő kötött víz mennyiségének változása okozza

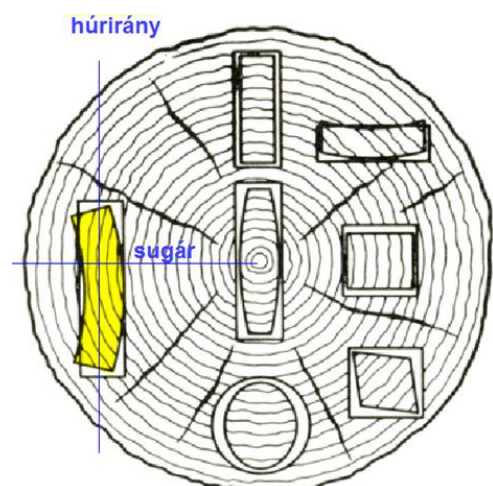
- zsugorodás és duzzadás

A fák egyéb tulajdonságai

- hangszabályozás (akusztika)
- elektromos vezetőképesség
- kopásállóság
- keménység



A fa nedvességtartalmának hatása a szilárdságra



A fa alakváltozása, zsugorodás során

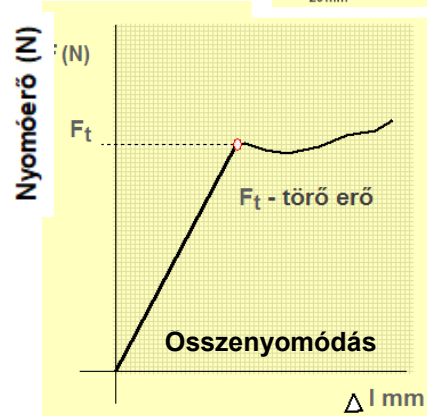
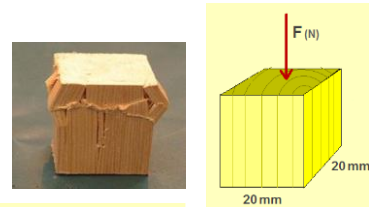


A fa zsugorodása

A fa szilárdsági tulajdonságai

A fa szilárdságát befolyásoló tényezők:

- a fa nedvességtartalma (12 m%)
- az erő- és a rostirány hajlásszöge



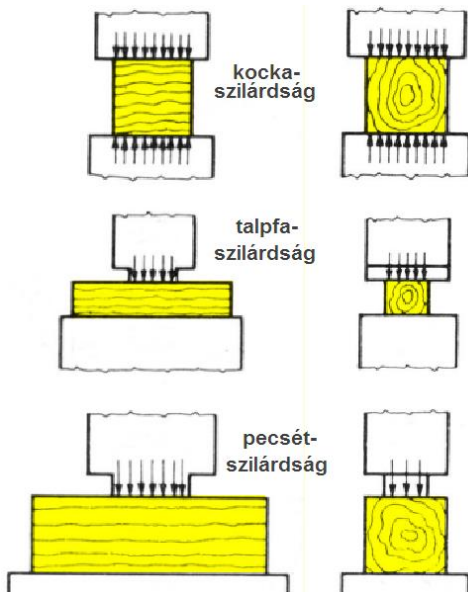
Rostokkal párhuzamos II

Szilárdsági tulajdonságok vizsgálata

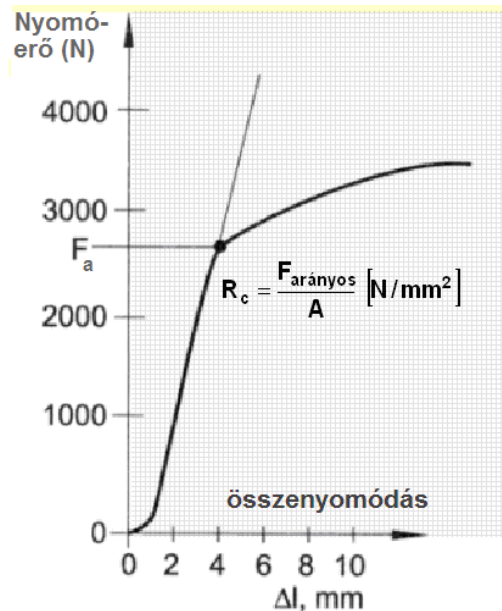
Nyomószilárdság: függ a rostiránytól

1. Rostokkal párhuzamos II ($30 \div 60 \text{ N/mm}^2$)
2. Rostokra merőleges \perp ($5 \div 15 \text{ N/mm}^2$)
törésnélküli tömörödés, összenyomódás
(kocka-, talpfa-, pecsétzilárdság)

Erő-összenyomódási diagramok:



Rostokra merőleges \perp nyomószilárdság vizsgálat



Húzószilárdság (szakító):

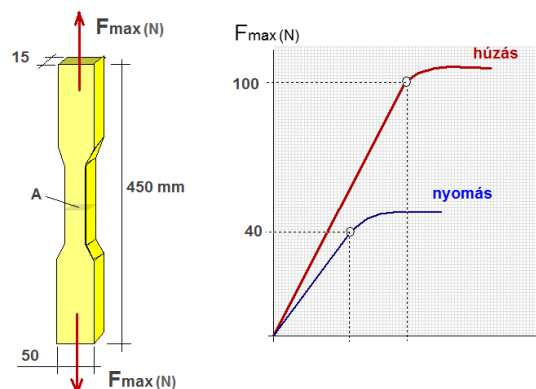
- rostokkal párhuzamos
- rostokra merőleges (nem terhelhető)

Hajlítószilárdság: $R_h = M_{max}/K \text{ N/mm}^2$

- rostokra merőleges szilárdság
- rostokkal párhuzamos

Nyírószilárdság: $R_t = F_{max}/A \text{ N/mm}^2$

Ütő-hajlító szilárdság
Hasíthatóság



Rostokkal párhuzamos húzószilárdság vizsgálat

Faipari termékek

Faragással készített termék

Fűrészeléssel előállított termék

- gerenda, palló, deszka, lécs
- parketta, szalagparketta

Késeléssel, hámozással előállított termék

Ragasztással, sajtolással előállított termék:

- rétegelt lemez, farost lemez,
- faforgács lap, fagyapot lemez (Heraklith)
- fabeton lapok és falazó elemek (Fabeton, Durisol)
- cementkötésű faforgács lap
- faháncs lapok (OSB)



Gerenda ház



Gerendák



OSB lapok



Heraklith (fagyapot)

Nemesített fa építőanyagok (a fa fizikai-mechanikai tulajdonságainak javítása)

1. A fa szárítása és hőkezelése $w < 15\%$; méret- és alaktartás
2. Lemezek kialakítása rétegtképzéssel
3. A fa impregnálása és színezése
4. A fa tömörítése préseléssel (szilárdság növelés)
5. Faszervezetek ragasztása

Ragasztott fa tartószerkezetek gyártása

- fűrészárú méretre vágása
- elemek hossz és vtg. toldása
- tartószerkezeti elemek ragasztása
- szállítás, szerelés, szerkezetkialakítás



Pallók méretre vágása



Tartószerkezeti elemek ragasztása



Íves gerendaelemek kialakítása



Az íves gerendák készre gyártása



A szerkezeti elemek szállítása és szerelése

A fa építészeti alkalmazása

Ragasztott faszerkezetek alkalmazása
Belsőépítészeti és művészi alkalmazások

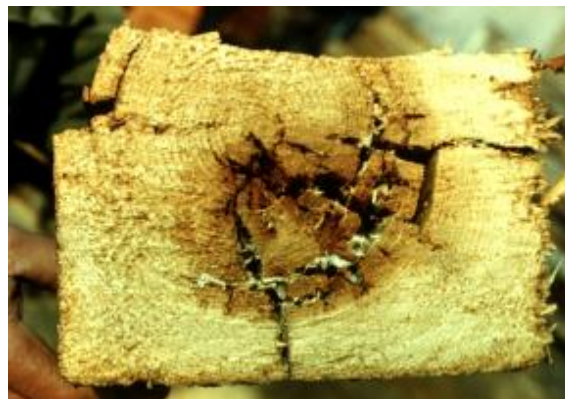


Fahibák és fabetegségek

1. A fatörzs alaki hibái
 2. A faanyag szerkezeti hibái
 3. Térfogatváltozás okozta fahibák
 4. Rovarak okozta fahibák: - rágásokat a rovarfajok és álcáik okozzák
- farontó bogarak
 5. Baktériumok és gombák okozta fahibák: baktériumok és farontó gombák
- A károsodás tünetei: - penészgombák okozta elszíneződés
- fülledés, szellőztetés hiányakor (bűkk)
- korhadás, sejtfalakat lebontják a gombák
- barnakorhadás, nedves korhadás, fehér korhadás



A fák rovar kártevője



A fa gombabetegsége

Fémek és betonacélok

A fémek jellemzése

A fémekre jellemző tulajdonságok
Fémek építőipari alkalmazása
Fémek felosztása és csoportosítása

Fémek felosztása és csoportosítása:

- könnyűfémek $\rho < 4.500 \text{ kg/m}^3$ (alumínium)
- nehézfémek $\rho > 4.500 \text{ kg/m}^3$ (ólom, vas)
- színesfémek (réz, cink)
- nemesfémek (ezüst, arany)
- ötvözetek (több fém összeolvasztva)



Stadion acél-vázszerkezete

Vas és acél előállítása

Nyersvas előállítása nagyolvasztó kohóban

1. Vasgyártás alapanyagainak adagolása

- vasérc (hematit Fe_2O_3 , magnetit)
- koksz (szén)
- salakképzők (mész, kő)

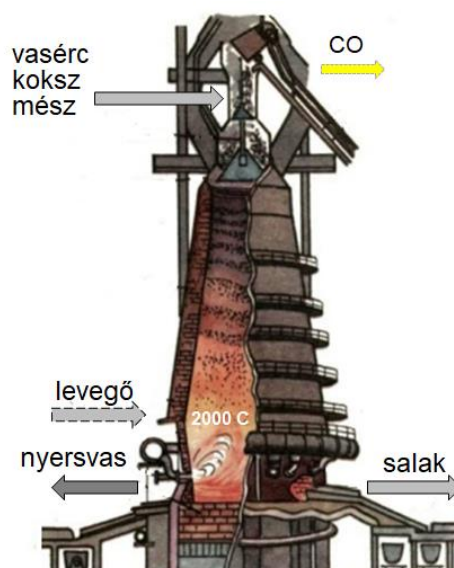
2. Vasérc redukciója (nyersvas előállítás)



3. Salak eltávolítása

4. Nyersvas csapolása

5. Vas- és öntöttvas termékek előállítása



Nyersvas előállítás kohóban

Acél előállítása nyersvasból acélműben

1. Oxigént fúvatnak a konverterbe



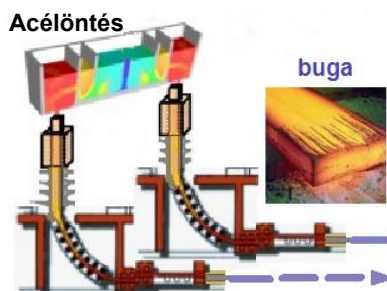
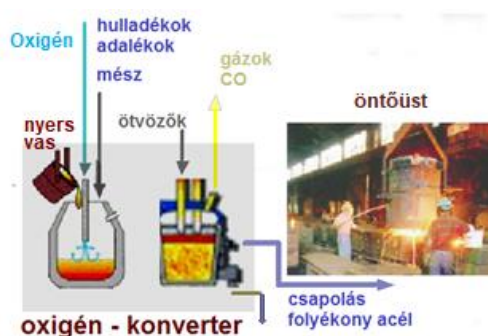
2. Ötvözetet állítanak elő

3. Eltávolítják a nyersvas szennyezőit

4. Öntőüstbe csapolják a folyékony acélt

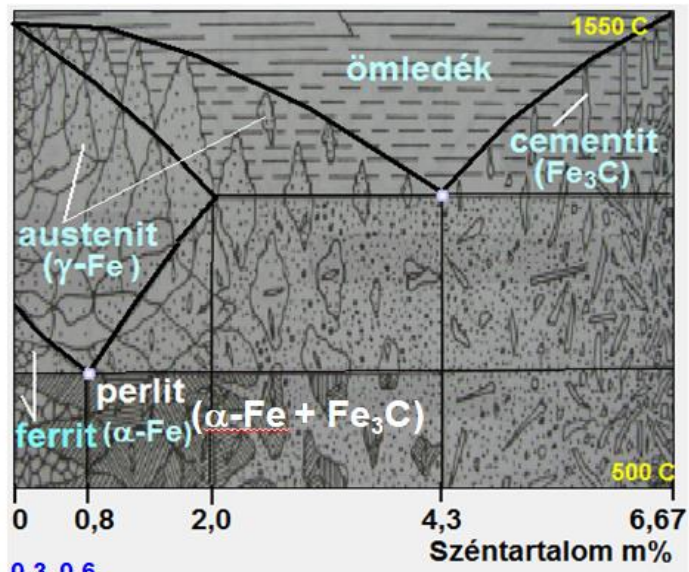
5. Kokkilákat, illetve bugákat öntenek.

6. Lemezek meleg-és hideghengerlése



Vas-szén ötvözetek szövetszerkezete

Lassú lehűléssel keletkező kristályszerkezetet a széntartalom befolyásolja.



Vas-szén ötvözet ábra

acélok		nyersvasak	
szerk	szersz	öntöttvas	feldolg. nem alkalm.
n.e	edzhető		
heg	nem heg		

A széntartalomtól függő tulajdonságok

A C% tartalomtól függő acélfajták: - szerkezeti acél: $0 < C < 0,6\%$
 - szerszám acél : $0,6 < C < 2,0\%$
 - öntöttvas : $2,0 < C < 4,5\%$

Megmunkálhatóság szerint: - hegeszthető : $0 < C < 0,3\%$
 - edzhető : $0,3 < C < 2,0\%$
 - kovácsolható: $0 < C < 1,2\%$

Az acélok tulajdonságai hőkezelési eljárásokkal megváltoztathatók (javíthatók).

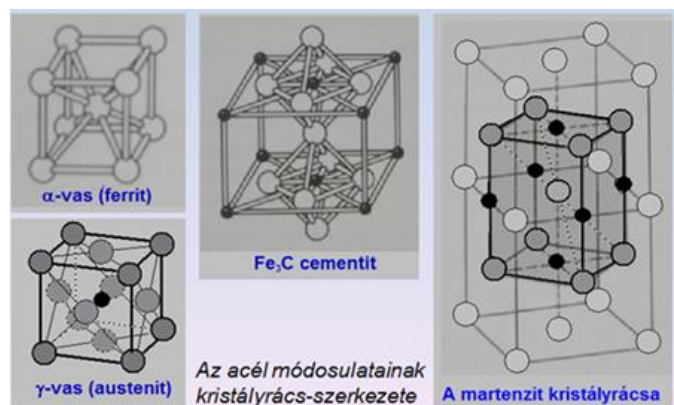
- pl. edzés és megeresztés

Edzés:

A nagyobb keménység elérésére felmelegítik, majd gyorsan lehűtik. Martenzites kristályrács keletkezik.

Acélok alakíthatósága:

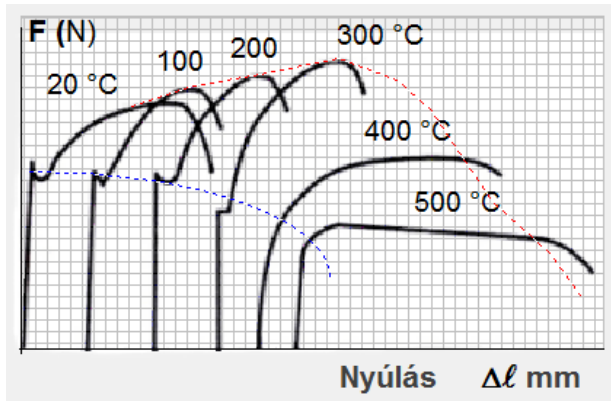
- hideg- és meleg alakítás
- forgácsolás



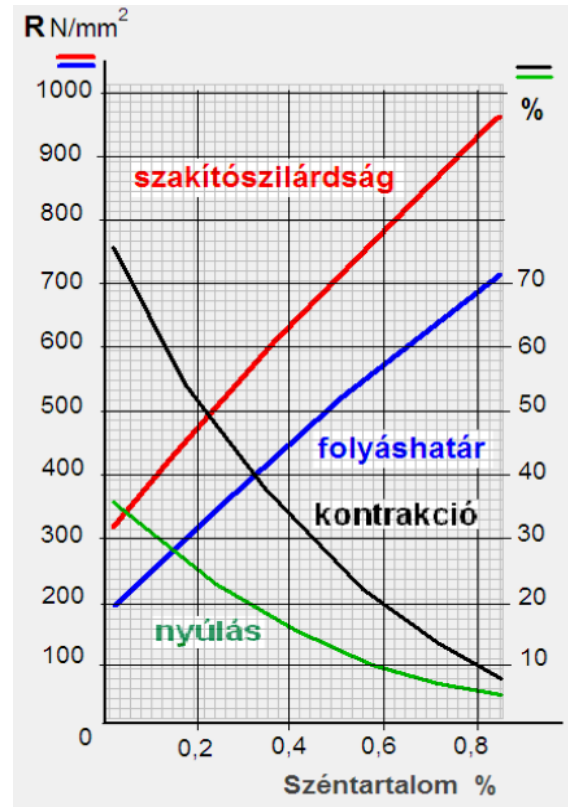
Az acél tulajdonságai

Az acél tulajdonságait befolyásolják:

- az acél széntartalma
- az acél hőmérséklete



Hőmérséklet hatása a szakító szilárdságra



Az acél mechanikai tulajdonságai

1. Szilárdsági tulajdonságok

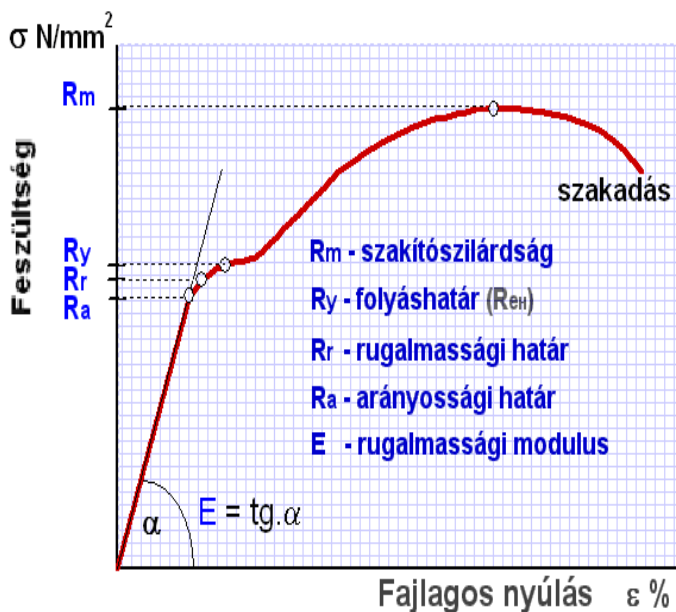
A szakítógép $\sigma - \varepsilon$ szakítódiagramot rajzol.

σ - feszültség; [N/mm²]

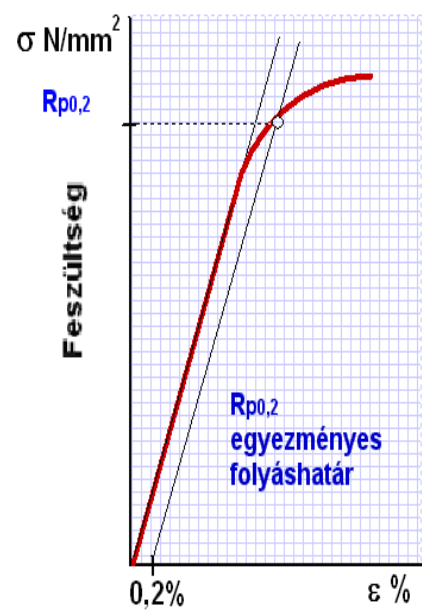
F/A_0 - húzóerő/keresztmetszeti terület

ε - fajlagos megnyúlás; [%]

$\Delta L/L$ - megnyúlás/nyúlásmérő alaphossza



Lágyacél szakítódiagramja

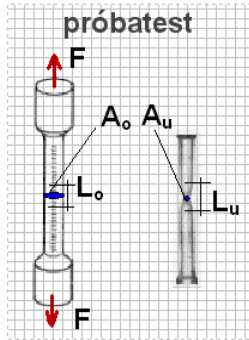


Ridegacél szakítódiagramja

Betonacélok szakító diagramja (lágyacél és ridegacél)

Feszültség: $\sigma(R) = F/A_o$ [N/mm²]
 F - húzóerő [N]
 A_o - keresztmetszeti terület mm²

Fajlagos megnyúlás: $\varepsilon = \Delta L/L_o$ [%]
 L_o - nyúlásmérő alaphossza mm
 ΔL - megnyúlás mm ΔL = L - L_o
 L - megnyúlt hosszúság mm



Szakadási nyúlás: A₅ [%]

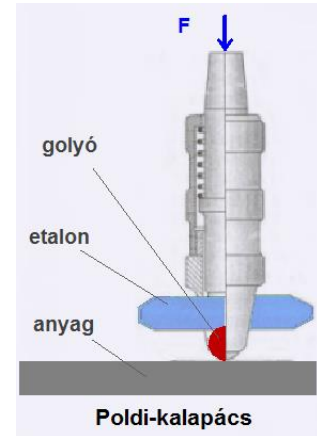
$A_5 = (L_u - L_o)/L_o \times 100 \%$
 L_o(5d) - eredeti jeltáv mm
 L_u - szakadási hossz mm

Kontrakció: Z [%]

$Z = (A_o - A_u)/A_o \times 100 \%$
 A_o - eredeti keresztm. mm²
 A_u - szakad. keresztm. mm²

2. Keménység vizsgálat:

- Brinell-keménység (HB) (N/mm²)
- Vickers- keménység (HV)
- Rockwell- keménység (HRC, HRB)
- Poldi-kalapács (kézi)

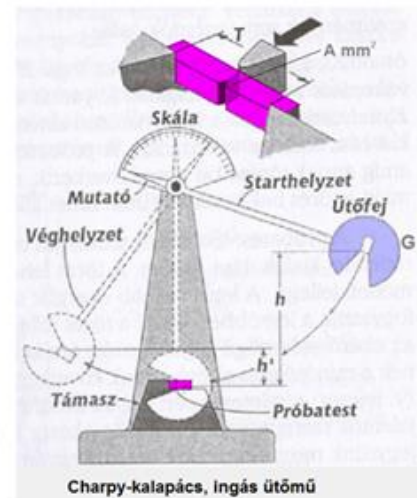


3. Ütőszilárdság

Charpy kalapácsos ütővizsgálattal határozzák meg a próbatest töréséhez szükséges munkát: W [J]

$$W = G \times (h - h') \text{ [J]}$$

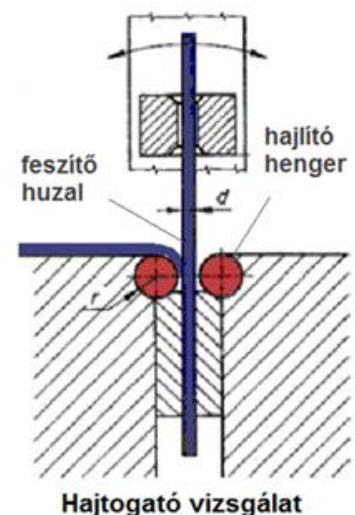
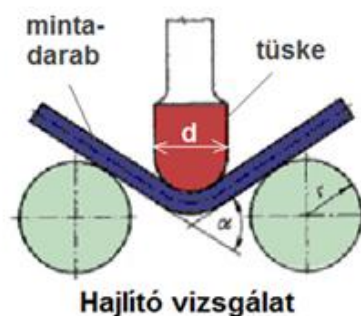
Fajlagos ütő- hajlító munka: W/A [J/mm²]



4. Technológiai próbák

A betonacélok szívóságának kimutatása, üzemszerű igénybevétel (károsodás nélkül)

- hajlító próba
- hajtogató vizsgálat



Vas- és acélfajták

Ötvözetlen szerkezeti acélok (szénacélok)

Szerkezeti acélok jelölése: pl.: **S 275 JRN**

S - szerkezeti acél

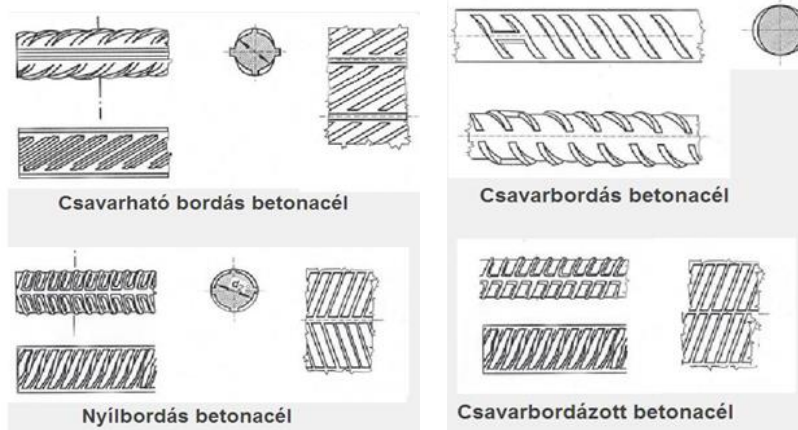
275 - folyáshatár (minősítő) N/mm^2

JR - ütőmunka min.27J (+20 °C-on)

N - normalizálva alakított (hőkezelés)

Építőiparban alkalmazott szerkezeti acélok

Melegen hengerelt betonacélok:



Betonacélok jelölése és jellemzői

pl.: **B 38.24** (MSZ 399-87 régi jelölés szerint)

B - betonacél

38 - kb. a szakítószilárdság alsó határa $0,1 N/mm^2$ -ben $R_m = 370 N/mm^2$

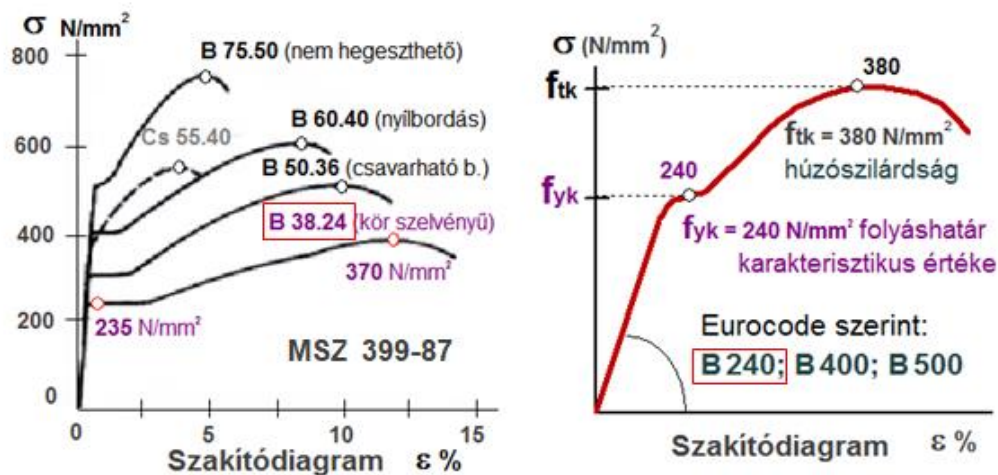
24 - kb. a folyáshatár alsó határértéke $0,1 N/mm^2$ -ben, $ReH = 235 N/mm^2$

pl.: **B 240A** (ENV 10080 (Európai szabvány))

B - betonacél

240 - f_{yk} (yield characteristic) [N/mm^2] a folyáshatár minősítő értéke

380 - f_{tk} (tensile characteristic) [N/mm^2] a szakítószilárdság min. értéke



Melegen hengerelt betonacélok fajtái (jelölései) és szakítódigramjuk

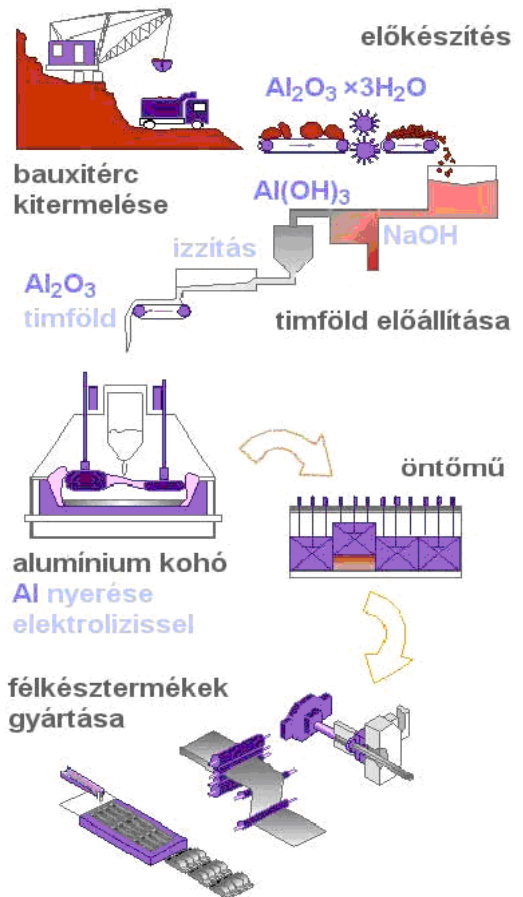
Alumínium

Alumínium előállítás

1. Bauxitérc feldolgozása timfölddé
2. Timföld feloldása kriolitban (Na_3AlF_6)
$$\text{Al}_2\text{O}_3 \times 3\text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$$
3. Fémalumínium (Al) nyerése elektrolízissel

Alumínium tulajdonságai

- puha, esztétikus, könnyen alakítható fém
- jó a villamos vezetőképessége
- $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$; $E = 70.000 \text{ N/mm}^2$
- R_m alacsony, nincs konkrét folyáshatára
- felületén oxidréteg képződik
- savak és lúgok oldják
- alacsony az elektródpotenciálja
- alumíniumot ötvözetek formájában alkalmazzák



Alumínium és ötvözetek

1. Színfém alumínium: Al 99,99%
2. Öntési alumínium ötvözetek:
 - Al Si; Al Si Cu; Al Mg; Al Mg Si nem alakíthatók
3. Alakítható alumínium ötvözetek:
 - Al Cu Mg (durál) nagy szilárdságú
 - Al Cu Ni (hegál) szerkezeti, korrodál, önszilárdulók
 - Al Mg Si (antikorrodál) nem korrodál, nemesíthető
 - Al Mg (hidronál) kis szilárdságú, hegeszthető

Alumínium műszaki paramétereit:

Megnevezés paraméter	R_m N/mm^2	$R_{p0,2}$ N/mm^2	A5 %
Színfém (Al)	70 - 120	20 - 40	18 - 35
Durál (Al Cu Mg)	360 - 420	220 - 280	15 - 25

Alumínium építőipari felhasználása

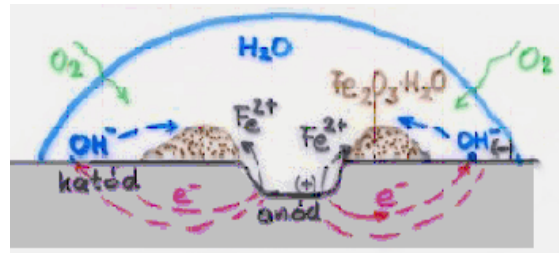
- Hengerelt lemezek és szalagok
- Sajtolt idomok
- Húzással előállított csövek, rudak, huzalok
- Profilelemek és idomok
- Épületszerkezeti elemek
- Közlekedési eszközök

Alumíniumszerkezetek kapcsolása: - hegesztés, forrasztás
- szegecselés, ragasztás
- csavarozás

Fémek (acél) korróziója

1. Atmoszférikus elektrokémiai korrózió)

A fémion- és elektronkilépés elektrolit jelenlétében következik be
 anódos (+) helyen a fémion Fe^{2+} lép ki
 katódon (-) az elektronok $2e^-$ lépnek ki
 $4e^- + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{OH}^-$
 $2\text{Fe}^{2+} + 4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$



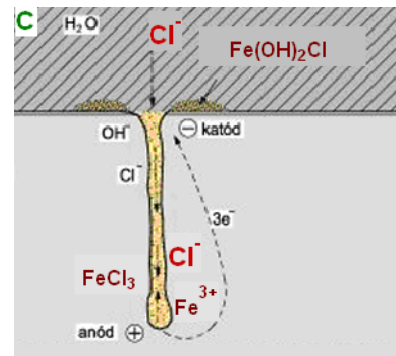
Atmoszférikus korrózió

2. Lyukkorrózió (pl. kloridion korrózió)

A Cl^- ionok megsértik az oxidréteget
 - elektrokémiai korrózió indul el
 - rozsda $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ képződik

A Cl^- ionok reakciója a vassal
 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^- = \text{FeCl}_3$

A FeCl_3 disszociálódik: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^-$
 - a Cl^- ionok ismételen reakcióba lépnek
 - kráterszerű lyuk képződik



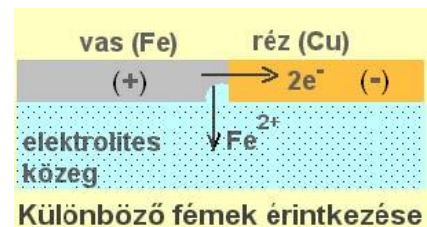
Cl ionok lyukkorróziója

3. Kontakt korrózió

Két fém érintkezése, elektrolitos közegben
 Elektród-potenciálkülönbségen alapszik

(+) Al ... Zn ... Fe ... H ... Cu ... Au (-)

A kevésbé nemes fém megy tönkre



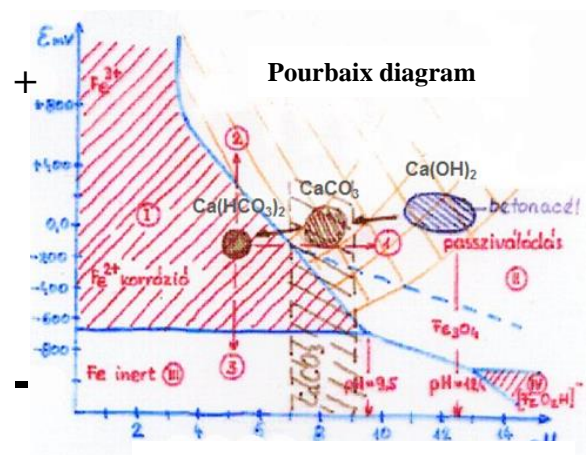
Különböző fémek érintkezése

A fémkorróziót befolyásoló tényezők

- Környezeti hatások
- Elektrolitos közeg
- Érintkező fémek elektródpotenciál különbsége
- Kóboráram hatása
- A környezet pH értéke

A korrózióvédelem eljárásai:

- Inhibitorok és passzívatorok
- Katódos védelem
- Korrózióvédő bevonatok
- Időjárásálló acélok



Betonközeg pH értéke

Építészeti üvegek

Az üveg, és alkalmazása

Az alkalmazás történeti áttekintése

- üvegyártás kezdete (Mezopotámia)
- öntött üveg és üvegcsiszolás (Egyiptom)
- művészi üvegtárgyak (Szíriai föníciaiak)
- színtelen- és festett üveg (Velence)
- színes üveg (ablaküveg)
- acélüveg építészet
- transzparens épületszerkezetek

Az építészeti üveg funkciója

- térelválasztás (időjárás elleni védelem)
- fényátbocsátás és átlátszóság (vitrin)
- hő- és hangszigetelés (pl. napvédelem)
- teherbírás (válaszfalak és felülvilágítók)
- vagon- és életvédelem (ütés- és golyóálló)

Építészeti üvegek fajtái

- húzott síküvegek: pl. tábla- és tükörüveg
- öntött és hengerelt üvegek: pl. huzalbetétes
- préselt üvegek: pl. üvegtégla
- különleges üvegek: pl. biztonsági

Az üveg előállítása

Alapanyagok:

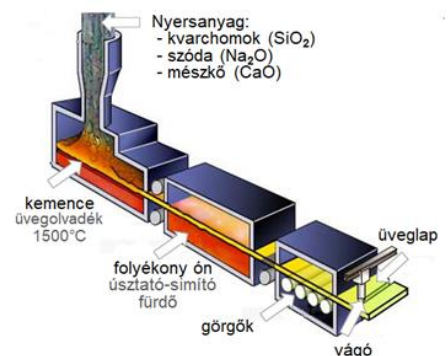
- kvarchomok -- \rightarrow SiO_2 (alap anyag)
- szóda -- \rightarrow Na_2O (alapanyag; olv. $<$ $^\circ\text{C}$)
- mészkő -- \rightarrow CaO (mech. tulajdonság $>$)

1. Üvegolvadék előállítása

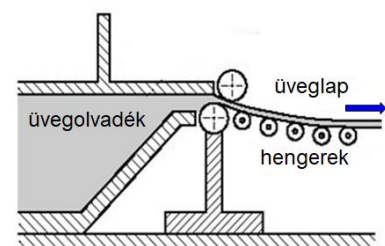
Folyamatos üzemű üvegolvasztó kemence.
Képlékeny üvegolvadék előállítása ($\sim 1500^\circ\text{C}$)

2. A síküveg formázása üvegolvadékból

- Üveghúzás (húzott síküveg)
üvegtábla előállítása húzással
hengerpárokkal húzzák a síküveget
(ablaküveg, tükörüveg, tejüveg, márvány ü.)
- Öntés és hengerlés (hengerelt üveg)
üvegtábla előállítása vízszintes öntéssel
hengerléssel szalaggá formázzák
(ornament-, katedrál-, huzalbetétes üvegek)



Húzott síküveg gyártása



Öntött síküveg gyártása

3. Síküvegek utólagos megmunkálása

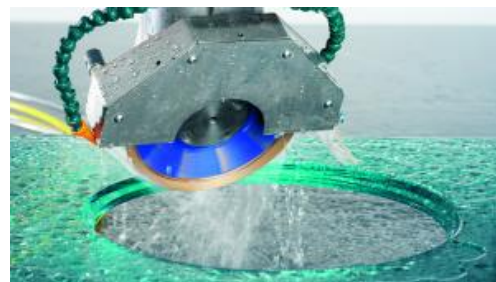
- Felületi megmunkálások
csiszolás (tükörök, bútorlapok)
homokfúvás (áttetsző síküvegek)
festés (a festéket ráégetik)
- Hőkezelés, edzés, hajlítás, zománcozás



Homok fúvott síküvegek



Víz sugaras üvegvágás



Vágás - csiszolás

Az üveg tulajdonságai

Az üveg fizikai tulajdonságai

- sűrűség, hővezetési tényező
- hő- és tűzállóság, hő-lökés állóság
- fényáteresztő képesség, szín
- hangszigetelés

Az üveg mechanikai jellemzői

- rideg, törésig rugalmas anyag
- nyomó- és hajlító-húzószilárdság
- rugalmassági modulus

Az üveg kémiai tulajdonságai

- saválló, gyenge lúgállóság



Festett és égetett üvegtábla

Üvegtermékek

Húzott síküvegek

- tábla- és ablaküveg
- tükörüveg, homályos üveg
- mintás üveg és jégvirágos üveg, tej- és opálüveg
- színes üveg, márvány üveg

Öntött, vagy hengerelt síküvegek

- nyers öntött üveg
- ornament és katedrál üveg
- huzalbetétes üveg

Üveg építőelemek és építőanyagok

- üvegtéglák és kopilit üveg
- üveg tetőcserepek
- burkoló- és hullámüvegek,
- üvegyapot, üvegszövet és üvegfátyol



üvegyapot hőszig. habüveg hőszig



üvegtégla és üvegcserép

Különleges üvegek és alkalmazásuk

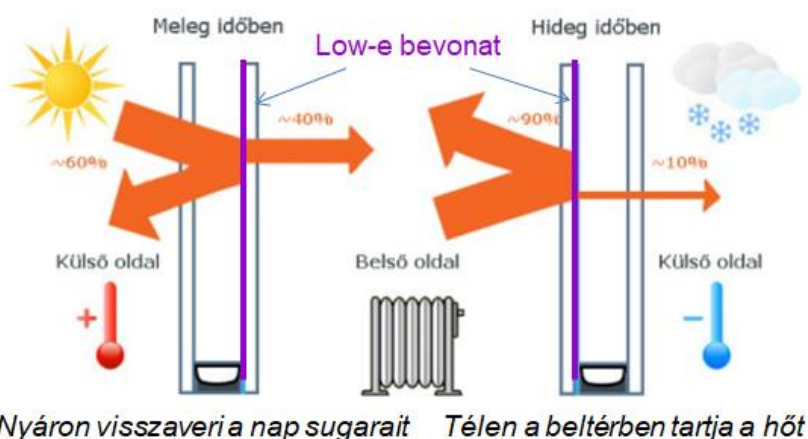
Biztonsági üvegek

1. Edzett üveg (hőkezeléssel előfeszített)
 - lágyulásig felmelegítik, hirtelen lehűtik
 - külső felületen nyomófeszültség keletkezik
 - tompa élűen és morzsalékosan törik
2. Ragasztott többrétegű üveg
 - vékony üvegtáblák, műanyaggal ragasztva
 - betörésbiztos, töréskor nem esik szét
3. Huzalbetétes üveg
 - hengerelt üveg huzalhálóval

Hőszigetelő üvegek

A hőszigetelő üveg szerkezeti felépítése:

- légréteggel elválasztott többrétegű üveg
- hőszugárzást visszaverő hővédő bevonat
- az üvegrétegek között argon nemesgáz



Nyáron visszaveri a nap sugarait Télen a beltérben tartja a hőt

Hőátbocsátási tényező

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1 rétegű síküveg | U: 5,8 W/m ² K |
| 3 rétegű síküveg | U: 2,1 W/m ² K |
| 3 réteg + hővédelem + argon: | 0,8 W/m ² K |

Speciális üvegek az építészetben

- zajvédő üvegek
- napvédő üvegek
- változó fényátbocsátású üvegek
- zománcozott üvegpanel
- díszítő üvegfelületek
- tűzvédő üvegek

Korszerű üvegszerkezetek

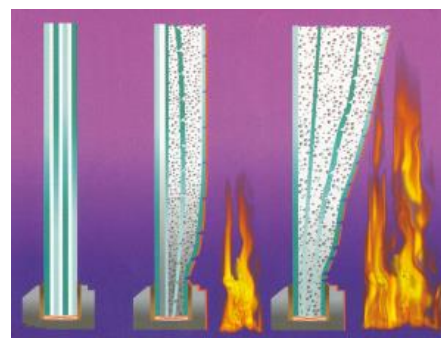
- térelválasztók és válaszfalak
- függönyfalak és üvegtetők
- télikertek és átriumok
- pontmegfogású üvegfalak és üvegtetők
- transzparens épületek



Golyóálló üveg



Hőszigetelő üveg működése

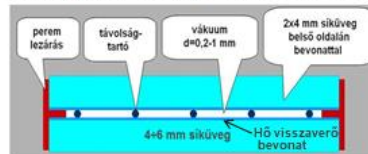


Tűzvédő üveg működése

Korszerű üvegszerkezetek és építészeti alkalmazásuk (nem tananyag)

Vákuumszigetelt üvegpanel (VIG)

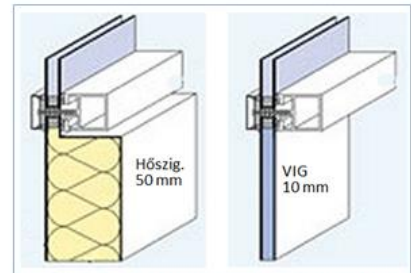
Üveglemezek között nemesgáz helyett vákuum (0.001 mbar). Az atmoszférikus nyomást az átlátszóságot nem korlátozó, távolságtartó üveggolyók veszik fel.



Vákuum szigetelt üvegezés (VIG) felépítésének elvi sémája

VIG műszaki jellemzői:

- Vákuumszigetelt panel vtg.: $7 \div 12$ mm.
- Vákuum réteg vtg.: $0,2 \div 1$ mm.
- Távolságtartó üveg elemek: 1000 db/m^2
- Üvegtáblák belső felületén hővisszaverő vékony (low-e) bevonati réteg.
- A vákuum üvegezés $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

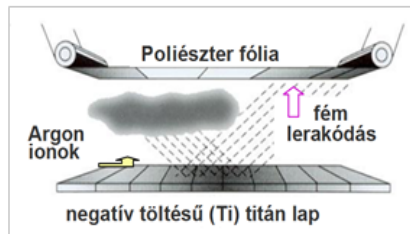


Hőszigetelt függönyfal szerkezeti megoldása

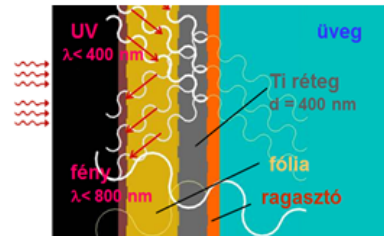


VIG üvegtáblák

A napfény UV sugárzása ellen védő üveg



Katódporlasztásos eljárással (Sputterezés) titán fémréteg beágyazása a fóliába



Az UV sugárzás reflexiója a védőfólia titánfém rétegében

Az UV sugárzást szűrő üvegfólia felépítése:

- Ti és Cu atomokat ágyaznak a fólia hordozóanyagba (Sputterezés).
- Szűrőhatás a **reflexió árnyékolási elvén** alapszik.
- A Ti ($d = 200 \div 400 \text{ nm}$) rétegen a látható fény ($\lambda > 400 \text{ nm}$) áthatol.
- A Nap károsító hatású UV – A, B sugárzásának megfelelő ($200 \div 380 \text{ nm}$) hullámhosszú elektromágneses sugárzást tartomány reflektálódnak.
- Ennek az interferencia jelenségnek „**féműkör csapdázódás**” a neve, és hatékonyan csökkenti az UV sugárzás intenzitását.

Fűtő üveg szerkezete és működése

A 3 rétegű hőszigetelő- fűtő üveg infra-radiátorként működik, ahol a hőt a legbelső üvegréteg termeli.

Két üveglap **ón-dioxid átlátszó** anyaggal összeragasztva, ami elektromos áram hatására hőt bocsajt ki. (Fűtőréteg)

A középső üvegréteg átlátszó **hőtükör bevonata** révén a hőt visszaturkózza, és a helyiségen belül tartja. (Hőtükör bevonat)



A hőszigetelő - fűtő üveg szerkezeti felépítése

Műanyagok építőipari alkalmazása

Műanyagok tulajdonságai

- alacsony testsűrűség, jó hőszigetelő
- korrózió- és vegyi ellenálló képesség
- jó elektromos szigetelőképeség
- könnyű megmunkálhatóság, alakítható
- öregedés, fáradás és ridegedés
- fény (UV) hatására színe változik
- éghető, mérges gázokat fejlődnek

Hővel szembeni viselkedés

Hőre lágyuló műanyagok (termoplasztok)

- melegen alakíthatók és hegeszthetők
- eredeti tulajdonságuk nem változik

Hőre keményedő műanyagok (duroplasztok)

- térhálósodásuk után nem lágyíthatók
- megmunkálásuk csak hidegen

Alakváltozás és rugalmasság

Elasztomerek, rugalmasan alakváltozók

- terhelés megszűntével visszanyeri alakját
- jól nyújtható és rugalmas

Plasztomerek, képlékenyen alakváltozók

- terhelés hatására maradandó alakváltozás
- kevésbé nyúlnak, viszkózus plasztikusság

Műanyag termékek formázása

- Sajtolás: ablakkeretek, konyhabútorok
- Rétegezés: kádak, mosdók, zuhanytálcák
- Fröccsöntés: hőre lágyuló műanyagok
- Extrudálás: hosszú csövek, kábelszalagok
- Kalanderezés (henglerlés) fóliák és lemezek
- Szálképzés: extruderrel, műanyag szálak
- Habosítás: hab lemezek, szórt szigetelés

Műanyagok megmunkálása

Lángszórás: láng előtt műanyag port fújnak
a megolvadt műanyag, réteget képez

Alkalmazás: korrózióvédelmi bevonat

Szinterezés: meleg tárgyat műanyagporba mártják

Alkalmazás: fémszerkezetek korrózióvédelme

Vákuumformázás: felmelegített anyagot vákuumozzák

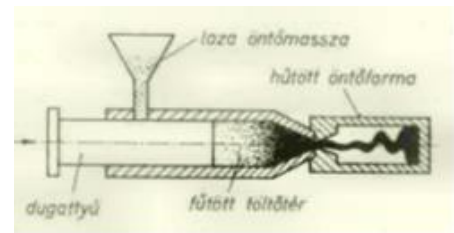
Alkalmazás: kádak, tető felüvilágítók

Hegesztés: lágyuló műanyagot felhevítik, összenyomják

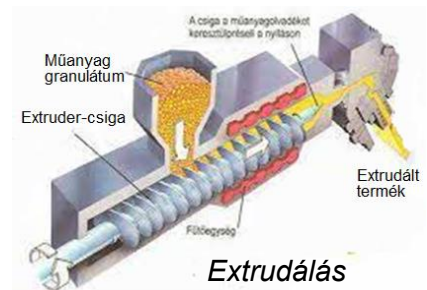
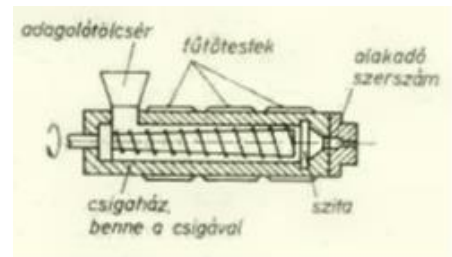
Hidegszórás: keményedő műgyanta + üvegszál, szórása

Alkalmazás: műanyag habarcsok, padlóbevonatok

Hideg megmunkálás: vágás, fűrészelés, ragasztás, bevonás



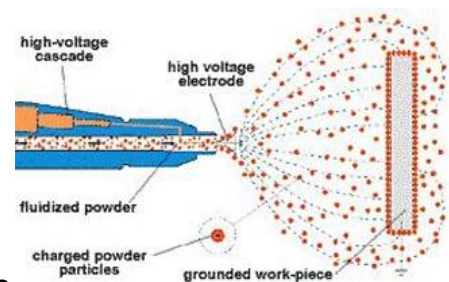
Fröccsöntés



Extrudálás



Kalanderezés



Lángszórás

Építőipari műanyag termékek (néhány példa)

Épületszerkezeti elemek

- műanyag nyílászárók
- falburkoló elemek és idomok
- lépcsőborító idomok
- esőcsatornák
- felülvilágítók
- zuhanytálcák



Felülvilágítók

Tekercselt műanyag lemezek

- padlóburkoló lemezek
PVC burkolólemez,
- szőnyegpadlók
- műanyag tapéták és falkárpitok
- vízszigetelő fóliák és lemezek
- műanyag ponyvák



Műanyag csövek

Műanyagkötésű táblák és lemezek

- műanyag lemezek és lapok
- műanyag bevonatú táblák
- műgyantával impregnált üvegpaplan
- műanyag csempék

Műanyag csövek és szerelvények

- PVC csövek
- PE és PP csövek
- üveg szálerősítésű poliészter csövek

Műanyag tartószerkezetek és termékek

- szendvicsszerkezetek
- tetőfedő hullám- és trapézlemezek
- műanyag tartályok
- garázselemek



Műanyag vízszigetelő lemez

Műanyag habok

- expandált és extrudált polisztirolhab
- poliuretán hőszigetelő habok
- polifoam hőszigetelő lemezek

Hézagzáró- és dilatációs profilok

- hézagzáró műanyag kittek
- tömítő szalagok és tömítő profilok
- vízzáró hézagzárók
- dilatációs profilok

Műanyag ragasztók, festékek és lakkok



Helyszínen szórt hőszigetelés

Vizsgakérdések (betontechnológia)

A mész szilárdulása, cementszerű kötése. (képlet)

A cement pernyetartalma miért csökkenti a beton pH értékét, és hogyan növeli a beton vízzáróságát?

Cementek fajtái és jelölései.

Értelmezze a CEM I 42,5 S és CEM II/B-M(V-L) 32,5 N CEM II/A-S 32,5 R cement-jelöléseket. (A betűk és számok jelentései)

A cement hidratációja, pl. alit klinkerásvány reakciója vízzel. (képlet)

A cement-hidratáció fő jelenségei és reakció termékek.

Miként biztosítja a cement a betonacél korrózióvédelmét?

A vízcement tényező hatása a beton szilárdságára. (grafikon)

V/C növelésével (vízadagolással) miért csökken a beton szilárdsága?

Az utólagos vízadagolás kedvezőtlen hatása.

A beton cementszükségletét hogyan befolyásolják, az adalékanyag tulajdonságai:

szemmegoszlás, d_{max} , agyagiszap tartalom, hézagterfogat, fajlagos felület.

Mit jelent a betonok jellemző nyomószilárdsága f_{ck} (pl. C20/25) és az átlagos

nyomószilárdsága f_{cm} ? A két érték közötti összefüggés (képlet és grafikon).

Gaussgörbék ábrázolása különböző szórásértékek esetén.

Az alacsony szórásérték milyen gazdasági előnyt jelenthet egy betongyár számára?

A beton összetételének tervezés során, milyen szempontok alapján választjuk meg

az alkalmazandó cementet, a d_{max} -ot, és a beton konzisztenciáját? Ha nem lenne kötöttség, milyen konzisztenciát és adalékanyagot (d_{max}) választana, cementtakarékossági szempontból? A d_{max} növelésével, miért csökken a beton cementszükséglete?

A cementadagolás hatása a beton szilárdságára. (grafikon)

Miért előnytelen CEM 52,5 cementet alkalmazni C8/10 beton előállításához, illetve előnyös-e, ha C40/45 betonhoz CEM 32,5 cementet használunk?

Telítettség hatása a megszilárdult beton tulajdonságára.

Ismertesse a betonkeverők típusait és a betonszivattyúkat, a betonszállító mixerkocsit,

valamint a betontömörítő vibrátorok működési elvét.

Ismertesse a betonok szilárdulás-gyorsításának módszereit.

Pl.: hőérlelés (gőzölési diagram). Fagynak a frissbeton szilárdulására gyakorolt hatása.

A fagyhatás csökkentésének betontechnológiai módszerei.

Ismertesse a plasztifikáló adalékszerek alkalmazásának betontechnológiai előnyeit.

Használatával van-e lehetőség a vízzáróság növelésére és cement megtakarításra?

A légpórusképző adalékszerek alkalmazásának hatása.

A szer hatásmechanizmusa. Alkalmazásával miért nő a beton fagyállósága?

Ismertesse a vízzáróságot fokozó adalékszereket és tömítőanyagok hatását.

Hogyan növeli a beton vízzáróságát, az eröműi pernye adalékanyag?

Beton-és vasbeton szerkezetek korróziós folyamatai és korrózióvédelme.

Betonacélok korróziója, atmoszférikus korrózió, kloridionok korróziós hatása. (képlet)

Betonkorróziós folyamatok: kilúgozás, szulfátos korrózió. Miért szulfátálló a szulfátálló

cementtel készült beton? A betonacél korrózióvédelme szempontjából miért kedvezőtlen, ha páras levegő hatol be a betonba?

C30/37 – XC3 - XV3 - 32 - S3 betonjelölés értelmezése.

Mit jelentenek a betűk és számok? Mik azok a kitéti osztályok, és a beton tervezésekor miként veszik figyelembe?

A különleges betonok és technológiák közül ismertesse:

Szálerősített betonok tulajdonságát és alkalmazásuk.

Lőtt betonok és öntömörödő betonok (technológia, tulajdonság, alkalmazás)

Hőszigetelő anyagok

- Ismertesse az anyagok hőtechnikai jellemzőit. Hővezetési tényező- hővezetési ellenállás fogalmát, és az anyagok λ értékének befolyásolását (pórusosság, nedvességtartalom, testsűrűség, stb.).
- Ismertesse a hőátbocsátási tényező „U” fogalmát és meghatározását
- Ismertesse a szálal hőszigetelő anyagokat. Anyagok előállítása, tulajdonságaik és a termékek alkalmazása.
- Ismertesse a duzzasztással és sejtesítéssel előállított hőszigetelő anyagokat, előállításukat és a termékek alkalmazását.

Vízszigetelő anyagok

- Ismertesse a bitumenek fajtáit és felhasználási területeit.
- Ismertesse a bitumenes vízszigetelő lemezek fajtáit és alkalmazásukat..
- Ismertesse a műanyag vízszigetelő lemezek és felületszivárgók alkalmazását.
- Ismertesse a kent- és szórt vízszigetelő anyagokat és alkalmazási területeiket.

Építési kerámiák

- Ismertesse a kerámia falazóelemek gyártástechnológiáját.
- Ismertesse az építési kerámia termékek választékát és tulajdonságait.
- Ismertesse az építőiparban alkalmazott falazó anyagok termék választékát.

Építőfák és faanyagvédelem

- Ismertesse a fák hidrotechnikai tulajdonságait, és a nedvesség okozta alakváltozásait.
- Ismertesse a fák nyomószilárdsági tulajdonságait (F- Δ diagramok megrajzolása) és a szilárdsági tulajdonságokat befolyásoló tényezőket (nedvesség, rostirány \parallel és \perp).
- Faipari termékek. Ragasztott fa tartószerkezetek előállítása és alkalmazása.

Fémek és betonacélok

- Ismertesse az acélok szénttartalomtól függő tulajdonságainak változását (hegeszthetőség, edzhetőség, szakítószilárdság, kontrakció, stb.).
- Ismertesse az acélok (σ - ϵ) szakítódiagramját (lágycél, ridegacél), és a szakítóvizsgálat során meghatározható anyagjellemzőket (folyáshatár, szakítószilárdság, E, kontrakció).
- Ismertesse a melegen hengerelt betonacélok fajtáit, jelöléseiket és szakítódiagramjukat (folyáshatár, szakítószilárdság, rugalmassági modulus).
- Ismertesse az acél korrózióját és a korrózió megjelenési formáit.
- Ismertesse az alumínium tulajdonságait és felhasználását.

Az üveg építészeti alkalmazása

- Ismertesse az építészetben alkalmazott üvegek fajtáit, előállítási technológiájukat, tulajdonságaikat és felhasználási területeiket.
- Ismertesse a biztonsági- és hőszigetelő üvegek előállítási módját, tulajdonságait és felhasználási területeit.

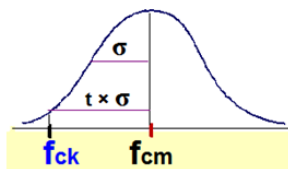
Műanyagok építőipari alkalmazása

- Ismertesse a műanyagok tulajdonságait, hővel szembeni viselkedés, alakváltozás, rugalmasság.
- Műanyagok megmunkálása és a termékek formázása.
- Építőiparban alkalmazott műanyag termékek.

Értelmezze a betonok jellemző (minősítő) és átlagszilárdságát

- f_{ck} a beton jellemző (minősítő) nyomószilárdsága pl. C20/25
- f_m a beton átlagos nyomószilárdsága (Gauss görbén ábrázolva)
- A két érték közötti összefüggés Gauss görbén ábrázolva, különböző szórásértékek esetében. Pl.: $\sigma_1 = 3$ és $\sigma_2 = 5 \text{ N/mm}^2$
- Az alacsony szórásérték milyen gazdasági előnyt jelenthet a beton előállítója számára?

A jellemző (minősítő) és átlagszilárdság összefüggése:



Szilárdsági értékek ábrázolása

Jellemző nyomószilárdság : $f_{ck}^{5\%}$

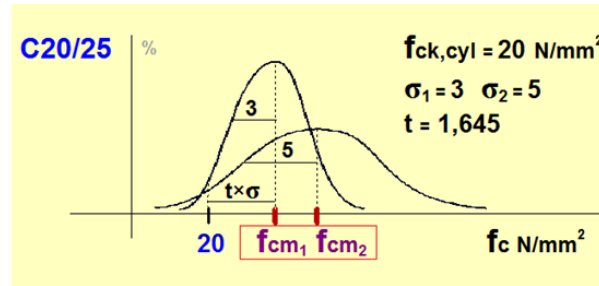
Átlagos nyomószilárdság: f_{cm}

$$f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma$$

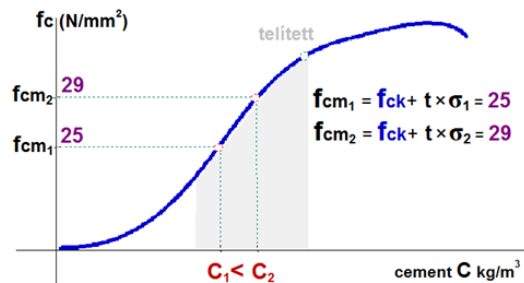
Darabszám tényező: t

$N > 40 \quad t = 1,48$

$$f_{cm} = f_{ck} + 4 \sigma = 3 \text{ N/mm}^2$$



A betonok átlagos nyomószilárdságának ábrázolása különböző szórásértékek esetén



A beton nyomószilárdságának változása a cementadagolás függvényében

A grafikonok értelmezése:

A beton f_{cm} átlagszilárdságát az f_{ck} jellemző szilárdság értékéből kapjuk, a szórás σ és a darabszám-tényező t szorzatának a hozzáadásával. $f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma$ ld. baloldali Gauss görbe. Az f_{ck} jellemző (minősítő) szilárdságot úgy kell értelmezni, hogy nála kisebb szilárdsággal rendelkező betontermék, ill. próbatest csak 5%-ban fordulhat elő a vizsgálat során. Ezt nevezik az 5% alulmaradáshoz tartozó minősítő nyomószilárdságnak.

A különböző szórásértékű $\sigma_1 = 3$ $\sigma_2 = 5 \text{ N/mm}^2$ Gauss görbékhez különböző átlagszilárdságok (f_{cm1} és f_{cm2}) tartoznak, ld. jobb felső ábra. A grafikonban ábrázolt 2 db. különböző szórásértékű görbének a jellemző (minősítő) szilárdsága azonos. Henger próbatest esetén $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$ de a hozzájuk tartozó átlagszilárdságok különbözőek. A számítás szerint $f_{cm1} = 25$ és $f_{cm2} = 29 \text{ N/mm}^2$. Ezt úgy is értelmezhetjük, hogy a beton előállítása során minél nagyobb a szórásérték (azaz fegyelmetlen és pontatlan a gyártás és így $\sigma = 5 \text{ N/mm}^2$) annál nagyobb átlagszilárdságú betont kell előállítani ahhoz, hogy az f_{ck} jellemző (minősítő) nyomószilárdsági érték alatt csak 5% mennyiségű betontermék, ill. próbatest legyen.

A különböző átlagszilárdságokat ($f_{cm1} = 25$ és $f_{cm2} = 29 \text{ N/mm}^2$) különböző cementadagolással ($C_1 < C_2$) lehet előállítani (ld. jobboldali alsó ábra). A nagyobb szórásértékhez nagyobb átlagszilárdság tartozik, amihez több cement kell.

A beton gazdaságos előállítása nem csak a cementadagolás mennyiségétől függ, nagymértékben az is befolyásolja, hogy az alacsony szórásértéket milyen technológiai fegyvellemmel tudják biztosítani és ennek milyen anyagi vonzata van. Pl. betonkeverés téliesítése, pontos mérlegelés, rendszeres ellenőrzés, betontechnológus alkalmazása, stb. Hiába spórolnak a cementadagoláson, ha az alacsony szórásérték biztosítása igen nagy anyagi ráfordítással jár.