

✓302935

# ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ  
TÉGLA, KERÁMIA  
ÜVEG ÉS KŐIPAR

**10.** SZÁM





# ÉPÍTŐANYAG

7. ÉVFOLYAM 10. SZÁM

## Kerámiai hőszigetelő anyagok gyártásának alapelvei

dr. ALBERT JÁNOS

### I.

#### Hőszigetelő anyagok. Hővezetési tényező

A hőszigetelés feladata, hogy a magasabb és alacsonyabb hőmérsékletű testek között végbe-  
menő hőkiegyenlítődni folyamatot hőközlést gátló,  
vagy hőszigetelő anyagok közbeiktatásával lelas-  
sítsuk vagy csökkentjük.

A hőközlés három módja a vezetés, konvek-  
ció és sugárzás. Vezetésnél a hő az anyagban  
részecskéről részecskére terjed, az egymással érint-  
kező részecskék viszonylag nyugalomban vannak.  
Tisztán vezetés útján történő hőközlés csak homo-  
gén szilárd testekben megy végbe. Konvekciónál  
mozgó anyagi részecskék szállítják a hőt. Túlnyomórészt konvekcióval történik a hőközlés a  
folyadékokban és gázokban. Sugárzásnál a hő a  
sugárzó testből elektromágneses hullám alakjában,  
hősugarakra nézve átlátszó közegben terjed anél-  
kül, hogy azt felmelegítené. A hősugarak anyagi  
testekre ütközve visszaalakulnak hővé.

A hőszigetelő anyagok nem homogén szer-  
kezetűek, szilárd alkatrészekből felépített vázból  
és levegővel kitöltött pórusokból állanak. Ezért  
bennük a hőközlés nemcsak vezetés, hanem kon-  
vekció és sugárzás útján is történik. Ennek elle-  
nére a gyakorlatban hővezetésről beszélünk és a  
hőszigetelő anyagokat a hővezetési tényezővel  
jellemezzük. A hővezetési tényező,  $\lambda$  az a hőmennyi-  
ség, mely a hőáramlás irányában merőleges  
1 m<sup>2</sup> felületen óránként átáramlik, ha a hőmér-  
sékletesés  $m$ -enként 1°; egysége kcal/mó°.

Hővezetésnél a melegebb helyről a hidegebb  
hely felé áthaladó hőmennyiség arányos a hossz-  
egységre eső hőmérséklet különbséggel és a hő-  
áram irányára eső felülettel. A hővezetés alap-  
egyenlete Fourier szerint:

$$dQ = \lambda F \frac{\delta \vartheta}{\delta n} dt \quad (1)$$

ahol  $\vartheta$  a test egy felvett pontjának hőmérséklete  
 $t$  időpillanatban,  $n$  két szomszédos pontnak egy-  
mástól való távolsága,  $Q$  az átáramló hőmennyi-  
ség,  $F$  az áramlás irányára merőleges felület,  $\lambda$  a  
hővezetési tényező.

Minél kisebb egy anyag hővezetési tényezője,  
annál jobb hőszigetelő. Hatásos hőszigetelőknél

azokat az anyagokat nevezzük, melyeknek hő-  
vezetési tényezője kisebb, mint 0,25 kcal/mó°.

A hőszigetelő anyagok kémiai összetétele és  
fizikai felépítése rendkívül sokféle lehet. A kerá-  
miai hőszigetelő anyagok a többi szigetelő anyag-  
tól főképpen abban különböznek, hogy hőálló-  
ságuk nagy és ennek következtében alacsony és  
magas hőmérsékletek szigetelésére is jól alkalmaz-  
hatók.

Hőszigetelő anyagok hővezetési tényezőjét  
— közöttük a kerámiai építő- és szigetelő anya-  
gokét is — elsősorban pórustérfogatuk vagy poro-  
zításuk és a szilárd alkatrészek felépítő alkatrészek  
anyagi összetétele szabja meg, de nagymértékben  
befolyásolja a hőmérséklet és nedvességtartalom is.

1. A pórustérfogat és anyagi összetétel befo-  
lyása a hővezetési tényezőre. A pórusos szerkezetű  
kerámiai anyagok hővezetési tényezője a vázat  
alkotó szilárd alkatrészek és a pórusokat kitöltő  
levegő hővezetési tényezőiből tevődik össze. A  
szilárd alkatrészek hővezetési tényezője — a  
szélső értékektől eltekintve — 2,0—3,5 kcal/mó°,  
a levegőé 0,02—0,05 kcal/mó°, vagyis mindössze  
1,0—1,5%-a a szilárd alkatrészek hővezetési té-  
nyezőjének. De a szilárd alkatrészek fajsúlya is  
sokszorososa a levegőének. Kerámiai anyagok szil-  
lárd alkatrészeinek fajsúlya a legtöbb esetben  
2400—2800 kg/m<sup>3</sup>, a pórusokban levő levegőé  
1,29 kg/m<sup>3</sup>. Ez adatokból következik, hogy vala-  
mely test hővezetési tényezője annál kisebb és hő-  
szigetelőképesége annál hatásosabb, minél na-  
gyobb a pórustérfogata vagy porozitása és minél  
kisebb a térfogatsúlya. Az anyag térfogatsúlyát és  
fajsúlyát ismerve, a pórustérfogat kiszámítható.

A pórusok nagyságának és elrendeződésének  
is befolyása van. Különböző azonos pórustérfogat  
mellett a pórusméretek növekedésével a hővezetési  
tényező rohamosan emelkedik; 0,5 mm átmérőjű  
pórusokban a levegő hővezetési tényezője 0,022  
kcal/mó°, 5,0 mm-es pórusokban 0,038 és 10,0  
mm-esekben 0,057 kcal/mó°. Ugyancsak nő az  
anyag hővezetési tényezője, ha a pórusok eloszlása  
nem egyenletes, vagy összefüggő légcatornákat  
képeznek.

A szilárd alkatrészeknek a hővezetési ténye-  
zőre gyakorolt befolyása kémiai összetételüktől  
és molekuláris felépítésüktől függ. Kerámiai anya-  
gokban levő anorganikus vegyületek hővezetési

tényezője kémiai összetételüktől függően különböző. Szilikátok hővezetési tényezője lényegesen kisebb, mint az oxidoké. Eucken (1) szerint azonban a kémiai összetételnek hatása aránylag kismérvű; a szembetűnő különbségeket az alkatrészek eltérő molekuláris felépítése okozza. Még azonos kémiai összetétel mellett is igen nagy különbségek jelentkeznek a hővezetési tényezőben attól függően, hogy az alkatrész kristályos, amorf, vagy üveges formában van jelen. Raisch és Weyh (2) vizsgálatai alapján az is kitűnt, hogy a kovaföld, agyag és más kerámiái anyagok hővezetési tényezője nyers állapotban kisebb, mint kiegészítve. Az alkatrészek fajsúlyának is számottevő hatása van a hővezetési tényezőre. Nakai és Fukami (3) különböző fajsúlyú kovaföldekből azonos térfogatsúlyú próbatesteket állítottak elő és megmérték azoknak hővezetési tényezőit; a fajsúly emelkedése a hővezetési tényező rohamos emelkedését idézte elő. Kerámiái anyagok egyes alkatrészeinek hővezetési tényezőit Eucken és Cammerer adatai alapján az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Kerámiái anyagok egyes alkatrészeinek hővezetési tényezői

Megnevezés	Hővezetési tényező kcal/m <sup>2</sup> °
Amorf anyagok .....	2,0—3,5
Kristályos anyagok, a kristálytengelyre merőlegesen .....	4—6
Kristályos anyagok, a kristálytengellyel párhuzamosan .....	6—12
Üveges anyagok .....	0,6—1,0
Kovasav kristályos módosulatai ..	7,6
Kovasav-üveg .....	1,19
Mullit 3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 2SiO <sub>2</sub> .....	5,2
Korund Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9,0
Periklasz MgO .....	36
Samott- és szillimanit-téglák kristályos alkatrészei .....	6,5
Samottéglák üveges alkatrészei ...	0,76

2. A hőmérséklet befolyása a hővezetési tényezőre. A hőmérséklet változásával a kerámiái hőszigetelő testek hővezetési tényezője megváltozik. A szilárd váz kristályos szerkezetű alkatrészeinek hővezetési tényezője a hőmérséklet emelkedésével csökken, az amorf és üveges szerkezetűeké emelkedik. Ugyancsak nő a pórusokban levő levegő hővezetési tényezője is a hőmérséklettel. A hővezetési tényezőnek hőmérséklet hatására bekövetkező változására eszerint mind a szilárd alkatrészeknek, mind a pórusokban levő levegőnek befolyása van. Míg azonban a kis vagy közepes porózitású kerámiái építőanyagoknál a szilárd alkatrészek a hővezetési tényezőt magas hőmérsékleten is erősen befolyásolják, a hővezetési tényező az alkatrészek minőségétől függően a hőmérséklet emelésével emelkedhetik vagy csökkenhetnek, a nagy porózitású kerámiái hőszigetelő anyagok esetében a szilárd alkatrészeknek hatása a hőmérséklet emelkedésével háttérbe szorul és mind nagyobb jelentősége lesz a pórusok légterein át történő hő-

közlésnek. A pórusos kerámiái anyag hővezetési tényezője a hőmérséklet emelkedésével egyre növekszik. Ennek magyarázata a következő.

A pórusokban levő levegőben a hőközlés — mint tudjuk — nemcsak vezetés, hanem konvekció és sugárzás útján is történik. Ezért a levegő hővezetési tényezője helyett annak egyenértékű hővezetési tényezőjével kell számolni, mely számérték a konvekciót és sugárzást is magába foglalja. Az egyenértékű hővezetési tényező megegyezik egy olyan szilárd homogén anyag hővezetési tényezőjével, mely — ha vele a levegő helyét kitölténénk, — ugyanannyi hőt bocsátana át, mint maga a levegő. A levegő  $\lambda'$  egyenértékű hővezetési tényezője általában három tagból, a vezetésből, konvekcióból, és sugárzásból származó tagokból áll.

$$\lambda' = \lambda_0 + \lambda_k + \varphi b \delta' C_k \quad (2)$$

$\lambda_0$  a nyugvó levegő hővezetési tényezője kcal/m<sup>2</sup>°-ban. A konvekció útján a pórust határoló falról a pórusban levő levegőbe és onnan a szemközti pórusfalba terjedő hőt egy olyan hővezetési tényezővel,  $\lambda_k$ , vagy konvekciószámmal fejezzük ki, amely mellett vezetés útján a  $\delta'$  átmérőjű póruson a két szemközti falon uralkodó hőmérsékletkülönbségek esetén azonos hőmennyiség áramlik át. A konvekciószám a pórusban levő levegő alakjától és helyzetétől is függ. Az utolsó tag a sugárzásból származó hőt jelenti és ebben  $C_k$  a szembenlevő felületek kölcsönös sugárzási tényezője kcal/m<sup>2</sup>° (abs<sup>2</sup>)<sup>4</sup>,  $\delta'$  a pórusátmérő,  $\varphi$  az oldalsugárzásból származó tényező, melynek értéke legfeljebb 1,2,

$$b = \frac{\left(\frac{\tau_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{\tau_2}{100}\right)^4}{t_1 - t_2}$$

a sugárzás hőmérsékleti tényezője.

A sugárzás útján közölt hőenergia Stefan-Boltzmann törvényei szerint:

$$E = C \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (3)$$

ahol  $E$  a kisugárzott hőenergia kcal/m<sup>2</sup>°-ban,  $T$  az abszolút hőmérséklet és  $C$  a test hősugárzási tényezője. A legnagyobb hősugárzási tényezője a minden hullámhosszon sugárzó abszolút fekete testnek van.  $C_s = 4,96$  kcal/m<sup>2</sup>° (abs<sup>2</sup>)<sup>4</sup>. A kerámiái testek szürkén sugárzóak, azaz valamennyi hullámhosszon sugároznak és minden hullámhosszon a fekete test sugárzásának egyenlő hányadát  $C < C_s$ .

A kölcsönös sugárzási tényező:

$$C_k = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_s}} \quad (4)$$

ahol  $C_1$  és  $C_2$  az egymásra sugárzó felületek hősugárzási tényezői. Ha  $C_1 = C_2 = C$ , akkor

$$C_k = \frac{1}{\frac{2}{C} - \frac{1}{C_s}} \quad (4a)$$

Kirchhoff törvénye szerint valamely test  $E$  hőkisugárzó és  $A$  hőelnyelőképességének viszonya



meghatározott hőmérsékleten és hullámhosszon ugyanaz az állandó érték

$$\frac{E}{A} = \text{konst.} \quad (5)$$

A hőszugárzóképeség  $E$  a test által kibocsátott sugárzó energia kcal/m<sup>2</sup>ó. A hőelnyelőképeség  $A$  megnevezetlen valódi törtszám, mely kifejezi, hogy a test a reáeső sugarak hányadrészét nyeli el. Mivel a fekete test a reáeső összes sugarakat elnyeli, hőelnyelőképesége  $A_s = 1$ , tehát a fenti állandó érték

$$\frac{E}{A} = \frac{E_s}{A_s} = E_s \quad (6)$$

vagyis bármely test hőszugárzó- és hőelnyelőképeségének viszonya a megadott hőmérsékleten egyenlő a fekete test hőszugárzóképeségével. Ebből következik, hogy valamely test által kisugárzott energia egyenlő a fekete test sugárzó energiájával és a test elnyelőképeségének szorzatával.

$$E = A E_s \quad (6a)$$

Végül a 3. egyenlet figyelembevételével

$$\frac{C}{C_s} = A \quad (7)$$

vagyis a test hőszugárzási tényezőjének a fekete test hőszugárzási tényezőjéhez való viszonya adott hőmérsékleten egyenlő a test hőelnyelőképeségével.

A hőszugárzó- és hőelnyelőképeséget nagymértékben befolyásolja a sugárzó test anyagi minősége. A kémiai összetételnek alig van, vagy egyáltalán nincs szerepe, döntő jelentősége van azonban a felületi állapotnak. Az érdes felületű kerámiai testek sugárzás szempontjából az abszolút fekete testekhez közel állanak.

Cammerer (4) a (2) képlet alapján kiszámította a levegő egyenértékű hővezetési tényezőjét különböző hőmérsékleteken, különböző pórusméretek mellett. A számítások adatait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

A levegő egyenértékű hővezetési tényezői különböző pórusméretek mellett, különböző hőmérsékleteken

Közepes hőmérséklet fokokban	Egyenértékű hővezetési tényező kcal/m <sup>2</sup> ó pórusátmérő mm			
	0	0,5	1,0	5,0
0	0,020	0,022	0,024	0,038
300	0,037	0,053	0,069	0,198
500	0,046	0,086	0,126	0,444

A táblázat adatai világosan mutatják, hogy a hőmérséklet emelkedésével a hővezetési tényező rohamosan nő és a növekedés annál szembe-tűnőbb, minél nagyobbak a pórusméretek.

Krischer (5) a hővezetési tényezőnek a hőmérséklettől és pórusméretektől való függését szemcsés szerkezetű anyagokra a

$$\lambda = \lambda_0 + bt \quad (8)$$

képlettel fejezi ki. A képletben  $\lambda_0$  és  $\lambda$  a hővezetési tényező 0° és  $t^\circ$ -on,  $b$  a pórusméretektől függő tényező, melynek értékei:

0,2	0,5	1,0	mm pórusátmérő-
$1,0 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	nél
2,0	5,0	10,0	mm pórusátmérő-
$4,6 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	nél

Fenti egyenlet feltételezi, hogy a hővezetési tényező bármilyen hőfokhatárok között lineárisan változik a hőmérséklettel. Ez a feltétel azonban, mint az előzőekben láttuk, különösen magas hőmérsékletek esetében nem áll fenn. A hővezetési tényezőnek az 1°-nyi hőemelkedésre eső %-os változása a hőmérséklettől függően eltérő értékeket ad.

Fentiek alapján könnyen belátható, hogy alacsony és közepes hőmérsékleteken a vezetés és konvekció mellett a sugárzás útján közölt hő nem játszik nagy szerepet. A levegő egyenértékű hővezetési tényezőjének értéke 500°-on még 5,0 mm-es pórusátmérő mellett sem éri el a 0,5 kcal/m<sup>2</sup>ó értéket. Azonban mivel a sugárzás a hőmérséklet 4. hatványával nő, míg a vezetés és konvekció csupán lineárisan, mennél nagyobb a hőmérséklet, annál rohamosabban nő a pórusokon át sugárzással közölt hőmennyiség. Igen magas hőmérsékleten a sugárzás útján átadott hő mennyisége annyira megnövekszik, hogy különösen nagy pórusú anyagok szigetelő hatása 1500°-tól kezdődően gyakorlatilag fokozatosan megszűnik. Az elektromos ívfény hőmérsékletén lyukacsos szerkezetű anyagnak hőszigetelőképesége nincs, csak tömör anyaggal lehet szigetelni.

Fontosabb kerámiai anyagok hővezetési tényezőinek különböző hőmérsékletekre megállapított adatait a 3. táblázatban foglaltuk össze (6). A táblázat adatai ugyancsak igazolják az előzőekben részletezett megállapításokat.

A 40%-nál kisebb porozitású, de legtöbbször 30% pórustérfogattal sem rendelkező kerámiai termékek hővezetési tényezői a szilárd alkatrészek kémiai és fizikai összetétele, továbbá molekuláris szerkezete, a kristályos, amorf és üveges alkatrészek viszonylagos mennyisége szerint a hőmérséklettel emelkedik, vagy csökken. A magnézit-, korund-, szilíciumkarbid- és krómmagnézit-téglák hővezetési tényezőjének hőmérséklet-tényezője elsősorban kristályos szerkezetük következtében negatív. A szillimanit-téglák hőmérséklet-tényezője is a legtöbb esetben negatív. Ezzel szemben a többi kerámiai anyagok hővezetési tényezője a hőmérséklettel megközelítőleg lineárisan nő. Egyes esetekben mint például a samott- és szilika-tégláknál Eucken (7) megállapítása szerint magas hőmérsékleteken a hővezetési tényező az állandó érték felé közeledik.

A 40%-nál nagyobb, legtöbbször 50%-ot meghaladó nagy porozitású hőszigetelő kerámiai anyagok hővezetési tényezője ezzel szemben alacsony és közepes hőmérsékleteken a hőmérséklettel lineárisan, magas hőmérsékleten azonban hatványozottan nő.

## Kerámiai anyagok hővezetési tényezői különböző hőmérsékleteken

M e g n e v e z é s	Térfogat- súly g/cm <sup>3</sup>	H ő v e z e t é s i t é n y e z ő kcal/mó°													
		0°	20°	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1100°	1200°
A) Tömör vagy kis porozitású anyagok. Pórustérfogat < 40 %															
Égetett agyagtégla .....	1,55—1,85	0,45—0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Üreges téglá .....	1,30—1,35	0,30—0,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Klinkertégla, keramit, kőagyag .....	2,00—2,30	0,90—1,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kemény porcelán .....	2,30—2,50	1,21	—	—	1,31	—	1,41	—	1,51	—	1,61	—	—	—	—
Szteatit alapú elektromos szigetelők .....	2,60—2,80	—	1,9	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Titándioxid alapú elektromos szigetelők .....	3,50—3,90	—	3,0	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Samottégla .....	—	0,66	—	—	0,73	—	0,82	—	0,90	—	0,98	—	10,7	—	1,15
Szilikatégla .....	—	0,61	—	—	0,76	—	0,92	—	1,08	—	1,24	—	1,40	—	1,56
Szillimanitégla .....	—	—	—	—	—	1,38	1,37	1,36	1,34	1,31	1,30	1,29	1,28	1,26	—
Korundtégla (81,5% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	—	—	—	—	—	2,00	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	—
Magnezittégla (89,0% MgO) .....	—	—	—	—	—	9,7	8,3	7,0	6,1	5,2	4,7	4,0	3,6	3,1	—
Krommagnezittégla .....	—	—	—	—	—	1,85	1,80	1,65	1,55	1,50	1,40	1,30	1,25	—	—
Kromitégla .....	—	—	—	—	1,22	—	1,33	—	1,40	—	1,44	—	1,44	—	1,48
Szilíciumkarbidtégla (90% SiC) .....	—	—	—	—	—	—	—	—	12,2	—	10,5	—	9,1	8,6	—
Zirkontégla .....	—	—	—	—	1,30	—	1,40	—	1,51	—	1,58	—	1,66	—	1,72

## B) Nagy porozitású hőszigetelő anyagok. Pórustérfogat &gt; 40%

Kovaföldtégla .....	0,35	—	0,056	0,062	0,077	0,093	0,108	—	0,136	—	0,161	—	—	—	—
	0,45	—	0,072	0,084	0,097	0,110	0,122	—	0,146	—	0,165	—	—	—	—
	0,55	—	0,082	0,097	0,110	0,123	0,134	—	0,156	—	0,174	—	—	—	—
	0,75	—	0,120	0,130	0,140	0,151	0,161	—	0,179	—	0,195	—	—	—	—
Pórusos samottégla .....	0,80	—	—	—	—	0,24	0,27	0,31	0,34	—	0,41	—	0,48	0,53	—
	1,00	—	—	—	—	0,33	0,34	0,36	0,38	—	0,43	—	0,53	—	—
Pórusos szillimanitégla .....	1,22	—	—	—	—	—	—	—	0,26	—	0,30	—	0,36	—	0,42
Pórusos szilikatégla .....	0,70	—	—	—	0,20	—	0,24	—	0,28	—	0,34	—	0,46	—	—
Nagy porozitású téglá közönséges agyagból .....	0,70	—	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



3. *A nedvesség befolyása a hővezetési tényezőre.* Minden pórusos kerámiai építő- és szigetelő anyagnak légszárak állapotban van egy bizonyos nedvességtartalma, amit egyensúlyi nedvességtartalomnak nevezünk. Ez a nedvességtartalom a környező levegő hőmérsékletétől és nedvességtartalmától függ és a nedvesség telítettségi fokának megfelelően változik. Ha az anyagot mesterségesen kiszárítjuk, utána mindig felvesz a környező levegőből légszárak állapotának megfelelő nedvességet. Kerámiai anyagok egyensúlyi nedvességtartalma 20°-on 75% relatív nedvesség mellett általában igen alacsony, 1% alatt van, a 2%-ot egy esetben sem éri el. Ennél nagyobb egyensúlyi nedvességtartalma csak nedvszívó, oldható sókat tartalmazó anyagoknak van.

A nedvességnek a hővezetési tényezőre lényeges befolyása van. Ha a kerámiai anyag átnedvesedik, a pórusokban levő kis hővezetési tényezőjű levegőt a 15–20-szor nagyobb hővezetési tényezőjű víz szorítja ki. Ezért nedvesség hatására a hővezetési tényező megnövekszik, a hőszigetelő-képesség leromlik. Feltűnő, hogy a hővezetési tényező %-os emelkedése csekély térfogatszázalékú nedvességtartalom mellett nagyobb, mint nagy nedvességtartalomnál. Krischer és Rohnalter (8) azt is megállapították, hogy csekély nedvességtartalomnál a nedvességnövekedés erősebben növeli a hővezetési tényezőt, mintha a nedvesség helyét szilárd anyag foglalná el, annak ellenére, hogy a víz hővezetési tényezője kisebb, mint a szilárd vázat felépítő anyagé. A víz ugyanis mindig először a hőszigetelés szempontjából leghatásosabb, legfinomabb pórusokba hatol és az egymással szomszédos anyagrészek között jól vezető hőhidakat létesít. Szervetlen építő- és szigetelő anyagok hővezetési tényezőinek nedvesség hatására bekövetkező változását Cammerer (9) adatai szerint a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

Szervetlen építő- és szigetelő anyagok hővezetési tényezőinek változása nedvesség hatására

Nedvességtartalom térfogat %-ban	A hővezetési tényező százalékos növekedése a szárazanyag térfogatára vonatkoztatott nedvesség %-onként
1,0	32,0
2,5	22,0
5,0	15,1
10,0	10,8
15,0	8,5
20,0	7,2
25,0	6,2

A nedvességnek a hővezetési tényezőre gyakorolt befolyása a hőmérséklettől is függ. Az átnedvesedett pórusfalakról hőmérsékletkülönbségek hatására vízgőzdiffúzió indul meg, ami a hőátadást fokozza. A diffúzió a hőmérséklettel nő. Minél nagyobb a diffúzió, annál nagyobb a nedvesség befolyása a hővezetési tényezőre. Egy bizonyos hőmérsékletnél — mint azt Krischer kimutatta — a diffúzió eléri a maximális értékét. Ennél

a hőmérsékletnél a pórusok szigetelő hatása már csak annyi, mintha a pórus teljesen vízzel lenne kitöltve.

A kerámiai úton előállított hőszigetelő anyagoknak három csoportja van: agyagkötésű kovaföld téglák, közönséges agyagból előállított nagy porozitású téglák és nagy porozitású tűzálló téglák.

## II.

## Agyagkötésű kovaföld-téglák.

## Nagy porozitású agyagtéglák

A kovaföld egysejtű algáknak, a diatomáknak kovapáncéljaiból álló üledékes kőzet. A 10–200  $\mu$  nagyságú igen különböző formájú diatomák kovapáncélja igen kis, sokszor 1  $\mu$ -nál kisebb méretű szabályos alakú pórusokkal van átszőve, melyek a méhviasz sejtjeihez hasonló elrendeződésűek. A kovapáncél a diatomák életműködése folytán kiválasztott kavasavgel dehidratációja útján képződött amorf kavasavból áll, ami röntgendiffrakciós vizsgálatok szerint opál. A kavasavgel mellett a diatomák ugyancsak gél formájában alumínium-, vas- és alkáliföldfém-vegyületeket is leválasztanak (10). Ezek és a diatomák szerves maradványai a kovaföld szennyeződésében jelentkeznek. Az ülepedés folyamán a szennyeződésekhez még kvarchomok, agyagásványok, kalcium- és magnéziumkarbonát is járulhatnak.

A kovaföld vízzel összegyúrva duzzad és kis mértékben képlékennyé válik. A vízes massa többnyire tixotrop sajátságú. Hőszigetelés szempontjából azok a kovaföldféleségek értékesek, melyekben a szennyező alkatrészek mennyisége a légüregekkel átszőtt amorf kavasav mennyiségéhez viszonyítva kevés. A minőség megállapításánál a kémiai összetétel mellett elsősorban a kovaföld-örleménynek laza és berázott állapotban mért litersúlyát, a nedvesen formázott testek száradási és égetési zsugorodását, térfogatsúlyát és pórus-térfogatát, tűzbeni formaállandóságát, nyomás alatti lágyuláspontját és olvadáspontját kell figyelembe venni. Jóminőségű kovaföldek kavasav-tartalma 70–95%, örleményének litersúlya lazán 250–350 g, tömörítve 360–550 g; fajsúlya 2,10–2,35 g/cm<sup>3</sup>; a nedvesen formázott próbatestek zsugorodása szárazon 2–6%, 900°-on kiégetve 3–12%, térfogatsúlya szárazon 0,65–0,85 g/cm<sup>3</sup>, 900°-on kiégetve 0,60–0,80 g/cm<sup>3</sup>.

Hazánkban a Mátrában, Börzsönyben, Mecsekben és a Tokaji-hegységben fordul elő kovaföld. Legismertebb a Mátrában, Szurdokpüspöki határában feltárt település; a rétegek itt 10–25 m vastagságúak és többnyire 12–26% agyagos és mészkarbonátos kísérő alkatrészeket tartalmaznak, de igen tiszta, 1500° felett olvadó minőségek is vannak.

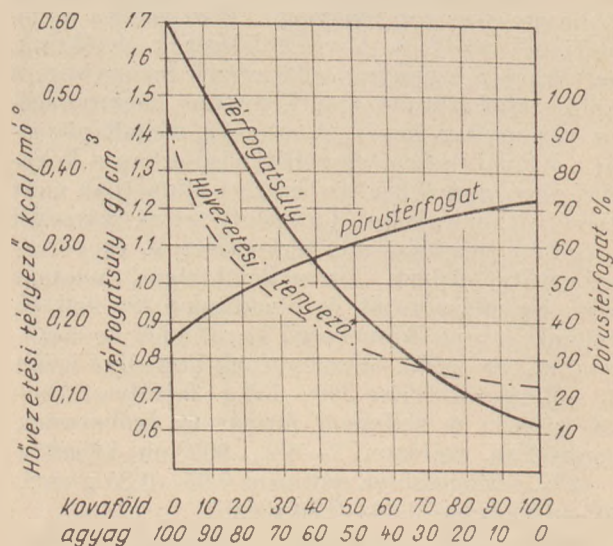
Az agyagkötésű kovaföldtéglák és idomtestek gyártása nagyjából a durvakerámiai iparban alkalmazott eljárások szerint történik. A nyersanyagkeveréket száraz állapotban aprítják és őrlik, majd az örleményt megfelelő vízmennyiséggel keverőgyűrőberendezésen képlékeny állapotba hozzák. Az így előkészített anyagot esigaszajton formázzák.



Hogy a massa sajtolásnál túl erősen ne tömörüljön és hogy a termék laza szerkezetű legyen, általában tömörítő kúppal nem rendelkező csigasajtókat használnak a formázáshoz. A kiformázott testeket szárítják, majd összetételüknek és minőségüknek megfelelő hőmérsékleten kiégetik.

Vannak olyan egyenletes szöveti szerkezetű kovaföld kőzetek, mint a californiai Lompocban előforduló kovaföld-palák, melyekből a szigetelő téglák egyszerűen kifaraghatók, vagy kifűrészelhetők (11). Az így előállított téglák alacsony hőmérsékletű szigetelésekhez nyersen is használhatók, magas hőmérsékleteknek kitett szigetelésekhez azonban 900–1200°-on kiégetett téglákat használnak.

A kovaföldmasszák formázhatóvá tételéhez nagyképlékenységi agyagot, esetleg bentonitot alkalmaznak. Ezek nemcsak a képlékenységet és kötőképességet növelik, hanem egyben a kiégetett téglák szilárdságát és mechanikai ellenállóképességét is fokozzák, de csökkentik a téglák pórustérfogatát. Minél kevesebb agyagot keverünk a masszába, annál kevésbé csökken a pórustérfogata és annál kevésbé nő a térfogatsúlya és hővezetési tényezője. Az 1. ábra a hidasi kovaföld és bányai agyag különböző arányú keverékeiből formázott és 900°-on kiégetett próbatestek térfogatsúlyát, pórustérfogatát és hővezetési tényezőjét szemlélteti. A hővezetési tényező görbéjének megszerkesztése Cammerer vizsgálati adatai alapján történt (12).

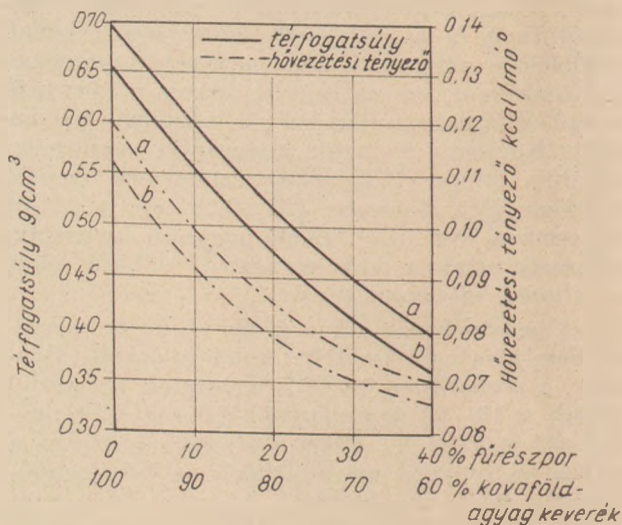


1. ábra

Kovaföld és agyag keverékeiből előállított kerámiai anyagok térfogatsúlya, pórustérfogata és hővezetési tényezője

A pórustérfogat csökkenésének megakadályozása pórusképző anyagoknak a masszába való keverésével érhető el. Hasonló módon járunk el akkor is, ha az anyag pórustérfogatát növelni akarjuk. A kiformázott testekben egyenletesen elkevert, finom szemcseméretű szerves anyagok, mint fűrészpor, faliszt, parafadara vagy szénpor az égetési folyamat alatt elgázosodnak, illetve elégnak és az anyagban apró lyukacsokat létesítenek. Kovaföld és agyag keverékeiből fűrészpor-adago-

lással előállítható kerámiai termékek térfogatsúlyát és hővezetési tényezőjét a 2. ábra görbéi tüntetik fel; a) esetben az alapanyag 80% hidasi kovaföld- és 20% bányai agyagból áll, b) esetben 90% kovaföld- és 10% agyagból.



2. ábra

Agyagos kovaföldtégla térfogatsúlyának és hővezetési tényezőjének változása a masszához kevert fűrészpor mennyiségétől függően

Az ábrából látható, hogy a kovaföld, agyag és fűrészpor arányának megfelelő megválasztásával a téglák térfogatsúlyát igen tág határok között tudjuk változtatni. 35–40% fűrészporral 0,40–0,35 g/cm<sup>3</sup> térfogatsúlyú termékek is előállíthatók.

Az égetett kovaföld-téglákat hőállóságuk alapján a közönséges és nagy hőállóságú vagy tűzálló hőszigetelő anyagok csoportjába soroljuk. Előbbiek 900°-ig használhatók, utóbbiak használhatósága 1200–1350°. A kétféle gyártmány anyagi felépítése és égetési hőmérséklete különböző. A közönséges kovaföld-tégla alapanyagában a kovaföld több-kevesebb szennyeződést tartalmazhat és az agyaggal szemben sincsenek különös követelmények a képlékenységen és kötőképességen kívül; a téglát 900° körüli hőmérsékleten égetik. A nagy hőállóságú, vagy tűzálló kovaföld-téglahez csak igen tiszta, magas kavasvartartalmú, 1580° felett olvadó tűzálló kovaföldet használhatunk és a kötőagyagnak is tűzállónak kell lennie; égetési hőmérséklete 1200–1400°.

A kétfajta téglá égetésénél végbemenő folyamatok között is igen nagy különbség van. A közönséges kovaföld-tégla 900°-on történő égetésénél a kovaföld alapanyagát képező opál lényegében nem változik, amorf állapotú kavasvartartalom marad, csak kémiaiilag kötött vizét veszti el. A kiégetett téglák mikroszkópos képében a kovapáncélok körvonalai még jól megfigyelhetők. Az amorf kavasvartartalom, a kavasvartartalomhoz, vagy kvarcvegeghez hasonlóan, igen kicsi a tágulási együtthatója.  $5 \cdot 10^{-7}$ , és ez a hőmérséklettel számottevően mértékben nem változik. Ennek következtében a téglák hőingadozásokkal szemben ellenállók.

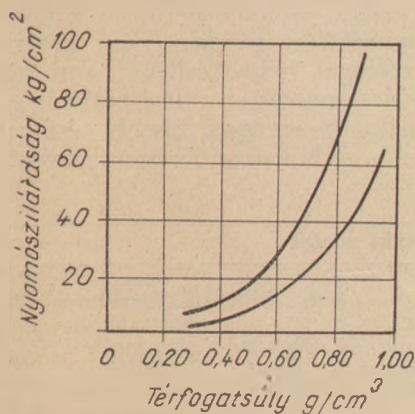
A nagy hőállóságú téglák 1200–1400°-os égetési hőmérsékletén az amorf kavasvartartalom mélyre-



ható változáson megy keresztül, kristályos kovasavvá alakul át. Az átalakulás  $1000^{\circ}$ -on kezdődik, mikoris az amorf kovasav fokozatosan krisztobalittá változik.  $1250^{\circ}$ -ot meghaladó hőmérsékleten a krisztobalitt stabilitása megszűnik és huzamos ideig tartó hevítés után tridimitté alakul. A tökéletes átalakulás  $1400^{\circ}$ -on vagy annál még magasabb hőmérsékleten fejeződik be.

Ismeretes, a kristályos kovasav mindkét polimorf módosulatnak az amorf kovasavval szemben nagy a hőtágulási együtthatója és — különösen a krisztobalitt esetében — a hőmérséklettel ugrásszerűen változik. Ezért vörösízással a két kristályos kovasavmódosulatnak hőérzékenysége nagy. A krisztobalitt érzékenysége azért feltűnően nagy, mert  $230^{\circ}$ -on enantiotrop átalakuláson megy keresztül,  $\beta$  módosulatából  $\alpha$  módosulatába megy át, miközben hőtágulási együtthatója  $1,15\%$ -kal változik. A tridimittnek is vannak  $120$  és  $160^{\circ}$ -on enantiotrop átalakulásai, mikor a  $\gamma$  módosulatából a  $\beta$ , illetve  $\alpha$  módosulatba megy át, de a lineáris tágulásban bekövetkező változás csak  $0,3\%$ . Ezért a kovaföldtégla égetésénél a hőingadozásokkal szembeni érzékenység csökkentése érdekében arra kell törekedni, hogy az amorf kovasav tridimitté alakuljon. Ezt Coss szerint (13) — a szilikátégla gyártási eljáráshoz hasonlóan — azáltal lehet elérni, ha a nyersanyagkeverékben katalizátorként  $1-3\%$  égetett meszet is alkalmaznak.

Az égetett kovaföld-tégla nyomószilárdsága más kerámiai anyagokkal összehasonlítva kicsi. A nyomószilárdság elsősorban az anyag térfogatsúlyától függ, de a formázás módjának, az égetési hőfoknak, a kötőanyagok és pórusképző anyagok minőségének is befolyása van. Fűrészporral finomabb pórusok képződnek, mint parafadarával, ezért a pórusfalak fűrészpor használata esetén vékonyabbak, mint a parafadara használatánál, miertis utóbbival nagyobb szilárdságú termékek állíthatók elő (14). A 3. ábra kovaföldtégla nyomószilárdságát tünteti fel térfogatsúlyuktól függően (15).

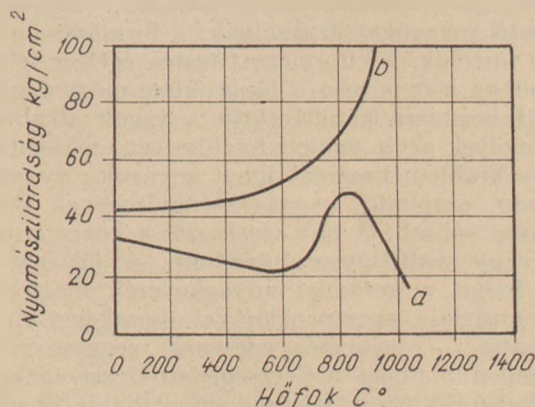


3. ábra

Kovaföld-tégla nyomószilárdsága térfogatsúlyuktól függően

Kovaföld-tégla nyomószilárdsága nagymértékben függ a hőmérséklettől. A 4. ábra két különböző térfogatsúlyú hőálló kovaföld-tégla nyomószilárdságának változását tünteti fel a hőmérsék-

lettől függően (16). Az *a*) görbe  $400 \text{ g/cm}^3$ , a *b*) görbe  $600 \text{ g/cm}^3$  térfogatsúlyú anyagra vonatkozik. Mint látszik a kovaföldtégla a samotthoz hasonlóan viselkedik. Közöséges hőmérsékletéről kiindulva a szilárdság a legtöbb esetben fokozatosan nő,  $600-800^{\circ}$ -tól pedig még olyan anyagnál is, melynél a hőmérsékletig a szilárdság csökkenése mutatkozott, ugrásszerűen emelkedik, míg  $1000^{\circ}$  körül eléri maximumát. A hőmérséklet emelése már a szilárdság rohamos csökkenését vonja maga után.



4. ábra

Kovaföld-tégla nyomószilárdságának változása a hőmérséklettől

Nagy pórustérfogatú hőszigetelő téglák közöséges agyagból is előállíthatók, ha a masszába az előbb ismertetett módon pórusképzés céljából finom szemcseméretű éghető anyagot is adagolunk az előkészítés és megmunkálás folyamán. Legjobban a fűrészpor és szénpor keveréke vált be erre a célra. A pórusképző adalékanyag mennyiségét az anyag képlékenysége és kötőképesége szabja meg és általában  $15-25\%$  között van. Nagyobb mennyiségű éghető anyag alkalmazása gyártási nehézséggel jár, a massa formázhatósága romlik és a kiegészített terméknek nincs meg a kellő szilárdsága. A többnyire üreges formában készült és porozitvagy kőszivacs néven ismert téglákat főképpen a magasépítészetben használják. Térfogatsúlyuk az üregeket is beszámítva  $0,7-0,8 \text{ g/cm}^3$ , üregek nélkül  $1,0-1,1$  nyomószilárdságuk  $15-25 \text{ kg/cm}^2$ .

### III.

#### Nagy porozitású vagy könnyű tűzálló téglák

A nagy porozitású vagy könnyű tűzálló téglák kémiai és ásványi összetétele a normális tűzálló téglákéhoz hasonló, nyersanyagai is lényegében azonosak, de nagy pórustérfogatukkal összefüggő laza szöveti szerkezetüknél fogva műszaki tulajdonságaik azokétól eltérnek. Szilárdságuk, mechanikai és kémiai hatásokkal szembeni ellenállóképességük, nyomás alatti lágyuláspontjuk lényegesen kisebb; salak, hamu, szállópor és gázok a téglák nagyméretű nyitott pórusálózatába könnyen behatolnak és azok anyagában roncsoló hatást fejthetnek ki.

Legfontosabb hőszigetelő tűzálló téglák a már ismertetett tűzálló kovaföldtégla kívül a



könnyű-samott, könnyű-szillimanit-, könnyű mullit- és könnyű szilika-téglák. Gyártásukra kétféle eljárás fejlődött ki.

Az egyik eljárásnál — mely szerint a kovaföld-téglák és pórusos agyagtéglák is készülnek — a nyersanyagkeverékhez az égetés folyamán elgázosodó, illetve eléggő finomszemcséjű fűrészpórt vagy szénport kevernek. A formázás félnedves, vagy nedves sajtolással történik. A pórusok ez esetben tehát az égetési folyamat alatt képződnek.

A másik eljárásnál a pórusok a formázásnál képződnek és pórusképzésre habosító, vagy gázfejlesztő anyagokat használnak. A formázás öntés útján történik. A kiformázott testek égetése tehát ez esetben már pórusos állapotukban megy végbe.

Habosításra kapilláraktív anyagok alkalmasak, melyek a víz felületi feszültségét csökkentik. Leggyakrabban használt ilyen anyagok: gyantaszappan, szaponit, aromás szénhidrogének szulfonsavas sói stb. A hab viszkozitása kevés enyvel, vagy szulfittlúggal növelhető. A jól felvert sűrű habot a kerámiai anyagkeverék megfelelő koncentrációja szuszpenziójával összekeverik. A masszába — megkeményedésének meggyorsítása érdekében — még nedvességfelszívó anyagokat, pl. fűrészpórt, vagy pórusos samottdarát is adagolnak, vagy olyan sókat, melyek nagymennyiségű hidratvizet tudnak rövid idő alatt megkötni, pl. gipszet. A sűrű masszapépet szétszedhető formákba öntik; megszilárdulás után a formákat szétszedik és a testeket megszáritják.

Gázfejlesztéssel történő pórusképzésre különböző anyagok alkalmazhatók. A fejlődő gáz lehet hidrogén oxigén vagy széndioxid. Hidrogén, alumínium, cink, vagy magnéziumporral fejleszthető a sűrűn folyós masszában lúgos anyagok jelenlétében, oxigén hidrogénperoxiddal, vagy perborátokkal, szénsav a masszához adagolt dolomitból szabadítható fel kénsav hatására. A gázképző és keményítő anyagokkal összekevert kerámiai szuszpenziót, még a gázképződés megindulása előtt formákba öntik, azonban a formákat nem töltik meg teljesen. Ha a gázfejlődés következtében felduzzadt massa a formákat kitöltötte és megkeményedett, a testeket a formákból kiszedik és száritják.

A kiszáritott pórusú testek kiegészítési hőmérséklete összetételüktől függően 1400—1600°.

A könnyű tűzálló téglákkal szemben fennálló követelmények nagyok. Használhatóságukat térfogatsúlyukon és hővezetési tényezőjükön kívül szilárdságuk, hirtelen hőmérsékletváltozásokkal szembeni ellenállóképességük és nyomás alatti lágyuláspontjuk szabja meg. Igen fontos követelmény az is, hogy a téglák felhasználásuk hőmérsékletátlárain belül utánsugorodást, vagy duzzadást ne mutassanak.

Könnyű tűzálló téglák műszaki adatait Steger adatai alapján az 5. táblázat tartalmazza (17).

A könnyű tűzálló téglák alkalmazási területe igen nagy és egyre bővül. Kohászati, kerámiai, üvegipari kemencék és a többi iparágak legkülönbözőbb rendszerű kemencéinek hőszigetelésére előnyösen felhasználhatók.

Ipari kemencék hőszigetelése külső, közbenső és belső szigeteléssel oldható meg. Külső szigetelésnél a kemence külső falazatát burkolják szigetelő-téglákkal, közbenső szigetelésnél a szigetelő anyagot a tűzálló bélés és külső falazat közé építik be, végül belső szigetelésnél a szigetelő réteg magát a tűzálló bélést helyettesíti. A szigetelő réteg különböző elhelyezése mellett a falazatban bekövetkező hőmérsékletesést az 5. ábra tünteti fel.

A kemencék hőszigetelésének célja a falazat által kisugárzott és a falazatban tárolt hő által okozott veszteségek csökkentése.

A falazatban tárolt hő által okozott óránkénti veszteség rövid ideig működő és szakaszos üzemű kemencéknél igen nagy. A fűtés vagy égetés idejének növekedésével, illetve folytonos üzemű kemencéknél ez a veszteség fokozatosan csökken és ha a kemencefalazat a teljes hőkapacitásnak megfelelő hőmennyiséget felvette, nullává válik. A sugárzási veszteség ezzel szemben az égetési idővel nő és egy állandó értéket vesz fel, ha a sugárzó falfelület hőmérséklete már nem emelkedik. (18)

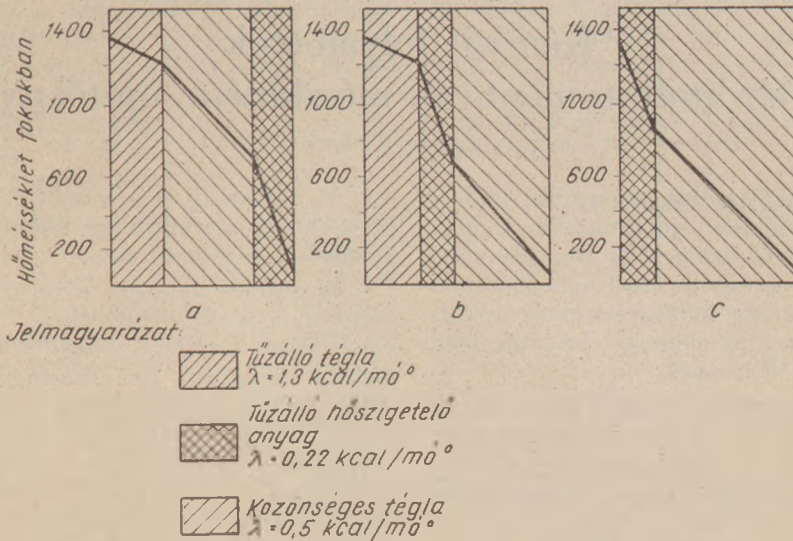
A sugárzás okozta hőveszteség külső szigeteléssel mérsékelhető, mert ezzel a sugárzó felület hőmérsékletét csökkentjük. A tárolt hő okozta veszteség azáltal csökkenthető, ha a hőt felvevő belső kemencebélést részben vagy egészben hőszigetelő réteggel helyettesítjük, ami közbenső, illetve belső szigeteléssel valósítható meg. A szigetelő tégláknak egyrészt kisebb térfogatsúlyuk miatt kisebb a hőkapacitásuk, másrészt kisebb

5. táblázat

Nagy porozitású tűzálló téglák műszaki adatai

M e g n e v e z é s	Térfogat-súly g/cm <sup>3</sup>	Porozitás térfogat %	Nyomó- szilárdság kg/cm <sup>2</sup>	Olvas- pont fokokban	Nyomás alatti lágyu- lás kezdeti hőfoka 0,25 kg/cm <sup>2</sup> terhelés- nél	Hirtelen hőfokválto- zásokkal szembeni ellenálló- képesség
Pórusos samottégla . . . . .	0,7—1,2	50—70	25—100	1650—1730	cca. 1300	közepes-jó
Pórusos szillimanittégla . . . . .	1,1—1,7	40—65	50—100	1850	1500 felett	közepes-jó
Pórusos mullit téglá . . . . .	1,0—1,4	70	40—100	1920	cca. 1600	jó
Pórusos szilikatégla . . . . .	0,6—1,2	50—70	50—100	1690—1710	1600	vörösizzás alatt csek. esckély
Nagy hőállóságú kovaföld-tégla . . . . .	0,6—0,9	60—70	10—50	1650—1670	1250—1400	





5. ábra

Hőmérsékletesés a kemence falazatban a) külső, b) közbenső, c) belső szigetelés esetében

hővezetési tényezőjük következtében a tűzálló bélés vékonyabbra méretezhető, ami a tárolt hőmennyiség további csökkenését eredményezi. A tűzálló bélés csak az esetben készíthető hőszigetelő tűzálló téglából, ha azok a tüztérben levő szilárd, folyós és gáznemű anyagok kémiai és koptató hatásának nincsenek kitéve.

A fentiekben ismertetett szigetelő tégláknak kemenceszigetelésre való alkalmazásánál a következőket kell figyelembe venni. A közöséges kovaföldtéglák 700—1000° hőmérsékletek között használhatók, de csak külső és közbenső szigetelésre. A nagy hőállóságú kovaföldtéglák és könnyűsamotttéglák használhatóságának hőmérséklet-tára 1200—1400°, közbenső és belső szigetelésre is alkalmasak. A könnyű-szilika-, szillimanit- és mullit-téglákat 1500° vagy annál magasabb hőmérsékletű égetőterek belső béléséhez alkalmazzák.

#### IRODALMI UTALÁSOK

- (1) Eucken A.: Die Wärmeleitfähigkeit keramischer Stoffe. Forschungs-Arbeit. Ing. Wes. 1932. 353. közl.
- (2) Raisch, E., Weyh, W.: Gesundh. Ing. 1933. 510. lap.
- (3) Cammerer, J.: Wärme- u. Kälteschutz in der Industrie. 1951. 147. lap.

- (4) Cammerer, J.: Wärme- u. Kälteschutz in der Industrie. 1951. 136. és 164. lap.
- (5) Krischer, O.: Gesundh. Ing. Beihefte. 1934. 33. közl.
- (6) Steger, W.: Keram. Werkstoffe für chemische Apparate. 1940. 47—49. lap. Koppers Handbuch d. Brennstofftechnik. 1937. 475—477. lap. I. D. : Ans u. E. Lax: Taschenbuch f. Chemiker und Physiker. 1949. 1379. és köv. lap.
- (7) Eucken, A.: Tonindustrie Zeitung. 1929. 1601—1602. lap.
- (8) Krischer, O., Rohntaler H.: Gesundh. Ing. 1937. 621. lap.
- (9) Cammerer, J. S.: Heizung u. Lüftung. 1943. 75—81. lap.
- (10) Maldau, R., Robertson, H. J., Twedily, E.: Tonindustrie Zeitung. 1954. 387—392. lap.
- (11) Calvert, R.: Diatomaceous earth. 1930. 175—178. l.
- (12) Cammerer, J. S.: Wärme- u. Kälteschutz in der Industrie. 1951. 123. lap.
- (13) U. S. A. Pat. 1 544.433 (1925). Calvert, R.: Diatomaceous earth. 1930. 184—186. lap.
- (14) Steinhoff, E.: Berichte der deutschen keramischen Gesellschaft. 1927. 147. lap.
- (15) Steiffert, K.: Wärme- u. Kältetechnik. 1941. 105—108. lap.
- (16) Cammerer, J. S.: Wärme- u. Kälteschutz in der Industrie. 1951. 83. lap.
- (17) Steger, W.: Keram. Werkstoffe für chemische Apparate. 1940. 13—33. lap.
- (18) Praetorius, E.: Tonindustrie Zeitung. 1934. 1220—1235. lap. Marsch, G. E.: Iron and Steel. 1954. 165—168. lap.

Újra előfizethető az

## ÉPÍTŐANYAG

Előfizetéseket felvesz

a Posta Központi Hírlap Iroda, Budapest, V. kerület, József nádor tér 1.

Telefon: 180—850. Csekk számszám: 61,254

Előfizetési díj: egy évre 72.—, félévre 36.—, negyedévre 18.—Ft

# Kémiai folyamatok gőzzel szilárdított cement- és mészkötésű építőanyagokban

ADONYI ZOLTÁN, BALÁZS GYÖRGY, KILIÁN JÓZSEF

Építőelemek előállításánál az utóbbi időben egyre nagyobb mértékben alkalmazzák a gőzszilárdítást. Előregyártó üzemekben, de az építéshelyi betonozásnál is az úgynevezett nehézbetonok gőzölésének előnye, hogy lényegesen megrövidíti a szilárdulási időt, azaz az elemek a készítés után hamarosan beépíthetők lesznek.

Az építőipar egyre nagyobb mértékben igényli a könnyű építőanyagokat. A könnyű építőelemek előállítása érdekében — figyelembe véve a technológiai eljárások sokaságát és a felhasználható adalékanyagok nagy számát — igen széleskörű kutatómunka folyik. Ilyen építőanyagok gyártásánál a gőzölés nemcsak a szilárdulási időt rövidítheti meg, hanem előnyösen megváltoztatja az anyag szilárdsági és egyéb tulajdonságait is.

A gőzszilárdítás tehát fontos fejezete az építőanyagok előállítási technológiájának.

Az építőanyagok összetétele sokféle. A kötőanyag rendszerint cement és mész. Az adalékanyag homok, kavics, különböző kövek, főldek vagy célszerűen megválasztott, illetve átalakított ipari hulladékok. Az anyagokat vízzel — és esetleg nedvesítő, habosító stb. anyagokkal — keverik és a bedolgozás módjától függően földnedves, plasztikus vagy folyékony (öntött) állapotban formálják. Az alkotóelemek térfogatsúlya, valamint jellemző fizikai és kémiai tulajdonságai igen változók. Ugyanígy változó az építőanyag szilárdításához szükséges gőz hőmérséklete, időtartama és a gőzszilárdítás eredményessége is.

E dolgozat be kívánja mutatni a gőzszilárdításra vonatkozó mai kutatási eredményeket és ismereteket, kiegészítve azokat néhány saját vizsgálattal.

A kutatási eredmények ismertetése előtt szükséges a célkitűzés alaposabb rögzítése.

Tárgyalni fogjuk azokat a vegyi folyamatokat, amelyek a cement és mész kötőanyagként való felhasználásakor — az ismert szilárdulási folyamatok mellett — valamint a cementből felszabaduló mész és a szilikáttartalmú adalékanyagok között játszódnak le. A cement fő alkotói hidrolízisének, valamint a mész és kovasav között bekövetkező folyamatoknak a tanulmányozása nem választható szét élesen. E két kérdésben kapcsolódó problémákat ezért csak ott tárgyaljuk külön, ahol ez a rendszerezés miatt elengedhetetlenül szükséges.

Továbbá vizsgálat tárgyává tesszük azoknak a szilikátokat tartalmazó anyagoknak a mésszel való kölcsönhatását, amelyek megfelelő felhasználás esetén fokozzák az építőelemek előnyös tulajdonságait. Ezért foglalkozunk a lehetőséghez képest nagy súllyal azokkal a folyamatokkal, amelyek a mész és az adalékanyagok (homok, salak, agyag, pernye stb.) kölcsönhatásakor következnek be mészhomoktégla-, sejtésített-, salak-, pernye- stb. építőelemek előállítása esetén.

E dolgozatban a vázolt feladat technológiai kérdéseinek előtanulmányaként a kémiai vonatkozásokat foglaltuk össze.

A gőzölés hatására a mész- és cementkötésű építőanyagoknál bekövetkező folyamatok tanulmányozását a legegyszerűbb komponenssel, a mésszel kezdjük. Bevezetésképpen foglalkozunk a mész kalciumoxidos és kalciumhidroxid formájával, mely a kovasavval reagálni képes, hogy az építőtestek előállításakor a kötést eredményező különböző CaO-tartalmú rendszerek kis és nagy hőmérsékleten bekövetkező folyamatainak vizsgálatát előkészítsük és alapot biztosítsunk a technológiai folyamatok mélyebb értelmezéséhez.

## MÉSZ :

### Mészégetés

Égetett meszet (CaO) iparilag mészkőből ( $\text{CaCO}_3$ ) 1000—1200 °C-on a kalciumkarbonát disszociációjával, azaz a széndioxid ( $\text{CO}_2$ ) kiűzésével állítanak elő.

Az égetett mész előállítására legáltalánosabban használt mészkő kristályain belül a kalcium és a  $\text{CO}_3$ -ion a konyhasó egyszerű kristályrácsához hasonló rácsot képez ; a rácson belül egyenletesen oszlik el. A térszükségletet rácson belül elsősorban a  $\text{CO}_3$ -ion határozza meg.

A kalciumkarbonátot (897—908 °C-ig) a disszociációs hőmérsékletig hevítve, a disszociáció egyik terméke, a széndioxid úgy távozik, hogy a rács eredeti szerkezete nem alakul át a kalciumoxidnak tulajdonképpen megfelelő tömörebb stabil rácsszerkezetté. A visszamaradó kalciumoxid kristályrácsa tehát üres helyekkel rendelkezik, ami a belső felület és a fázishatárfelület növelését eredményezi és a kémiai reakciók gyorsulásához vezet.

A szennyezésnek igen kis mennyisége is hasonló hatást eredményez. A szennyezésnek a kristályrácson belül a rácsszerkezet torzulását okozhatják. A rácshibák növelik a fázishatárfelületet, ami által a kalciumoxid vízzel szemben mutatkozó reakciósebessége változik. Már szennyezések nyomai rácsstorzulást okoznak, ami viszont mintegy katalizálja a kalciumoxid vízreakciót. A rácsstorulás hatását is figyelembevéve azok a mészfajták a legreakcióképesebbek, amelyek a lehető legkisebb hőmérsékleten képződnek anélkül, hogy a kalciumoxid ideális kristályrácsa kialakulna. A kalciumkarbonát disszociációját nagyobb hőmérsékleten végezve a stabil kalciumoxid kristályforma kialakulásának a lehetősége növekedik. Az eredményt a gyakorlat minden szempontból igazolja. Az égetési hőmérséklet és az égetési idő növelésének függvényében bizonyos határon túl az égetett mész reakcióképessége vízzel szemben csökken. (A reakcióképesség növekedését eredm-



nyezi, ha égetéskor a mézskőhöz konyhasót adagolnak. Nagy hőmérsékleten különösen a három vegyértékű fémek reagálnak a klór ionnal és illó kloridokat képeznek. Ezáltal ugyancsak üres helyek maradnak a CaO-rácsban.)

### A mézshidrát

A mézszoltás exotherm folyamat. Oltás közben a felhasznált víz mennyiségétől függően 276,5—342,5 cal szabadul fel minden g égetett mézsből (CaO). A hőfelszabadulás időtartama függ a kalciumoxid égetési körülményeitől, reakcióképességétől. Az agyonégetett méz, mely normál körülmények között gyakorlatilag nem oltódik, megfelelő kezelés esetén nagyobb hőmérsékleten ugyancsak olthatóvá válik. Oltása közben lényegében azonos hőmennyiség szabadul fel, mint az enyhén égetett méz oltásakor. Az oltott méz, mézshidrát  $[Ca(OH)_2]$  547 °C fölött ismét elveszíti víztartalmát és visszaalakul kalciumoxidá.

A mézshidrát reakcióképes bázis. Mézskötésű építőanyagok előállításánál döntő jelentőségű, hogy milyen szerkezetűvé alakult.

Az oltott méz tulajdonságai függenek az oltási körülményektől. Megkülönböztetünk szárazra oltott meszet (porrá oltott méz), voluminózus mézskását, mézspépet, amelyekben az oltás körülményeitől függően a mézshidrát valószínűleg többé vagy kevésbé kristályos kalciumhidroxiddá alakul.

A kalciumhidroxid hexagonális táblákban kristályosodik. A porrá oltott mézben ezt az ideá-

lis állapotot nem éri el. A kis egyedi kristályok nagyobb csomókká tömörülnek. A mézskásában kialakuló mézshidrát részek  $1\ \mu$ -nál kisebbek, a porrá oltott méz részecskéi ennél lényegesen nagyobbak, ami hatással van a mézshidrát fajlagos felületére.

1. táblázat

Mézshidrát fajlagos felülete	
Mézshidrát fajta	Fajlagos felület $cm^2/g$
Mézspép .....	20 000—30 000
Mézskása .....	15 000—20 000
Porrá oltott méz .....	5 000—10 000

A mézszoltásról mondottakat összevetve a mézégetés alapkérdéseiről mondottakkal, a különböző mézskövek és kemencetípusok égetett méz termékei között a gyakorlatban mutatkozó differencia könnyebben megközelíthetővé válik. *E meggondolásnak a mézskötésű építőtestek előállításánál, véleményünk szerint, közvetlenül gyakorlati jelentősége van és a vizsgálatoknál elhanyagolni nem szabad.*

A kalciumhidroxid és a szilikátos adalékok között a reakció előrehaladására az oldhatóság nagy hatást gyakorol. A kalciumhidroxid oldhatósága a hőmérséklet növekedésével csökken, ami arra vezethető vissza, hogy a rendszer oldódás közben hőt ad le.

11. táblázat

Kalciumhidroxid oldhatósága vízben

C°	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
g/l	1,85	1,76	1,65	1,53	1,41	1,28	1,16	1,06	0,94	0,85	0,77

Amíg 20 °C-on 1,65 g/l kalciumhidroxid oldódik, addig magnéziumhidroxidból 18 °C-on csak 0,009 g/l. Ez az oka annak, hogy magnéziumhidroxidot kötőanyagként az építőiparban nem lehet használni. (A MgO, MgCl<sub>2</sub> alapú építőanyag kötési folyamatának taglalása e helyen nem feladatunk.) A durva kristályos periklász (MgO) vízzel szemben rendkívül ellenálló, sőt még a finomkristályos is sokkal inkább mint az agyonégetett méz. A magnéziumoxid hidratációs hője 241,5 cal/g (brucita számítva 291 cal/g). A kalciumhidroxidhoz hasonlóan a magnéziumhidroxid oldhatósága növekedő hőmérséklettel csökken.

### Mézshidrát gélek

Az oltott méz nagy vízmegkötőképességgel rendelkezik, amiből kémiai és fizikai kötésre lehet következtetni.

Ismeretes, hogy a kalciumhidroxid  $[Ca(OH)_2]$  tetemes mennyiségű vizet képes adszorbeálni. A keletkező mézskása szivacsos és gél-tulajdonságokkal rendelkezik. Először Justin Muellernek sikerült igen finom mézshidrátot vízzel kezelve a gélben kb. 100% többlet kötött vizet kimutatni.

Arra a következtetésre jutott, hogy a főlös víz kötésére mellékvegyértékek adnak lehetőséget és a gél állapotú mézshidrát  $Ca(OH)_2 \cdot nH_2O$  formulával jellemezhető.

A mézshidrát nagy vízmegkötőképességének mind a széndioxid hatására bekövetkező, mind a kalciumszilikáthidráton alapuló szilárdulásnál jelentősége van.

Mézskötésű építőanyagok készítésére különösen az enyhén égetett méz alkalmas. Az égetett méz oltása közben tekintélyes hőmennyiség szabadul fel, ami kedvező a teljes hidrolízis szempontjából.

Adalékanyag, reakcióképes szilikátok hozzáadása révén azonban a rendszer hőmérséklete csökken. Amennyiben az égetett méz oltódása ezen a csökkent hőmérsékleten nem teljes, akkor a későbbi gőzölnél fennáll a duzzadás veszélye. Minél kisebb hőmérsékleten, minél enyhébben történt az égetés, annál voluminózusabb a mézshidrát, vagyis annál kisebbek az egyes  $Ca(OH)_2$ -kristályok. Minél kisebbek a kristályok, annál nagyobb a fajlagos felület és ezzel nagyobb a szaporaság és a kötőképesség.

### Reakciók $\text{CaO—SiO}_2\text{—H}_2\text{O}$ rendszerben szoba hőmérsékleten

Steinour tanulmánya volt az első (1947), mely a kérdést átfogóan először alaposan vizsgálat tárgyává tette. A korábbi kutatók a kalciumszilikát hidrátok összetételének meghatározására azt a módszert alkalmazták, hogy meghatározták a különböző kalciumhidroxid-koncentrációjú oldatokból kivált szilárd fázis összetételét.

A kalciumszilikáthidrátot kovaföldgél vagy szölből és kalciumhidroxidból, kristályos vagy üveges kalciumszilikátból, nátriumszilikát és kalciumsó reakciójából állították elő. Az eredmények Steinour szerinti összefoglalását mutatja a III-as táblázat. A mészkoncentráció kicsi, a hőmérséklet kb. szobahőmérsékletnek tekinthető.

#### III. táblázat

$\text{CaO—SiO}_2\text{—H}_2\text{O}$  rendszer kis mészsűrűség esetén szobahőmérsékleten

K u t a t ó	Feltételezett vagy talált összetétel			
	$\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$ (1 : 2)	$3\text{CaO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$ (3 : 4)	$4\text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$ (4 : 5)	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$ (1 : 1)
Baylis .....				x
van der Burgh .....				x
Shaw és Mac Intire .....		x		x
Flint és Wells .....	x			x
Jolibois és Chassevent .....	x			x
Beitlich .....	x		x	x
Krasilnikov és Kiselev .....			x	x
Bessey .....				x
Roller és Ervin .....	x	x		x
Kühl és Mann .....				x
Thorvaldson és Vigfusson .....				x
Cirilli .....				x
Tavasci .....	x			x
Nacken .....				x

Steinour kimutatja, hogy a különböző kutatók röntgenvizsgálatait is figyelembevéve a szobahőmérsékleten készített anyagok mésztartalma a  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ -képlet által kifejezettnél nagyobb.

A képlet ortoszilikát alakúvá is átalakítható ( $\text{CaH}_2 \cdot \text{SiO}_4 \cdot \text{aq}$ ), amikor a vegyületben levő 1 mol víz nem tekinthető hidrátvíznek.

Mésztartalmú oldatokban a  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$  arány bekövetkező növekedését egyesek adszorpciós jelenségekre vezetnek vissza, mások kis és nagy mésztartalmú kalciumszilikátokból képződött szilárd oldatok képződésével magyarázzák. Steinour, Bessey és Cirilli valószínűnek tartják, hogy a szilárd oldat  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$  és  $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$ -ből képződik, Lafuma, Tavasci, Keavill és Thorvaldson viszont tekintettel a mésztartalom változására, feltételezik a gél zeolitikus jellegét.

Taylor újra vizsgálta a  $\text{CaO—SiO}_2\text{—H}_2\text{O}$ -rendszer szobahőmérsékleten. Termékeit  $3\text{CaO—SiO}_2$

hidrolízisével, kalciumhidroxid és kovaföldgél, valamint kalciumnitrát és nátriumszilikát reakciójával állította elő. Meghatározta a szüredék  $\text{CaO}$  és a csapadék  $\text{CaO}$ - és  $\text{SiO}_2$ -tartalmát. Elvégezte a csapadék röntgenvizsgálatát is. A kapott termékek egyensúlyi állapota feltételezhető. A  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ -arányt nagyobbrészt 1,65-nél kisebbnek, részben 1,90 és 1,94-nek találta. Az előbbit kalciumszilikáthidrát (I)-nek, az utóbbit kalciumszilikáthidrát (II)-nek nevezte. A kalciumszilikáthidrát (I) röntgendiagramjáról kimutatta, hogy az hasonló a más kutatók által publikáltakhoz.

Kalousek kalciumhidroxidból és kovasavból készített kalciumszilikáthidrátokat. Röntgen és differenciál-thermoanalízissel Taylorhoz hasonlóan kimutatta, hogy a különböző  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ -arányok esetén is azonos a röntgendiagramm.

Ebből arra a következtetésre jutott, hogy  $4\text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$  és  $4\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$ -ból szilárd oldatsorozat jön létre.

A Taylor-féle kalciumszilikáthidrát (I)-ben a  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ -arány tehát 0,8 : 1 és 1,33 : 1.

Taylor úgy véli, hogy a 0,8 : 1 arány megfelel az általa is észlelt alsóbb határnak. Claringbull és Hey megállapítása szerint a kalciumszilikáthidrát (I) megfelel a tobermoreit nevű természetes ásványnak. Taylor a tobermoreit képletét  $8\text{CaO} \cdot 10\text{SiO}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ -nak találta, a kalciumszilikáthidrát (I) legkisebb  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ -arányával összhangban.

Taylor tovább kutatva a kalciumszilikáthidrát (I) ( $0,8\text{—}1,5 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) víztartalmát, arra a következtetésre jutott, hogy annak három különböző hidratációs foka van. Ezekben  $x = 2,5$ ; 1,0; 0,5 értéket vesz fel. A rétegtávolság sorra 14,0; 10,4; 9,3 Å°.

A kiűzött vizet teljesen pótolni lehet, ha a víztartalom nem csökken 1,9 alá, bár az anyag az eredeti rétegtávolságát nem nyeri vissza. Taylor állítja, hogy „víz-kovasav-arány nem tekintve a dehidratációs állapotot, független a minta mészkovasav-arányától. Tehát helytelennek látszik az az elmélet, amely szerint a mésztartalom változására a kalciumhidroxid adszorpciója ad magyarázatot“.

A kalciumszilikáthidráttal telített vagy majdnem telített mészvízben folytatott kísérleteket összegezve megállapítható, hogy ilyen oldatokban csak olyan szilikát létezhet, melynek összetétele függ a  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  koncentrációtól és összetétele megközelítően  $4\text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$ -tól  $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$  összetételig változik.

Taylor a kalciumszilikáthidrát (II)-t csak  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  hidrolízisével tudta előállítani, ezért ezzel kapcsolatos megállapításai további vizsgálatot igényelnek. A vegyület  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$  összetételének mutatkozott és látszólag  $\text{CaO}$ -t sem szilárd oldatban, sem adszorbeálva nem tartalmaz, bár a  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -ből víz hatására  $\text{CaO}$  válik le. Taylor nem tartja kizártnak, hogy mészfelesleggel a kalciumszilikáthidrát (I) viszonylag állékony metastabil állapotba jut, vagy a kalciumszilikáthidrát a  $3\text{CaOSiO}_2$  hidrolízisekor képződő sajátos metastabil termék.



## Reakciók a $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ rendszerben nagyobb hőmérsékleten

A hidrotermális vizsgálatok során a kutatók két eljárást követtek. Az egyik szerint szilárd anyagot hevítettek viszonylag nagymennyiségű víz jelenlétében, a másik módszer alkalmazói pépes anyagot kezeltek telített vízgőzzel. Az első módszer alkalmazásával kapott eredmények nem minden esetben alkalmazhatók közvetlenül a gyakorlatban.

Előljáróban megállapítható, hogy bár mészből és kovasavból, vagy különböző kalciumszilikátokból azok hidrolízise révén gőzülés közben kristályos, víztartalmú, a természetben találhatóéhoz hasonló vegyületek is képződnek, a kítés elsősorban a gélserű, víztartalmú kalciumszilikáthidrátokon alapszik. Keevil és Thorvaldson 50 és 374 °C közötti hőmérsékleten a telített gőznek  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , —  $\beta 2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , —  $\gamma 2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , — hillebranditra ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ ) és dehidrált hillebranditra gyakorolt hatását tanulmányozta. 110—170 °C-on a  $\beta$  és  $\gamma 2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ugyanazokat a kristályos termékeket szolgáltatatta. A maximális hidrolízist kb. két hét alatt érték el. A termék  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ -összetételű volt. Szabad mész nem volt kimutatható.

A víztartalmat 220—350 °C-on nem tudták reprodukálni. Nagyobb hőmérsékleten a víztartalom rendszerint csökken. Mikroszkópos és röntgenvizsgálatokkal három különböző kristályos fázist lehetett kimutatni, melyek közül kettő valamennyi mintában jelen volt, jöllehet néhány minta közel homogénnek tekinthető. A két fázist I és II-vel jelölték. A III-as fázis különösen nagyobb hőmérsékleten figyelhető meg. A három kristályos fázis közül egy sem azonos a természetes hillebrandittal.

A hillebranditot 11 napig 160 °C-on autoklávban kezelve sem súlya, sem röntgenogramma nem változott. A 900 °C-on történő izzítás és 150 °C-on végzett rehidráció után eredeti súlyát visszanyerte, de röntgenogramma már nem egyezett meg a természetes hillebrandit röntgenogrammjával.

100 °C-on vagy ennél kisebb hőmérsékleten a  $3\text{CaOSiO}_2$  félig hidrolizáltnak mutatkozott. Részben  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$  és  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -á alakult, részben  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  felszabadulás nélkül hidrolizált. Nagyobb hőmérsékleten mészfelszabadulás egyáltalán nem mutatkozott, a kapott termékek összetétele  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Kohler a  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ,  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  és  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  tulajdonságait 150—190 °C-on vizsgálta. 150 °C-on az első kettő terméke háromnapos kezelés után is amorf, 200 °C-on apró túalakú kristályok képződtek. A  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  200 °C feletti hőmérsékleten változatlan volt.  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -ot 10—14 napig 212 °C-on hidrolizálva nem teljesen azonos, de a hillebrandit-hoz nagyon hasonló terméké alakult. A vizsgálatot ugyancsak 212 °C-on  $3\text{CaOSiO}_2$ -al is elvégezte. A termék hillebrandit- és  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -kristályokat tartalmazott.

A természetes kristályos kalciumhidroszilikátokkal kapcsolatban meg kell említeni, hogy ásványtani szempontból a zeolitok csoportjába tartoznak. Ezekben a víz lazán van kötve, úgy hogy távozni tud anélkül, hogy a kristályrács deformálódna, vagy átalakulna. Mivel az általánosan ismert zeolitok víztartalmú kalcium-, vagy alkálialuminátok, a víztartalmú kalciumszilikátokat megkülönböztetés céljából „apophillites zeolitok”-nak nevezték. Ezek nem tartalmaznak kémiaiilag kötött alumíniumoxidot és kristályrácsuk kissé eltérő felépítésű.

Taylor és Bessey szerint különböző kutatók 13 féle természetben előforduló kalciumszilikáthidrátot írtak le, de csupán hétről állapítható meg kétségtelenül, hogy egyedi ásvány. A többi hatról megállapítják, hogy a truscottit, reyerit és centralisit a gyrolit szennyezett változataként fordulnak elő, míg a riversideitnek nevezett ásvány foszagit és crestmoreit. A tobermoreit ( $\text{C}_4\text{S}_5\text{H}_4$ ) és plombierit ( $\text{CSH}_2$ ) jellemző tulajdonságai alig határozhatók meg röntgenvizsgálattal szerzett határozott bizonyítékok hiányában.

## Mesterséges kristályos kalciumhidroszilikátok

Flint, Mc Murdie és Wells kalciumszilikáthidrát-csapadékot, üveges és kristályos kalciumszilikátot kezeltek vízzel nyomás alatt a kritikus pontig (374 °C és 218 atm.) és gőzzel e fölött. 150—400 °C-on gyrolit 155—395 °C-on xonotlit 300—350 °C-on foshagit képződött.

Amorf kalciumszilikáthidrátot, melyben a  $\text{CaO}:\text{SiO}_2$  aránya 0,8, 150—275 °C-on kezelve a termék összetétele  $4\text{CaO}\cdot 5\text{SiO}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -nak mutatkozott, 300 °C-on xonotlit képződött.

Az amorf monokalciumszilikáthidrát 150 °C-on  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ -vá kristályosodik határozott

Természetes kalciumszilikát-hidrátok adatai Taylor és Bessey alapján

IV. táblázat

Ásvány	Képlet	Krist. forma	Törésmutatók			Optikai tulajd. stb.	Sűrűség
			$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		
Okenit	$\text{CS}_2\text{H}_2$	rostos	1,512	1,514	1,515	Kétteng. neg.	2,28
Gyrolit	$\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_2$	lemezes trigonális	1,535	—	1,545	Egyteng. neg.	2,43
Xonotlit	$\text{CSiO}_{2-0,25}$	rostos	1,583	1,583	1,593	Kiolt. kétteng. poz.	2,70
Crestmoreit	$\text{C}_2\text{S}_2\text{H}_3-4$	rostos	1,593	1,603	1,607	? neg.	2,22
Foshagit	$\text{C}_3\text{S}_3\text{H}_3$	?	—	1,595	—		
Afwillit	$\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$	prizmás	1,617	1,620	1,634	Poz. : $2V = 55^\circ$	2,63
Hillebrandit	$\text{C}_2\text{SH}$	? monoklin, rostos, prizmás	1,605	1,610	1,612	Neg. : $2V = 70^\circ$	2,69



A  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  rendszer szintetikus vegyületeinek sajátságai

V e g y ü l e t	Krist. forma	Törés-mutatók			Optikai tulajd. stb.	Sűrűség
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		
$\text{C}_3\text{SH}_2$ .....	tűs	1,589 1,590	?	1,589 1,602	kioltás =	2,56
$\text{C}_2\text{SH}_{1-1,25}$ ( $\alpha$ hidrát) .....	rombos lap	1,614	1,621	1,635	kiolt. = $2V=68^\circ$	2,59
$\text{C}_2\text{SH}$ ( $\beta$ hidrát) .....	tűs vagy szálas	alacsony	1,597	1,600	kétteng. poz. igen alacsony kettős-törés kioltás	2,8 2,58
$\text{C}_2\text{SH}_{0,3-1,0}$ ( $\gamma$ hidrát) .....	finom kristályo- sodott anyag	alacsony	1,62	1,64	?	2,67
$\text{C}_2\text{SH}_{0,67}$ ( $\delta$ hidrát) .....	pseudomorf a $\text{C}_2\text{S}$ $\alpha$ -hidráttal	alacsony	1,642	1,672	?	?
$\text{CSH}$ .....	finom kristályos anyag (pálcás)	alacsony	1,603		kioltás =	?
$\text{C}_4\text{S}_5\text{H}_5$ .....	tűs	alacsony	1,54			?

röntgendiagrammal. Nagyobb mész-kovász-arány esetén is ez képződik, mintegy  $350^\circ\text{C}$ -on.

A  $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ -nek megfelelő molarányú amorf hidrátból  $150-400^\circ\text{C}$  között nem képződött afwillit, hanem kisebb hőmérsékleten  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ -tá, nagyobb hőmérsékleten xonollitá kristályosodott.

A  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$   $500^\circ\text{C}$ -on (380 atm) a víztelen vegyület kisebb hőmérsékletű  $\beta$  formájává alakult.  $1024^\circ\text{C}$ -on ismét felveszi a nagyhőmérsékletnek megfelelő formát.

$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -ből,  $\beta$  és  $\gamma$   $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -ből mész és szilikagél megfelelő arányú keverékéből  $100-200^\circ\text{C}$ -on  $10\text{CaO}\cdot 5\text{SiO}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  összetételű vegyület képződik.

$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -ot  $200-400^\circ\text{C}$  között vízzel kezelve közvetlenül  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -vá hidratizál.

A  $10\text{CaO}\cdot 5\text{SiO}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  összetételű vegyület  $450^\circ\text{C}$ -on határozott röntgendiagrammal  $6\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -vá alakul, míg a dikalciumszilikáttól  $225^\circ\text{C}$ -on 45 nap alatt  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ -t képez.

Bessey 1938-ban közzétett munkája szerint sikerült  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -t és hidratált  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  két formáját létrehozni. Taylor és Bessey táblázata a szintetikus szilikáthidrát rendszer egy részének sajátságait foglalja össze.

### Trikalciumszilikát hidrát: $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$

(Kivonat Taylor és Bessey munkájából)

Ez a vegyület  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -ből  $150-500^\circ\text{C}$  között gőz jelenlétében képződik. Kiseb hőmérsékleten a  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ,  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 1-1,25\text{H}_2\text{O}$ -á és  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -á hidrolizál. Flint, Mc Murdie és Wells  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -ből főlös mész jelenlétében és  $\text{CaO}:\text{SiO}_2$  3 vagy 4 arányú oxid keverékéből  $275^\circ\text{C}$ -on állított elő  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -t. Ez utóbbi vegyület víztartalma megfigyelésük szerint 1,3-tól 2 mol-ig változik. Bessey és Taylor egymástól függetlenül megállapította, hogy a vegyület vízzel szemben nem érzékeny. Taylor 68 nap alatt  $20^\circ\text{C}$ -on nem tapasztalt változást, Bessey  $70-100^\circ\text{C}$ -on nap múlva is csak igen csekély hidrolízist észlelt.

### Dikalciumszilikát hidrát ( $\alpha$ vagy (I) hidrát): $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 1-1,25\text{H}_2\text{O}$

(Kivonat Taylor és Bessey munkájából)

Ezt a vegyületet először Thorvaldson és Shelton izolálta gőzzel kezelt portlandcement-homokhabarcsból. Képződését egyrészt a cement alkotórészének hidratációjára és hidrolízisére, másrészt a cementből felszabaduló mész- és a kovász-tartalmú homok reakciójára vezették vissza. Ez a vegyület képződik  $200^\circ\text{C}$  alatt mész-szilikagél vagy kvarc és kalciumszilikáthidrát  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  arányú keverékéből, valamint  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  és  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -hidrotermál hidrolízisének termékéből. Víztartalma még nem ismeretes elég bizonyosan. Thorvaldson és munkatársai szerint a vegyületet  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  és  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oldata lassan, híg savak és ammóniumsók gyorsan megtámadják. Ezek a reagensek a gőzzel kezelt portlandcement-habarcsot is azonos sorrendben támadják meg és a fenti kutatók megmondolása szerint valószínűleg erre a vegyületre vezethető vissza a cementtel készített testek nyomás alatt történő gőzöléssel elérhető tulajdonság javulása.

### Dikalciumszilikáthidrát ( $\beta$ vagy (II) hidrát): $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$

(Kivonat Taylor és Bessey munkájából)

Thorvaldson és munkatársai, valamint Flint, Mc Murdie és Wells korábbi röntgenvizsgálataikból kiindulva megállapították, hogy a  $\beta$  hidrát nem azonos a Vigfusson által megfigyelt természetes ásvánnyal a hillebrandittal. Vigfusson azon megállapításával szemben, amely szerint a  $\beta$  hidrát szerkezete jól megegyezik a hillebranditével, rács-távolság differencia volt kimutatható. Ez a vegyület 2 vagy ennél nagyobb  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  aránynál  $150-220^\circ\text{C}$ -on mészből és kovászból állítható elő. Nem bizonyos, hogy  $\beta$  és  $\gamma$   $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -ből közvetlenül képződik. Keevil és Thorvaldson  $\beta$   $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -ből készítette, de a termék mindig tartalmazott  $\alpha$  és  $\gamma$  hidrátot. A vegyület Thorvaldson vizsgálatai szerint igen állandó. (A természetes



hillebrandit 11 napig 160 °C-on kezelve nem változott.)

Taylor későbbi tanulmányaiban újra vizsgálta a hillebrandit és az általa tiszta  $\beta$  dikalciumszilikát hidrátnek elfogadott vegyület röntgen-diagrammját. A hasonlóság nagy, de a differencia mely elsősorban az utóbbi kisebb rácstávolságában jelentkezik, kimutatható.

Taylor megállapítja, hogy mivel a természetes és mesterséges anyag lényegében hasonló, valószínű, hogy a hillebrandit szerkezetének csekély módosulását kis mennyiségű szilárd oldat okozza. Célszerű tehát a nomenklatúrát úgy rögzíteni, hogy a természetes anyagot hillebranditnak, a mesterséges anyagot dikalciumszilikáthidrátnek nevezzük.

### Dikalciumszilikáthidrát ( $\gamma$ vagy (III) hidrát); $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{—}0,1, \text{H}_2\text{O}$

(Kivonat Taylor és Bessey munkájából)

Ez a vegyület a  $\beta$  vagy  $\gamma$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -ből képződik az  $\alpha$  és  $\beta$  hidrát előállításához használnál nagyobb hőmérsékleten. Keevil és Thorvaldson 170 °C-nál nagyobb hőmérsékleten, Bessey 190 °C-on, míg Flint, Mc Murdie és Wells az  $\alpha$  hidrátot 200 °C-on a  $\gamma$  hidrátot pedig csak 250 °C-on tudta előállítani. Képződését mész és kvasav keverékéből nem rögzítették világosan, bár Jander és Franke 300—350 °C-on előállították. Víztartalmát nem állapították meg határozottan, valószínűleg 0,5 mol.

Taylor és Bessey táblázatában szerepel a  $\delta$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{O}$ ,  $67\text{H}_2\text{O}$  is. Ez a Flint, Mc Murdie és Wells által ismertett fázis 450 °C-on az  $\alpha$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 1\text{—}1, 25\text{H}_2\text{O}$ -ból képződik pseudomorf átalakulással. Nem állapították meg határozottan, hogy a  $\delta$  vegyület különbözik-e a  $\gamma$ -hidráttól.

Taylor és Bessey megállapítja: „Flint, Mc Murdie, Wells és Foret sok meszet tartalmazó keverékekben megfigyelte a  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  képződést. Véleményük szerint ez a vegyület nagyobb mesztartalmú forma felé törekszik. Valószínűnek látszik tehát, hogy csak metastabil fázisnak tekinthető“.

Heller és Taylor vizsgálataik során  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  és kvasav 1 : 1 arányú keverékét, másrészt a fentebb leírt módon előállított kalciumszilikáthidrát (I)-et hevítették 100—350 °C-on víz- és gőzfázis egyidejű jelenlétében. Megfigyelték, hogy a kalciumszilikáthidrát (I) 130 °C körüli hőmérsékleten stabil fázist képez. 130 °C fölött xonotlit és egyéb kristályos fázisok exisztálnak. Rövid időközönben 130 °C fölül hevítve a preparátumban kalciumszilikáthidrát (I) volt jelen, ez azonban huzamosabb hevítés hatására átalakult. Megfigyelések szerint a xonotlit 160 és 350 °C között képződik és 200—300 °C között az egyedüli exisztáló termék. Ennél nagyobb hőmérsékleten új fázist észleltek, amely azonosítható a Flint, Mc Murdie és Wells által 150 °C fölött előállított  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ -val.

Heller és Taylor 200 °C-on víz és vízgőz jelenlétében végzett vizsgálataikat  $3\text{CaO} : 2\text{SiO}_2$ -arányú kalciumhidroxid- és kvasavkeverék hőkezelésével

folytatták. Ez a keverék is 130 °C-ig terjedő hőmérsékleten kalciumszilikáthidrát (I)-et eredményezett. Kalciumszilikáthidrát (I) képződött a preparátum rövid időközönben 180 °C-ig terjedő hevítésekor is. 140 °C-on 54 napig vagy tovább hevítve a preparátum kalciumszilikáthidrát (I)-et és afwillit tartalmazott. A keveréket 14 napig 180—200 °C-on tartva a termékről készített röntgen-diagramm többféleképpen értelmezhető. A xonotlit és hillebrandit ( $\beta$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -hidrát) jelenléte kimutatható és nincs kizárva az  $\alpha$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -hidrát jelenléte sem.

Heller és Taylor vizsgálta, hogy milyen hatással van 100—200 °C-on a víz és vízgőz a 2 : 1, 3 : 1 arányú  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  és  $\text{SiO}_2$  keverékre,  $\beta$  és  $\gamma$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -ra és  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -ra.

Azt tapasztalták, hogy  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  és  $\text{SiO}_2$  2 : 1 arányú keverékéből 110—180 °C között kalciumszilikáthidrát (I) és afwillit képződik. 200 napig tartó 110 °C-on történő kezeléssel a preparátum csekély kalciumhidroxid felszabadulása közben teljesen afwillitté alakult. Az anyagot 30 napig 180 °C-on tartva  $\beta$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -hidrát és kevés kalciumszilikáthidrát (I) képződött. 23 nap alatt 200 °C-on  $\gamma$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  képződött kevés  $\alpha$  és  $\beta$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -hidráttal együtt.

### A kalciumszilikáthidrát (I) képződése

(Kivonat Heller és Taylor munkájából)

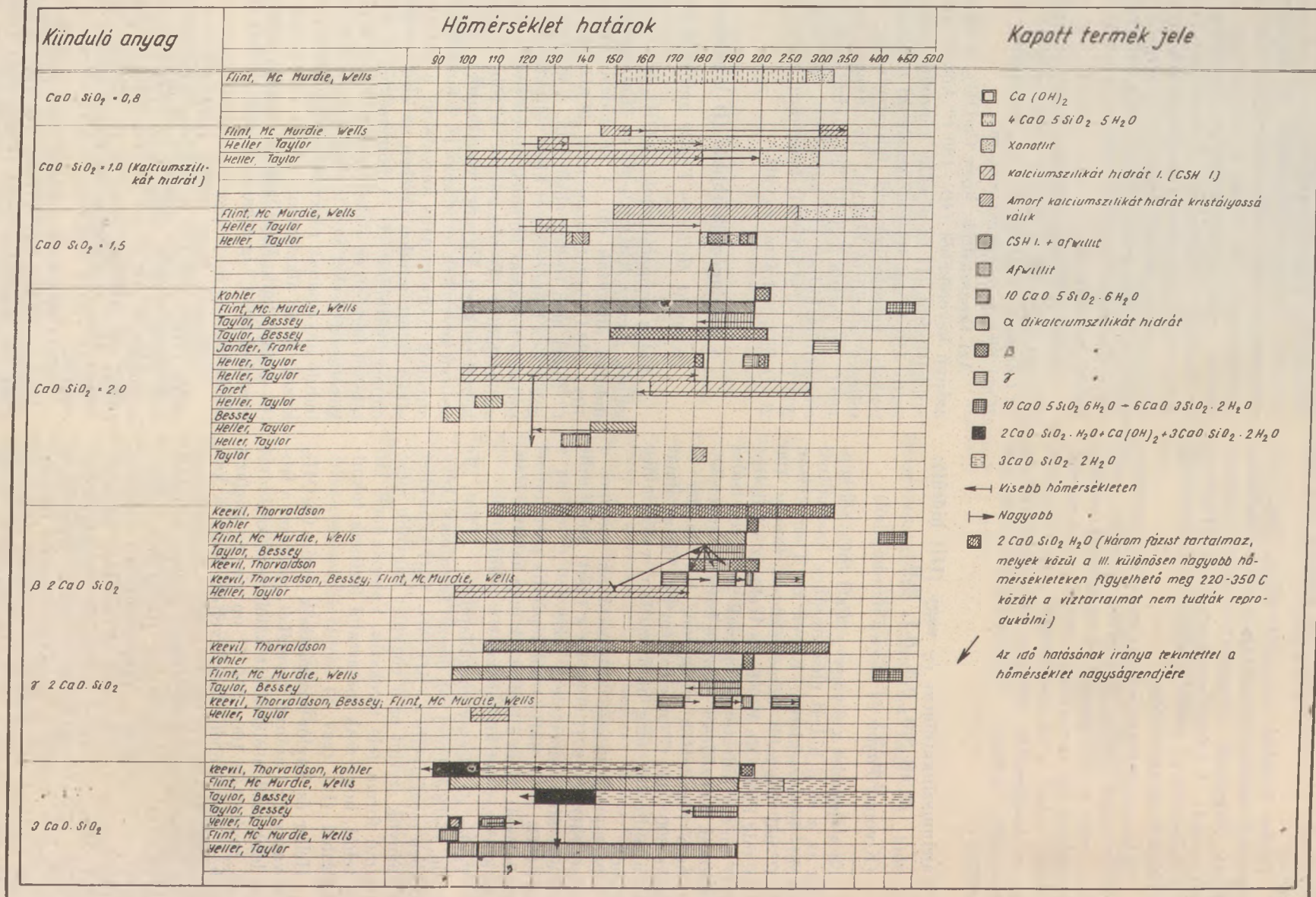
Ezt a preparátumot  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ből és szilicagélből,  $\beta$  és  $\gamma$   $2\text{CaOSiO}_2$ -ből és  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -ből kiindulva állították elő. A képződési hőmérséklet 104—180 °C között ingadozott.  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -ből 120 °C fölött nem tudták előállítani. A kiinduló anyagokat és a hőmérsékletet kissé változtatva a hidrotermális folyamat idejének növelésével a kalciumszilikáthidrát (I) részaránya a többi termékhez képest csökken. Ugyanez vonatkozik a  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ -arányú keverékek termékeire is. A fentebb említett anyagok hidrotermális kezelésénél a határhőmérséklet fölött minden esetben az első termék kalciumszilikáthidrát (I). A hőmérséklettől és összetételtől függően ez alakul tovább. Foret is hasonló következtetéseket von le megfigyeléseiből, bár kiinduló anyagainak reakcióképessége kicsi (mész és kvarc) és az alkalmazott idő is viszonylag rövid (6—8 nap) volt. Megállapítása szerint mészből és kvarcból 300 °C-ig a kalciumszilikáthidrát (I) előállítható.

Valószínű, hogy kisebb hőmérsékleten vizsgálva (100—110 °C) a kalciumszilikáthidrát (I) nem stabil termék.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  és  $\text{SiO}_2$  2 : 1 arányú keverékéből 110 °C-on 63 nap után afwillit képződik, sőt 200 nap után ez az egyetlen termék. Bessey ilyen keverékből 98 °C-on állított elő afwillit.

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -ből kiindulva 7 nap alatt 104 °C-on kalciumszilikáthidrát (I) és  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  képződik. Flint, Mc Murdie és Wells 14 nap alatt 100 °C-on  $\alpha$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -hidrátot kaptak. Heller és Taylor 110 °C-on és ennél nagyobb hőmérsékleten ugyan-csak  $\alpha$   $2\text{CaOSiO}_2$ -hidrátképződést figyeltek meg, amiből arra következtettek, hogy 100—110 °C-nál



VI. táblázat





nagyobb hőmérsékleten  $\alpha$   $2\text{CaOSiO}_2$ -hidrát és  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a végső termék.

A legnagyobb hőmérséklet, amelyen afwillitet sikerült előállítani,  $160^\circ\text{C}$  volt. A korábbi kutatók afwillit előállítására nagyobb hőmérsékletet akartak alkalmazni. A sikertelenség oka valószínűen ebben keresendő.

### A dikalciumszilikáthidrát képződése

(Kivonat Heller és Taylor munkájából)

$\text{CaO} : \text{SiO}_2$  2 : 1 arányú keverékéből megfelelő hosszú kezelési idő mellett  $140^\circ\text{C}$  fölött  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\gamma$  dikalciumszilikáthidrát képződik. Rövid ideig tartó kezelésnél  $140^\circ\text{C}$ -on az  $\alpha$ -hidrát az egyedüli termék. A kis hőmérséklet átmeneti termékének látszik (megfelelő alapösszetétel esetén).  $180$ — $200^\circ\text{C}$ -on két, sőt mindhárom hidrát keveréke előállítható, ami a nyert egyensúly problémáira mutat. Megjegyzendő, hogy a  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  hidrolízisének terméke  $100$  és  $200^\circ\text{C}$ -on mindig az  $\alpha$  és sohasem a  $\beta$ - vagy  $\gamma$ -hidrát. Valószínű tehát, hogy ezen hőmérséklet határok között  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  jelenlétében az  $\alpha$ -hidrát a stabil forma.

Kalousek is tanulmányozta a  $130$ — $150^\circ\text{C}$ -on víz jelenlétében autoklávban előállított preparátumokat. Vizsgálataihoz DTA-görbéket és röntgen-diagrammot készített. Véleménye szerint az  $\alpha$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -hidrát a stabil forma, míg a  $\beta$ - és  $\gamma$ -hidrát csak átmeneti állapotnak tekinthető. Megállapítása szerint: „Ezért nem meglepő, hogy az autoklávban kezelt cementpépben  $\alpha$ -hidrát van jelen“.

Taylor égetett mész és finom homok 1 : 2 súlyarányú nedves pépjéből  $183^\circ\text{C}$ -on autoklávban könnyű mészhomok-blokkot állított elő. A blokk kémiai analízise alapján annak százalékos összetétele a következő volt: kalciumszilikáthidrát 58,3%, kvarc 38,3%, kalciumkarbonát 3,2% és kalciumhidroxid 0,2%. A kalciumszilikáthidrát összetétele  $1,28 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2,05 \text{H}_2\text{O}$  képletnek felel meg.

A röntgenvizsgálat kalciumkarbonát és kvarc jelenlétét mutatta, valamint olyan vonalakat, melyek alapján a kalciumszilikáthidrát (I)-et lehetett azonosítani. Két másik mészhomoktest vizsgálata alapján ez utóbbi vegyület képződését nem lehetett bizonyosan megállapítani.

Bernal, Jeffery és Taylor összefoglalta a  $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$  rendszer laboratóriumi vizsgálatainak eredményeit. Rámutattak, hogy valószínűleg az  $\alpha$   $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -hidrát a legfontosabb kalciumszilikát a nyomás alatt gőzölt portlandcement-készítményekben. Hangsúlyozták, hogy a nyomás alatti gőzölést a közönséges hőmérsékleten való gőzöléssel összehasonlítva nyomás alatt a hidrát vízmennyisége csökken; a hidrolízis termékéből képződő kristá-

lyok mérete nagyobb lesz. Rámutattak, hogy „e hatások bármelyike választ adhat arra kérdésre, miért kisebb a nyomás alatt gőzölt termék vízfel szívó képessége“.

A  $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$  rendszerben végbemenő folyamatokról szerzett ismereteinket további rendszerezés céljából a VI-os táblázatban foglaltuk össze.

A különböző kutatók metodikai differenciáit ezen az egyszerűsített táblázatban nehézkés kiküszöbölni. Nem vehettük továbbá szemléletesen figyelembe a reakció-idő hatását. A kutatások ilyen táblázatos összeállítása mégis célszerűnek mutatkozott, mert megkönnyíti az egyes kutatók megállapításainak hasonlítását. Lehetővé teszi annak megállapítását, hogy bár az időfaktor figyelmen kívül hagyása miatt vannak átfedések is, a  $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$  rendszer nyomás alatt történő gőzölés kor bekövetkező folyamatai és e folyamatok iránya jó közelítéssel körvonalazható.

### Reakciók a $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$ rendszerben közönséges hőmérsékleten

#### Víz tartalmú kalciumaluminátok

Míg a kalciumszilikátok vízfelvétel közben a korábban már leírt gélszerű kalciumhidroszilikátokká alakulnak, a kalciumaluminátok további mérszféveltel kristályosodnak.

A természetben csak egyetlen víztartalmú kalciumaluminát ismeretes, összetétele a következő  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Reakciótermékként azonban portlandcementből vízzel több víztartalmú kalciumaluminátot tudunk készíteni, amelyek mind jól defináltak és kristályosak. A víztartalmú kalciumaluminátok kristályformája hexagonális prizma, lemezes és tűs. A VII—VIII-as táblázat a különböző víztartalmú kalciumaluminátok fizikai tulajdonságait mutatja. A  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$  rendszert nagy részletességgel különösen Assarson vizsgálta.

Az egyes vegyületek képződésénél a mész-alumíniumoxid-víz rendszer koncentrációjának jelentős szerepe van.

Az egyes vegyületek könnyen kristályosodnak, így könnyen veszik fel egyik, vagy másik formát. Erősen koncentrált kalciumaluminát és mész-hidrát oldatából gyorsan válik le csapadék, amely igen kis kristályokból áll. Kevésbé koncentrált oldatokban a mész koncentrációtól függően különböző kristályosodási fokozatok mutathatók ki. Mészre vonatkoztatva sok timföldet tartalmazó keverékből  $20$ — $90^\circ\text{C}$  hőmérséklet határok között kristályos alumíniumhidroxid is képződik. Olyan oldatokból, amelyekben 1 mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ra 2 vagy ennél több mol  $\text{CaO}$  jut, túlnyomóan dikalcium és tetrakalciumalumináthidrát képződik. Az egyes

VII. táblázat

Természetes kalciumalumináthidrát

Összetétel	Kristályforma	Törésmutató			Optikai tulajdonság
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Monoklin	1,535	1,553	1,557	Kettőtörő negatív







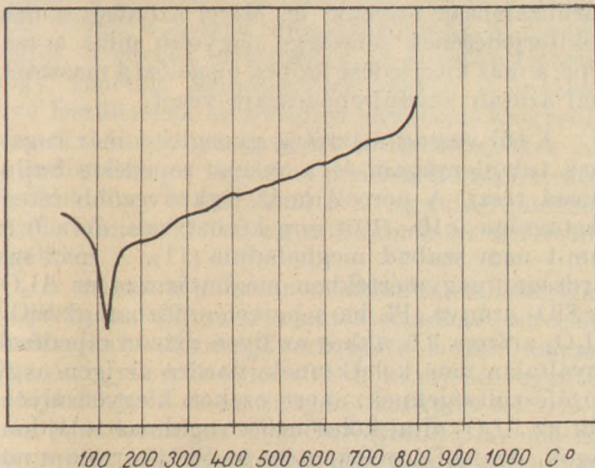
.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4$ . aq szilárd oldatait.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -al állandóan telített oldatban  $4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ -et hidrolizálva előállították a  $4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ . aq és  $4 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . aq kristályos szilárd oldatát. Tovább vezetve a hidrolizist a termék  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ . aq és  $3 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . aq szilárd oldatává alakul. Véleményünk szerint a cementhidrolizis termékéhez hasonló szilárd oldatot állítottak elő: „A szulfátokkal szemben mutatkozó nagyobb ellenállás a kis  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3$  modulusú és szabad alumínátot nem, vagy csak kis mennyiségben tartalmazó cementeknél olyan szilárd oldatoknak tulajdonítható, amelyekben az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  az  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -al asszociál.”  $4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ -ból sok vízzel, elegendő mészh jelenlétében  $4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ . aq és  $4 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . aq képződésére következtek. Elegendő  $\text{CaSO}_4$  jelenlétében megállapították a  $3 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{CaSO}_4$ . aq és  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{CaSO}_4$  aq képződését.

Az általuk előállított  $2 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{NH}_2\text{O}$  összetételű vegyületről megállapították, hogy az nem szulfát álló.

### Reakciók a $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SO}_3-\text{H}_2\text{O}$ rendszerben nagyobb hőmérsékleten

Kalousek arról számol be, hogy Lafuma és Bracard, valamint Kalousek és Adams megfigyeléseiszerint a  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 13 \text{H}_2\text{O}$  autoklavban  $140^\circ\text{C}$ -on  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ -vá és  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ -vá bomlik. Lafuma és Bracard megállapítása szerint a  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{CaSO}_4$  aq  $60$  és  $100^\circ\text{C}$  között a kevesebb  $\text{CaSO}_4$ -t tartalmazó formává alakul.

Flint és Wells, mint előzőleg említettük  $175-200^\circ\text{C}$ -on gránátokat és hidrogránátokat készítettek.  $100^\circ\text{C}$ -on előállították a  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  aq és a  $3 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . aq szilárd oldatait. A  $3 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . aq  $100^\circ\text{C}$ -on azonban csak akkor mutatkozott állandónak, ha szilárd oldat formájában  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -at és  $\text{SiO}_2$ -t tartalmazott.

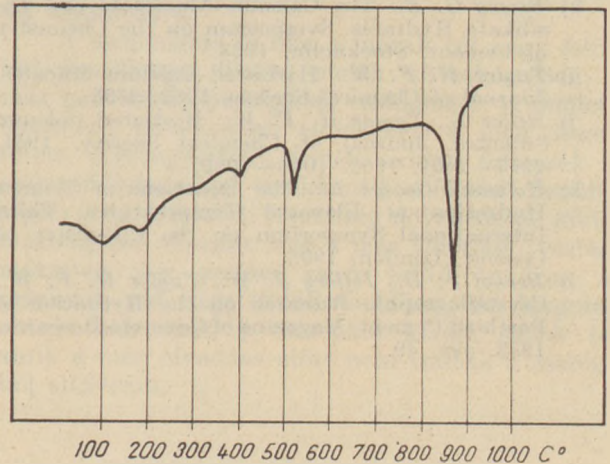


1. ábra

Azonos körülmények között készített, de finomra őrölt homokot is tartalmazó test differenciál thermoanalízis görbéje arra mutat, hogy a kovásv  $176^\circ\text{C}$ -on a magnéziumhidroxiddal is reagál, ezért nem mutatható ki a görbén sem a magnéziumhidroxid, sem a kalciumhidroxid, sem a karbonátok minimuma

### A $\text{MgO}$ vizsgálata gőzölés szempontjából

A magnéziumoxid különösen a kristályos  $\text{MgO}$  vízzel szemben igen ellenálló. Lassan, nehezen oltódik, ezért rosszul égetett, sok  $\text{MgO}$ -t tartalmazó portlandcement olykor károsan duzzad. Gőzölés közben a magnéziumoxid is gyorsan hidrolizál, szemben a szobahőmérsékleten történő hidrolizissal. Erre mutat az alábbi  $176^\circ\text{C}$ -on  $24$  óráig gőzölt portlandcementtel készült test differenciál thermoanalízis görbéje (1. ábra).



2. ábra

A gyakorlat szempontjából legfontosabb megállapításokat az alábbiakban foglaljuk össze.

1. A mészégetés és mészsoltás befolyásolja a kapott oltott mészh minőségét, ami a mészkötésű építőanyagok gyártásánál nem hagyható figyelmen kívül.

2. A kalciumszilikáthidráttal telített vagy majdnem telített kalciumhidroxidot tartalmazó adatokban csak olyan szilikát létezhet, melynek összetétele függ a  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  koncentrációtól és összetétele megközelítően  $4 \text{CaO} \cdot 5 \text{SiO}_2$  aq-tól  $3 \text{CaO} \cdot 2 \text{SiO}_2$  aq-ig változik.

3. Megállapítható, hogy bár mészből és kovasavból, vagy különböző kalciumszilikátokból azok hidrolízise és hidratációja révén gőzölés közben kristályos, víztartalmú, a természetben találhatóhoz hasonló vegyületek is képződnek, a kötés elsősorban a célszerű, víztartalmú kalciumszilikáthidráton alapszik.

4. Az  $\alpha$  dikalciumszilikáthidráttal különböző reagensek azonos sorrendben támadják meg, mint a gőzzel kezelt portlandcement habarcsot, ezért valószínűleg erre a vegyületre vezethető vissza a cementtel készített testek nyomás alatti gőzöléssel elérhető tulajdonság javulása. Az  $\alpha$  dikalciumszilikáthidráttal csaknem mindig tartalmaz azonban  $\beta$  és  $\gamma$  hidrátot is. A növekedő hőmérséklet a  $\gamma$  dikalciumszilikáthidráttal képződését segíti elő.

5. Az alumínátok gőzölés közben bekövetkező reakcióit a különböző kutatók csak kevéssé vizsgálták. Jelentőségük nem tisztázott.

6. A magnéziumoxid nyomás alatti gőzölésnél magnéziumhidroxiddá alakul és reagál a kovasavval.

### IRODALOM

1. *W. C. Hansen*: Chemical Reactions in High-Pressure Steam Curing of Portland Cement Products. Journal of the Amer. Concr. Inst. 1953. 841—855.
- a) *Steinour Harold H.*: The System  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  and the Hydration of Calcium Silicates. Chemical Reviews V. 40. 1947. 391.
- b) *Taylor H. F. W.*: Hydrated Calcium Silicates. Journal of Chemical Society 1950. 3682—3690.
- c) *Claringbull G. F.—Hey M. H.*: A Re-Examination of Tobermoreit. Mineralogical Magazine V. 218, 1952. 960.



- d) Taylor H. F. W.: Hydrated Calcium Silicates. Journal of Chemical Society 1953. 163—171.
- e) Thorvaldson T.: Portland Cement and Hydrothermal Reaction. Symposium on the Chemistry of Cement. Stockholm, 1938.
- f) Taylor H. F. W.—Bessey C. E.: A Review of the Hydrothermal Reactions of the System  $\text{CaO—SiO}_2\text{—H}_2\text{O}$ . Magazine of Concrete Research, 1950. júl. 15—26.
- g) Flint Einar P., McMurdie Howard F., Wells Lausing S.: Formation of Hydrated Calcium Silicates at elevated Temperatures and Pressures. Journal of Research, National Bureau of Standards V. 21. 1938. 617.
- h) Bessey G. E.: The Calcium Aluminate and Disilicate Hydrates. Symposium on the Chemistry of Cement. Stockholm, 1938.
- i) Taylor H. F. W.: Hydrated Calcium Silicates. Journal of Chemical Society, 1952. 2535.
- j) Heller L., Taylor H. F. W.: Hydrated Calcium Silicates. Journal of Chemical Society, 1951. 2397—2401. 1952. 1018—1020.
- k) Kalousek George L.: The Reactions of Cement Hydration at Elevated Temperatures. Third International Symposium on the Chemistry of Cement. London, 1952.
- l) Bernal J. D., Jeffery J. W., Taylor H. F. W.: Crystallographic Research on the Hydration of Portland Cement. Magazine of Concrete Research, 1952. okt. 49.
- m) Steynour Harold H.: The reactions and Thermochemistry of Cement Hydration at Ordinary Temperatures. Third International Symposium on the Chemistry of Cement. London, 1952.
- n) Flint E. P., Wells Lausing S.: Analogy of Hydrated Calcium Silicoaluminates and Hexa Calcium Aluminates to Hydrated Calcium Sulfoaluminates. Journal of Research, National Bureau of Standards V. 33. 1944. 471.
2. J. Endell: Dampfgehartete Baustoffe. Zement-Kalk-Gips, 1953. 1—11.
- a) Mueller, Justin E. D.: Gele des Kalkhydrates. Rev. gen. des Colloides, 1925. 73.
- b) Faret J.: Drucksynthese von Monocalciumsilicat-hydrat. Zement, 1937. 348.
- c) Jander W., Franke B.: Bildung von Calcium-hydrosilicaten aus Calciumoxyd und Kieselsaure-gele bei 300 und 350° und hohen Drücken. Z. anorg. allg. Chemie, 1941. 161.
- d) Assarson G.: Die Entstehungsbedingungen der hydratischen Verbindungen im System  $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3\text{—H}_2\text{O}$  (flüssig) und die Hydratisierung der Anhydrocalciumaluminat. Sveriges geol. Undersökning Ser. G. Aosbok, 1936. 399.
3. Perry John H.: Chemical Engineers. Handbook. London, 1950.
4. M. J. Brocard: Hydratation et hydrolyse des silicates et des aluminates de calcium en fonction de la température. Annales de L'Institute Technique du Batiment et des Travaux Publics, 1948. 1—32.

## A porcelán gyártásánál előforduló hibák

FODOR ZOLTÁN

(Folytatás)

### Mázhibák

A porcelán máza nemcsak a tetszetőséget emeli, hanem a porcelán mechanikai és elektromos tulajdonságait is nagymértékben befolyásolja. Jól-lehet a mázhibák keletkezése javarészből az égetésre vezethető vissza, fontosságuk és gyakori előfordulásuk miatt, mégis külön fejezetet érdemelnek. Ennek a kérdésnek igen bőséges külföldi irodalma van és a probléma állandó felszínentartása azt bizonyítja, hogy szerte a világon állandó küzdelem folyik a mázhibák fellépése ellen. Ritkán előforduló porcelán mázhibák a mázrepedés és lepattogzás, gyakran előfordulnak a mázleugrás, túsúrás, foltosság, elszíneződés, fénytelenység és egyéb hibák.

Budnikov szerint (9) hajszálrepedés és mázlepattogzás porcelánmázaknál úgyszólván sohasem fordul elő, mert a cserép és a máz hőkiterjedési együtthatói közötti különbség kisebb mint a kőedénynél. Hazai gyakorlatunkban már mindkét esettel találkozunk. Repedezést észleltünk pl. olyan porcelánrúd mázában, mely korongolással készült és égetésnél a hibás megmunkálás miatt a rúd elcsavarodott. A csavarvonal mentén annak mélyedéseiben a máz megrepedt, a cserép ezen helyein keletkezett feszültségek miatt. Hajszálrepedés ugyanis akkor keletkezik, ha a máz olyan erős húzófeszültségek alatt áll, hogy az húzószilárdságát — mely általában 5000—7000 kg/cm<sup>2</sup> nagyságrendű — meghaladja. A gyengén égett porcelán máza könnyen hajszálrepedéses lesz.

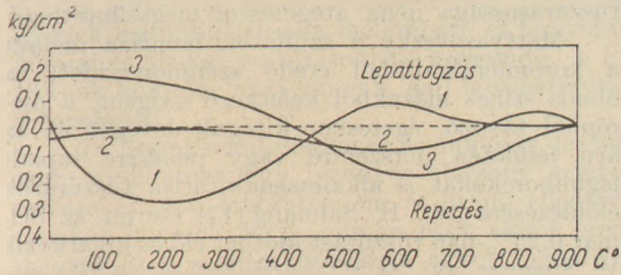
Alacsony hőfokon égetett kőedénynél a cserép hőkiterjedési együtthatója kisebb mint a mázé. Porcelánnál ezzel szemben a gyenge égetés a cserép hőkiterjedési együtthatójának növekedését okozza, úgyhogy ilyen masszánál a máz lepattogzását kellene várni. P. Munier és J. Meneret (10) ezt a porcelánnál tapasztalt eltérő viselkedést azzal magyarázzák, hogy a cserép és a máz hőkiterjedése porcelánnál az égetési hőfok függvényében párhuzamosan folynak le. Mivel azonban a máz hőkiterjedésének sebessége nagyobb mint a cserépé, a máz kiterjedése időben megelőzi a masszát, ami azután hajszálrepedésekre vezet.

A túl vastag mázréteg gyengíti a már rugalmas tulajdonságait és a mázat repedésre hajlamosabbá teszi. A porcelánmáz legkedvezőbb rétegvastagsága 0,10—0,14 mm között van, de a 0,16 mm-t nem szabad meghaladni (11). A máz szilárdságát nagymértékben meghatározza az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  aránya. Pl. ha a porcelánmázban az  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  aránya 3,5, akkor az ilyen mázon repedések egyáltalán nem keletkeznek, dacára az igen nagy húzófeszültségeknek, mert ezeket kiegyensúlyozzák az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  által kölcsönzött rugalmas tulajdonságok. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  csökkentése az  $\text{SiO}_2$  tartalom növekedése mellett gyengíti a húzófeszültségeket, egyben azonban csökkenti a máz rugalmasságát is, minek következtében a máz hajlamosabb lesz a repedésekre. Ha az  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  aránya 6,5 akkor nyomófeszültségek lépnek fel és a máz repedésveszélye csökken. Az  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  arány további



növelése 10-ig ismét gyenge húzófeszültségek keletkezését eredményezi, ami a rugalmasság egyidejű csökkenése mellett repedésekre vezethet.

Előfordulnak esetek, amikor a festékbeégetésre szolgáló dekorkemencében a mázas árun repedések keletkeznek. K. Steger (12) tanulmányozta a dekorégetéskor fellépő feszültségek nagyságát. Megfigyeléseinek eredményét olyan koordináta rendszerben ábrázolta (4. ábra), melyben az ordi-



4. ábra. Kőedény (1. számú görbe) és porcelán mázúk (2. és 3. számú görbék) feszültsége a hőmérséklet függvényében

nátára a feszültségértékeket, az abszcisszára a hőmérsékletet vette fel. A görbék 0-vonal feletti részei a mázak lepattogzására, a 0-vonal alatti részei pedig a mázak repedésére való hajlamát jellemzik. Az 1. számú görbe kőedénymáz, a 2. és 3. számú görbék a porcelánmázak viselkedését mutatják. A vizsgált kőedénymáz szobahőmérsékleten lepattogzásra volt hajlamos. A hőmérséklet emelésével a máz hajlamosabbá válik a repedésre (leginkább 150–200 (°C között) azután a görbe 500 (°C körül keresztezi a 0-vonalat, ahol feszültségek nincsenek. Ezután a máz átmegy a lepattogzási zónába és 650 (°C körül megszabadul a feszültségektől.

A porcelánmázak görbéi azt mutatják, hogy 450 (°C felett még a lepattogzásra hajlamos máz is (3. számú görbe) érzékenyebbé válik a repedések iránt. Ez az érzékenység legnagyobb 600 (°C körül, azután a görbék a 0-vonal fölé haladnak és kb. 900 (°C-nál a mázak megszabadulnak a feszültségtől. A görbék elemzéséből az következtethető, hogy ismételt felmelegítések esetén a mázban lévő feszültségek az üveghez hasonlóan kiegyenlítődnek. Ahogy az üvegnél a feszültségeket kiegyenlítő hűtés a lágyulási ponthoz közeli hőfokon történik, úgy a mázaknál is a lágyulási ponthoz közeli hőmérsékleten egyenlítődnek ki a feszültségek.

A mázak a porcelán mechanikai szilárdságát is javítják. Bljumen elektrotechnikai porcelán mechanikai szilárdságát vizsgálta kétféle mázsal (12). Az egyik máz fehér volt, hőkiterjedési együtthatója  $72,10^{-7}$  és az  $\text{SiO}_2/\text{RO}$  arány = 6,1. Ez a máz a szilárdságot nem befolyásolta. A másik, barna máz hőkiterjedési együtthatója  $57,10^{-7}$  és az  $\text{SiO}_2/\text{RO}$  arány = 12 volt. Ez a cserép szilárdságát mintegy 30%-kal emelte. 0,6% MgO hozzáadása a fehér mázhoz 40%-os szilárdságnövekedést eredményezett. Általában helyes, ha a máz hőkiterjedési együtthatója kisebb mint a cserépé. Adott esetben ezek az értékek ellenőrzésképpen

kiszámíthatók (13). Még pontosabb tájékoztatást nyújt a hőtágulási viszonyokról a cserép és máz dilatometrikus vizsgálata vagy Steger-készülékkel való mérése.

Általánosan ismert jelenség a mázak leugrása, mely főleg szigetelőkn, kisebb mértékben azonban edényárun is előfordul (5. ábra). Megjelenése nem általános, vagyis nem a kemencébe rakott minden darabon mutatkozik, hanem csak bizonyos árufajtán vagy fajtákon, attól függetlenül, hogy azok korongolással, öntéssel vagy sajtolással készültek-e.

A mázleugrás fő oka a mázak túl nagy felületi feszültsége, illetve ennek következtében a máz nedvesítőképességének csökkenése. A felületi feszültség növekedését előidézheti a máz összetétele. Kétvegyértékű fémek oxidjai fokozzák a nedvesítőképeséget (csökkentik a felületi feszültséget) (11). A felületi feszültség növekedésén kívül mázleugrást okozhat még a máz túllörlése, vastag mázréteg, por, penész, zsíros foltok az árun, a máziszap túl nagy kaolintartalma, de leugrást okozhatnak azok a cserépből kiváló gázok is, amik a máz olvadása előtt nem tudtak a cserépből eltávozni.



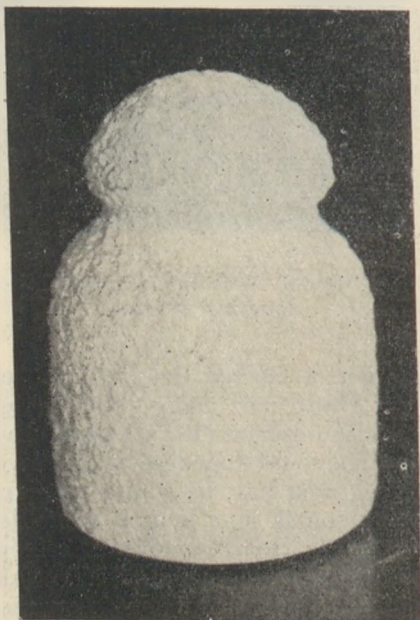
5. ábra. 10 000 V-os támszigetelő fejrésze, leugrott mázsal

Általában a mázak leugrásának elsődleges oka a megolvadt máz nagy felületi feszültsége. R. R. Danielson szerint (14) a leugrás kapcsolatos a száraz mázbevonat repedésével is. Mivel a felületi feszültség nem hat, ha a máz nem repedezett vagy nem pattogzik le, a leugrás másodlagos okai lehetnek: a máz rossz tapadása a cserépen, zsugorodása száradásnál és égetésnél, valamint a nyers mázréteg vastagsága. A mázleugrás elkerülésére mindenképpen ajánlatos a vékony mázréteg alkalmazása és az áru mázolás előtti gondos tisztítása.



Tűszúrásoknak nevezzük a máz felületén szétszórtan jelentkező, néhány tized mm átmérőjű parányi kráterekhez hasonló lyukakat. Ezeket a krátereket olykor szabad szemmel is látható, nagyítóüveg alatt jól kivehető mázba zárt gázbuborékok kísérik. Ha a kráterek sűrűbben helyezkednek el a máz felületén — ami különösen vastagabb mázrétegnél fordul elő — akkor narancshéjasnak, ha pedig kisebb, de szabad szemmel még észrevehető lyukak csoportosulásáról van szó, tojáshejasnak nevezzük a mázat.

Mind a tűszúrások, mind a mázban lévő gázbuborékok jelentékenyen csökkentik a máz fényét. A hiba keletkezési okát már régen kutatják. Knollmann szerint (15) a nyers áruból az égetés kezdetén elpárolgó nedvesség egyesül a füstgázokban lévő kéndioxiddal és kénsav képződik, ami a hideg árun lecsapódik és nemcsak a mázba, hanem a cserépbe is behatol. Hogy égetésnél a berakott áru nem minden barabja lesz egyformán tűszúrásos — sőt lesznek tűszúrásmentes darabok is — azt Knollmann a harmatpont szerepével magyarázza. A kemence közepén elhelyezett áru gyorsabban felmelegszik, a nedvességet gyorsabban leadja és korábban éri el a harmatpont feletti hőmérsékletet. Ezért ezen a helyen a nedves kénes gázok nem tudnak lecsapódni, hanem a szomszédos hidegebb árun kondenzálódnak. Minden kemencében vannak hidegebb és melegebb zónák, a kemencén belül számtalan ellenáram, melyeknek egyike hidegebb, másika melegebb. Az az áru, amely a leggyorsabban melegszik, nem vesz fel annyi nedvességet az előtűzben, mint amelyik huzamosabb ideig hideg marad. A hideg áru nemcsak a korábban kiszáradt áru nedvességét veszi fel, hanem hosszabb az az idő is, mely alatt a saját nedvességét leadja. Minél egyenletesebb a kemence felfűtése ebben a szakaszban, annál egyenletesebben lesz az áru tűszúrásos, ha erre egy-



6. ábra. Kerekkemence nagyjavítása utáni első égetésből kikerült kifeszültségű szigetelő

általán hajlamos. (Ez a máz viszkozitásától függ.) Az ajtóknál többnyire tűszúrásos az áru, mert ott leglassabban melegszik a kemence és a befalazáshoz használt habarcsban sok nedvesség van.

Túl vastag viszkózus mázréteg elősegíti a tűszúrások keletkezését, ami ellen gyorsabb égetéssel lehet védekezni, mert rövidebb előtűz alatt kisebb a kénsav lecsapódásának lehetősége. Az égetés végén alkalmazott éles erős tűz csökkenti a máz viszkozitását, a kráterek elsímulnak. A máz tűszúrásossága néha átégetéssel megszüntethető.

Mattyasovszky a szulfátok bomlása mellett a koromlerakódásból eredő szénmonoxidot, az ólmos színes mázakból keletkező oxigént, a cserépből távozó, égetéskor kitágult levegőt és az áru felületén porszemre vagy penészre tapadt légbuborékokat is alkalmasnak tartja tűszúrások előidézésére (16). H. Salmang (17) szerint az  $\text{SO}_2$  már 0,25%-ban tűszúrást idézhet elő és hivatkozik W. Stegerre, aki az  $\text{SO}_2$  káros hatásának kiküszöbölésére 6%-nál több alkálioxidot és 6%-nál több kalciumot nem tart megengedhetőnek a mázba.

A tűszúrások és a mázban lévő hólyagok keletkezése röviden összefoglalva a következőképpen folyik le: a cserépben lévő gázbuborékok a cserép hevítése és azzal kapcsolatban zsugorodása következtében igyekeznek a cserépet elhagyni és átkerülnek az olvadásban lévő mázrétegbe. A porcelánmáz nagy viszkozitása miatt a buborékoknak csak egy része tud elillanni apró krátereket hagyva maga után, másik része pedig a mázban visszamarad. A tűszúrások elkerülésére ajánlatos a cserép tömörödési hőmérsékletéhez alkalmazkodó olvadáspontú és lehetőleg rövid olvadási idejű mázat használni, azonkívül közvetlen a máz olvadását megelőző időben lassú és egyenletes hőfokemelkedést alkalmazni (18).

Ha a mázra sok kénsavtartalmú vízpára csapódik a kemencében, a máz felázik és kihűlése után hólyagokkal lesz tele. Ilyen mesterségesen előidézett mázhibát mutat a 6. ábra. A képen látható szigetelő a kerekkemence nagyjavítása utáni első, ún. szárító égetésre próbaképpen lett berakva. Ebből tanulság az, hogy új vagy javított kemencében először csak samottokat szabad égetni, mázas árut semmi esetre sem.

Foltképződésre vezethet a mázon a kemence szálló hamuja. Kerekkemencés égetésnél fordul elő leggyakrabban, ahol a repedt égetőtokokba a tüzelőanyag hamuja bekerül és a mázon különböző színezetű foltok kelekeznek zöldes-sárgától sötétbarna-fekete színig, a hamu vastartalmától és az égetés atmoszférájától függően.

Az elszíneződés lehet sárga, ami az elégtelen redukciónak a következménye. A mázban maradó tűzálló szulfátok sárgás-barnára festik a mázat. Ha a mázaségetés egész ideje alatt erősen kormozó lánggal égetünk, az árura lerakódó korom nem tud teljesen elégni, a máz szürke lesz. Ennek elkerülésére az égetés befejezése előtt gyengén oxidáló tűzzel kell égetni.

A fénytelenység oka ritkábban a máz ki nem olvadásában, gyakrabban kristályosodásában rejlik. A máz — az üveghez hasonlóan — vegyi összetételétől, a hőmérsékletétől és az égetés idő-



tartamától függően hajlamos a kristályosodásra. A ZnO tartalmú máz hajlamos a fénytelenedésre is, mert a cinkoxid cinkszulfiddá redukálódik, ami máz olvadáspontját felemeli. Vizsgálók (pl. nedves fa használata esetén) továbbá a masszában, égetőtokban vagy a tüzelőanyagban lévő kén gyúncsak fényteleneséget okozhat.

### Összefoglalás

A porcelángyártásban számos hiba fordul elő és ezek legtöbbjének oka mélyreható és bonyolult kémiai és fizikai változásokban keresendő. A hibáknak komplex okai vannak, ami felismerésüket megnehezíti.

Az üzemi selejtcsökkenés és minőség javítás vagy a selejtnek egy bizonyos alacsony szinten tartása állandó laboratóriumi és üzemi ellenőrző munkát követel. Ez a munka csak akkor eredményes és a selejtződés ideje akkor fogható a legrövidebbre, ha először pontosan megállapítjuk a hiba okát, azután megtervezzük a szükséges intézkedéseket a hiba okának megszüntetésére és azokat gyorsan végrehajtjuk.

Meghibásodott árunak újramázolása, újraégetése ritkán jár sikerrel, a legtöbb esetben a javításnál felmerült költségek csak növelik a selejtvesztéséget.

Tanulmányomban néhány kivételtől eltekintve nem tértem ki azokra a hibákra, melyeket gyűjtőnéven munkahibának nevezünk és amelyeknek megszüntetése nem tudományos probléma, hanem öntudat és munkafegyelem kérdése.

### IRODALOM

- (1) *Dakaltschew, D.*: Lekapromislenoszt. Szófia. 1953 8. sz., 21—22. o.

- (2) *L. Schätzer*: Zu einigen Fehlerursachen bei Porzellan-, Steinzeug- und Steinguterzeugnissen. Silikattechnik. 1955. 1. sz., 35—37. o.
- (3) *György István*: A nagyfeszültségű szigetelőporcellánok csigásodása. Építőanyag. 1952 3—4. sz., 81. o.
- (4) *Mattyasovszky Zsolnai László*: Finomkerámiai kézikönyv, I. k., 123. o.
- (5) *Prof. Dr. Ing. Otakar Kallauner*: Das Mauken von keramischen bildsamen Massen und seine Kinetik. Silikattechnik, 1954 5., 216—218. o.
- (6) *H. Salmang*: Die Oberflächenspannung als Ursache der Eigenschaften keramischer Giessschlicker. Naturwissenschaft, 1954 41., 115. o.
- (7) *H. Marzahl*: Innere Spannungen in Stabisolatoren und ihr Einfluss auf die Bruchfestigkeit. Elektro-techn. Z. 1953. 12., 357—361. o.
- (8) *A. S. Berkman*: Az égetési hőmérséklet befolyása a porcelán fehérségére és áttetszőségére. Sztekló i Keramika (Moszkva) 1953 9., 21—25. o.
- (9) *P. P. Budnikow*: Technologie der keramischen Erzeugnisse. 506. o.
- (10) Bull. soc. franc. ceram. 1951 12., 2—9. o.
- (11) *L. M. Bljumen*: Mázak. VII. fejt., 128—145. o.
- (12) *L. M. Bljumen*: A mázréteg befolyása kerámiai termékek mechanikai szilárdságára és hőmérsékletváltozással szembeni ellenállására. Sztekló i Keramika (Moszkva) 1953 8. sz., 19—22. o.
- (13) *Dr. Knapp Oszkár*: Zománcok és mázak tulajdonságainak meghatározása számítással. Építőanyag. 1952 11—12. sz., 231—237. o.
- (14) *R. R. Danielson*: The Crawling of Glazes. Amer. Cer. Soc. Bull. 1954 33., 73—74. o.
- (15) *H. J. Knollmann*: An Unusual Case of Pinholing of Glazes. Trans. Amer. Ceram. Soc. 1955. 17., 165—172. o.
- (16) *Mattyasovszky Zsolnai László*: Finomkerámiai kézikönyv. I. k., 186. o.
- (17) *H. Salmang*: Die Keramik. 1954, 167. o.
- (18) *Kazimierz Cyranowicz*: A háztartási porcelán-edények hibái és azok keletkezési okai. Sztekló i Ceramika. (Varsó) 1953 1., 20—22. o.

## Falborító opák üveglapok gyártása

dr. GURMAI MIHÁLY

### Bevezetés

Hazai építészetünkben az opáküveg felhasználása falburkolólapként már két évtizede ismert. Az üveget azonban külföldről vásárolták, mert belföldi gyár nem készítette. Miután külkereskedelmi okból a behozatal megszűnt, építőiparunk ezt a külföldön igen elterjedt használatú, finom, izléses anyagot közel tíz éve nélkülözi.

A falburkolólap olcsó építőanyag. Egyes fajtái (fekete) teljesen hazai, igen olcsó nyersanyagból gyárthatók. Néhány különleges színezésű lap pedig csekély külföldi színező anyagot kíván.

A falburkolólap mint építőelem elsősorban hivatott arra, hogy az egészséges lakás, iroda és műhelyhez fűzött követelményeket kielégítse. De felhasználják épülethomlokzatok és utcai homlokzatok nagyfelületű burkolására is.

Az opáküveg falburkolólapnak sok kiváló tulajdonsága van, amelyek építőanyagként való felhasználását indokolják. Ilyenek:

a) *Sima, porusnélküli felülete miatt az atmoszférikus és egyéb behatásokkal szemben kevés támadási felületet nyújt. Tömör felülete higiéniai szempontból messze felülmúl minden más építőanyagot. Betegségek csirái, rovarok, egyéb ártalmak nem találnak talajra felületén.*

b) *Lakásban és munkahelyeken a modern építkezésben egyes színek (világos sárga és halvány borsózöld) betartására irányuló követelmény van, amit semmiféle más építőanyag nem tud úgy kielégíteni, mint a falburkoló opáküveg.*

c) *Az építés gazdaságossága az üveg ellenállóképességéből következik. Élettartamát gyakorlatilag határtalannak tekinthetjük. Javításokra egyáltalán nincs szükség.*

d) *Szigetelőképességével, tűzbiztosságával, hangszigetelésével más építőanyag nem vetekedik.*

A falburkoló üveglapokat eredetileg a kerámiai csempe helyett használták, mint olcsóbb és jobb építőanyagot. Fürdőszobák, konyhák, mosdók, folyosók,



stb. borításánál nagyobb lapokban lehet felragasztani, tehát gazdaságosabb.

A falburkoló üveglapok átlátszatlan opáküvegből készülnek leggyakrabban 50/30, 50/50 és 100/100 cm-es lapokban. + 100 C° és - 20 C° hirtelen hőmérséklet ingadozásnak kell ellenállniuk és 55 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságúnak kell lenniük. Anyaguk a közönséges üvegtől abban tér el, hogy alacsonyabb alkália tartalom mellett opálosítóanyagot (leginkább folyópátot) és nagyobb mennyiségben földpátot tartalmaznak. Tetszés szerint színezhetők, pasztell színárnyalatokkal is.

### Az opáküveg tulajdonságai

Opáküvegnek olyan üveget nevezünk, amely fluortartalmú anyagok hozzáadása folytán olyan strukturális változásokat szenvedett, melyek következtében opálos lett, azaz lehűlésnél átlátszóságát, sőt áttetszőségét is elvesztette.

A fluórt kriolittal, folyópáttal, ritkábban alumíniumfluoriddal, vagy nátriumfluoriddal visszük az üvegbe. Leggyakoribb összetétel a pátüveg, amely folyópátot és földpátot tartalmaz.

Az opálosság tudományos magyarázatát H. Thiene (2) tárgyalja. Négy összetételt ad meg. Az adatokból nem látható, vajon szintézisekről, vagy analízisekről van-e szó. A megadott opákfalburkolólapok F<sub>2</sub> tartalma 10,4—11,3—11,2—7,4%, holott gyakorlatunkból ismert, flour által homályosított üvegek F<sub>2</sub> tartalma 4—7% szokott lenni. 7% fölötti F<sub>2</sub> tartalom a tűzállóanyagra igen káros.

Az említett helyen megadott összetételek Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalma 2,6—3,7—7,2—7,7%, aránylag igen magas. Régen az volt a felfogás, hogy a fluór opálosítást AlF<sub>3</sub> idézi elő. A legújabb röntgenográfiai és elektronmikroszkópikus kutatások az Na F-et, KF-et, esetleg ZnF<sub>2</sub>-t és CaF<sub>2</sub>-t tekintik az opáküveg opálosító tényezőinek. Nyitva marad a kérdés, mennyiben befolyásolja az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> az opálosítást? Tény, hogy az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nélkül nincs gyakorlatilag használható opáküveg.

Kitaigorodszkij 3—5 rész fluórt ajánl 100 rész üvegre (476. o.), amelyet igényesebb üvegnél a minőség javítása céljából kismennyiségű (4—5%) ólomoxid, vagy cinkoxid adagolásával ajánl javítani. A „tábla tejüveg” gyártására közönséges mésznátrium összetételt javasol, amelyben a kalciumoxid egyrészét (4—5%) timföld helyettesíti. Szerinte a timföld a fluór illékonyágát olvasztás közben csökkenti és megakadályozza az üveg kristályosodását.

Jochmann megállapításai szerint (i. m. 399 o.) AlF<sub>3</sub> és Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> alkáli és földalkáli nélkül nem opálosodik. Legújabb röntgenanalitikus vizsgálatai szerint nemcsak NaF és CaF<sub>2</sub> az opálosítás tényezői, hanem MgF<sub>2</sub> és BaF<sub>2</sub> is. Az olvasztási sorozat kiértékelése szerint az opálosodás jelentős mértékben függ az üveg Ca O és Na<sub>2</sub>O tartalmától. Jochmann szerint kristályrészecskék válnak ki. Szerinte a kiváló részecskék leginkább 0,4—1,3 mikron átmérőjű golyók alakjában lépnek fel, de ezek mellett kristályláncok is megfigyelhetők. A részecskék annál kisebbek, minél gyorsabb a lehűlés és annál nagyobbak, minél magasabb a merítési hőfok. Az opálosító részecskék száma

Jochmann közlése szerint cm<sup>3</sup>-ként 10<sup>12</sup> és 10<sup>14</sup> között van.

Ugyancsak Jochmann szerint az opáküveg mechanikai szilárdságát apró egyenletes kristályok fokozzák. 700—1000 C° között a részecskék nőnek és alakjuk golyóforma.

A Salgótarjáni és Tokodi Üvegyárakban 1950—52. években opálüvedényeket gyártottak folyópát és földpát adagolásával, ahol 4—5% F<sub>2</sub> volt az optimum és ahol részben földpáttal, részben pedig timfölddel vittek Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-at az üvegbe.

Régebbi felfogás szerint a fluórüvegeknek opálosodása üvegtelenedési jelenség, melyet a két komponens, a fluór és az alumíniumoxid idéz elő. Aszerint, hogy mily nagy a keverékhez hozzáadott fluórtartalmú nyersanyagok és alumíniumoxid mennyisége, az opákká válás gyengébben, vagy erősebben mutatkozik. 1000° és 1300 C° közti hőmérsékleten ezt a folyékony üvegben már tisztán fel lehet ismerni. Oly üvegek, melyek fluórtartalma 2—3%, egyáltalán nem mutatnak opálosodást csak az esetben, ha legalább 2—3% alumíniumoxid van jelen és akkor is csak az esetben, ha az üveget többször ismételtlen a lágyulási hőmérsékletig felmelegítjük. Kis fluór és alumíniumoxid tartalmú üvegek nem válnak opákká, hanem opálszerűen áttetszőkké. Magasabb hőmérsékleten 1300 C° fölött az opáküveg olvadáka teljesen víztiszta és átlátszó. Ha ebből az üvegből próbavassal próbát veszünk, pontosan megfigyelhetjük, mint válik a vasra tapadó üveg a leghidegebb ponttól kiindulván gyorsan opákká.

Régi felfogás szerint, ha csak folyópát van a keverékben, a fluór teljesen elillan, és csak az olvadást könnyíti meg, mert a kovasav fluórral egyesül (szilíciumfluorid) miáltal az üveg kovasavban szegényebbé és így könnyebben olvadóvá válik.

Ez azonban téves, mert ha minden folyópát által bevezetett fluór veszendőbe menne, akkor alumíniumoxid hozzáadása után sem állna be opálosodás.

Kétségtelen, hogy jelentős párolgással számolni kell. A fluór szilíciummal vegyülve illékony gáz, az üveg olvasztása közben állandóan párolog, sőt ez a párolgás a kidolgozás alatt is tovább tart. Ilyen fluór veszteség mellett a fluórüvegek elemzési értékei sohasem használhatók az üvegkeverék kiszámításának alapjául.

Ha az opáküveg hosszabb ideig áll magas hőfokon, lassan az opák állapotból az opálszerűbe és végül egy piszkoszöld színbe megy át. A fluór kötése megoldódnak, szilíciummal vegyül és gázalakban elillan. Ez a folyamat, mint a kísérleteknél látni fogjuk, alumíniumoxid tartalmú üvegeknél sokkal lassabban megy végbe.

Opáküveg analízisből a használható keverék számítása igen bizonytalan.

### Kísérleti rész

Az üveganyag összetételét az adatok alapján tisztán empirikusan állapítottam meg, minthogy opáküvegeknél a felhasznált fluórhordozók tekintetében csak a becslésekre vagyunk utalva.

Az 1. táblázat az előkísérletekben olvasztott keverékeket sorolja fel.

Alacsony hőfok mellett az üveg felületére piszkos barna hártya rakódott, mely egyre mé-



lyült. Ezt kálsalétrom adagolásával sikerült ki-küszöbölni.

A kifogástalanul fehér opáküveg elbarnulásának okát külön kísérleti sorozatban (1. táblázat) kutattam. Tégelyben, oxidáló lángban olvasztva a próbához Na Cl-t és egy másik tégelybe  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -et adagoltam. Az adagolás következtében az üveg alabástrom színű lett. Az adagolás növelésével a szín is mélyült. Kálsalétrom adagolásával egyre fehérebbé oxidálódott.

A kiszűrt próbák, de nagyüzemi olvasztásnál a kiöntött üvegek is sokszor ridegek és törékenyek voltak. Ez a törékenység az olvasztási és kimerítési hőfokkal van szoros összefüggésben. A kiszűrt üvegpróbában 1000 °C körül hirtelen meglepő elnyelés kezdődik s ezt az opálosító fluorid kristályok kiválása okozza. Ha a kimerítés 1000 °C fölött történik, akkor a lehülésnél apró, egyenlő nagyságú kristály képződik. Ha ellenben a kiszűrés 1000 °C alatt volt, akkor a kiszűrt próbában egyes nagyobb kristályok keletkeztek, melyek hűlés közben tovább nőttek, de egyidejűleg sok apró kristály is keletkezett. Egy-egy kristály, mint mag, egész csomó kristályt gyűjt maga köré s gyarapodásukban a borsószem nagyságát is eléri, sőt ennél nagyobbra is megnőnek.

Kísérleti olvasztásaimat részben 1,5 kg-os tégelyekben a nagykemence átfolyója feletti hídon, részben pedig üzemi méretben 5 to-ás rekuperátoros kísérleti kádkemencékben végeztem. Ebből a kemencéből 125 kg-os keverékeket egymásra olvasztva öntőkanállal dolgoztuk ki az üveget.

A tégelymérethen végzett kísérleteknél az olvasztási hőfokra, olvasztási sebességre, tisztulási viszonyokra vonatkozó adatokat sorozat olvasztásokkal állapítottam meg és az olvasztmányok közötti relatív különbségeket értékeltem. Összehasonlítási alapul a legmagasabb  $\text{F}_2$  tartalmú „Thiene” üveget vettem. Az ilymódon megállapított alapadatokra vonatkoztattam a sorozat egyes olvasztmányainak jellemző értékeit. Az olvasztási hőfok kivételével ugyanis a kísérleti és az üzemi paraméterek különbségei következtében abszolút adatokat nem lehet kapni.

A leolvasztott üvegek összetételét és bemért anyaguk súlyát az 1—4 számú táblázatban közlöm.

Ellenőrzésül néhány analízist készítettem, amelyek eredményei kimutatták, hogy szilíciumvesztés is előállt.

A kísérletek közben többször az olvasztmány tetején a szulfátüveg epéjéhez hasonló epe lépett fel. Az analízis azt mutatta, hogy 20% fluort tartalmazott.

Ez ellen az epe ellen nem vált be a szulfátepe elleni fegyver: a redukció, hanem csak az 1300 °C fölött elgőzölögtetés. Erősebb opálosodást a folyópát emelésével lehetett elérni. Az alkáliban dúsabb üveg könnyebben opálosodik, mint az alkáli szegény üveg. Az alkáli üvegek közül is a nátronüveg könnyebben, mint a káliüveg, de csak akkor, ha szódát használunk nyersanyagként. Nátrium szulfáttal rendkívül nehezen opálosodik az üveg. Többször előfordult, hogy szintelen üveg olvadt, amely csak ismételt felmelegítés után opálosodott.

1. táblázat

Sorszám	Izzítási idő órákban	Hőfok C	Homok	Folypát	Földpát	Szóda	K. salétr.
1	2	1000	100	56	—	18	—
2	2	1100	100	72	—	20	—
3	2	1150	100	56	34	18	—
4	2	1180	100	56	34	18	4
5	2	1200	100	56	34	30	—
6	2	1300	100	56	34	50	—
7	2	1320	100	56	34	50	6
8	2	1340	100	40	50	18	4
9	2	1350	100	20	50	30	—
10	2	1360	100	50	50	25	4

2. táblázat

## Az oxidok szintézise

Sorszám	11.	12.	13.	14.	15.
$\text{Si O}_2$	45,8	54,0	46,2	54,0	61,48
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2,6	3,7	7,2	7,7	2,39
Zn O	—	—	—	—	10,41
Ca O	34,4	20,3	26,6	22,0	3,74
$\text{P}_2\text{O}_5$	—	—	—	—	0,58
$\text{K}_2\text{O}$	2,7	1,7	2,0	1,8	7,02
$\text{Na}_2\text{O}$	8,5	9,6	11,6	8,3	9,72
CdS	—	—	—	—	1,37
Se	—	—	—	—	0,41
$\text{F}_2$	10,4	11,3	11,2	7,4	3,09

## Bemérés g:

Sorszám	11.	12.	13.	14.	15.
Homok .....	44	51	45	50	59
Földpát .....	18	25	35	40	15
Szóda .....	9	11	14	8	10
Hamuszír .....	2	1	1	1	12
Márvány .....	18	14	16	15	8
Folypát .....	30	42	42	20	15
Kriolit .....	18	15	10.	8	6
Kálsalétrom .....	1	1	1	1	2
Barnakő .....	0,1	0,1	0,1	0,1	—

A keverék vastartalma a fehér opáküveget halványzöldre színezi. Ha a keverékben olyan anyag van jelen, amely felbomlaskor oxigént ad le, ez a zöld vasat ( $\text{Fe, O}$ ) sárga vassá ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) vas-oxiddá oxidálja, s mennyisége szerint az üveget a sárgától barnáig színezi. Az ismert szelén és mangán szintelenítők nem használhatók, mert a fluor vegyülésénél lefolyó reakciók hatása alatt a szelén szintelen szelénsóvá, a mangándioxid pedig szintelen mangánoxiddá redukálódik. A nikkell-oxid feltűnő piszkosszürke színt adott. A vasszulfid keletkezésének megakadályozására és így szintelenítésére legeredményesebben, mint erélyes oxidálószer a kálsalétrom vált be.

Az 1. sz. táblázat tégelysorozata felvilágosítást adott az egyes anyagok olvasztáshani viselkedéséről.

Az 1. és 2. tégely a magas folyópát adag dacára szintelen maradt és ismételt felmelegítéskor kelet-

keztek a fentírt kristályformák. A 3-as tégely sűrűbb, de vízenyős és barna színű opák üveget adott. Kálsalétrommal oxidálva a 4 tégely kifehéredett. Az 5. és 6. tégelyben az emelt szódaadag gyorsan olvadó, híg üveget, de sárgásan szennyezett, a 7. tégelyben fehéret adott. A 8., 9., 10. tégely üvegje az emelt földpát adagtól vízenyős lett.

A második kísérletsorozat a Thiene-ben megadott szintézisek alapján lett leolvasztva öt tégelyben.

A 11—14 tégelyek szépen tisztult, szép fehér, sűrű fehér opáküveget, a 15. tégely szép piros

Bemérés g :

Bemérés	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Homok .....	100	100	100	100	100	100	100	150	100	100	100	100	100	100	100	100
Folypát .....	20	13	12	20	12	12	30	28	10	20	37	30	13	8	4	4
Földpát .....	30	15	10	40	22	30	25	36	15	37	30	30	19	10	10	30
Szóda .....	35	36	12	36	17	24	8	38	20	15	29	18	24	9	25	27
Hamuszir .....	—	—	12	—	3	6	10	5	5	12	—	—	2	5	—	—
Kálsalétrom .....	—	3	—	3	2	1	3	1	3	—	3	—	2	—	3	2
Mészliszt .....	—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3. táblázat

A 3. táblázat már csak részben külföldi, de olcsó nyersanyagok kísérleteit tartalmazza.

A falburkolólap üvegek leginkább színes kivitelben használatosak.

Ezek :

fekete,  
korallpiros,  
narancssárga,

sárga,  
borsózöld,  
galambkék,  
ibolya.

Ezek közül a fekete teljesen hazai anyagból olvasható.

5. táblázat

A 3. táblázat üvegjei

Sorszám	Olv. hőfok C°	Olv. idő óra	Értékelés
16	1340	3	Fényes, fehérszínű üvegek, melynek tetején néhány olvadatlan csomó van
17	1340	3	
18	1360	3	
19	1350	3	
20	1380	3	Teljesen átolvadt, egyenletesen sűrű fehér opáküveg
21	1360	3	
22	1380	3	Jó üveg, néhány buborék a felületen
23	1380	3	
24	1380	3	Itt-ott barnás foltok az üveg tetején
25	1360	3	
26	1360	3	Jól átolvadt, göresmentes, sűrűn opák, fehér üvegek. A kihúzott szál is göresmentes
27	1360	3	
28	1380	3	
29	1380	3	
30	1420	3	Teljesen átolvadt, rövid kemény üveg
31	1420	3	

4. táblázat

A nagyüzemi olvasztásra használt keverék :

100 kg homok .....	69 %	SiO <sub>2</sub>
70 kg földpát .....	13,2 %	Na <sub>2</sub> O
39 kg folypát .....	1,9 %	CaO
35 kg szóda .....	0,8 %	MgO
	10,9 %	CaF <sub>2</sub>
	4,2 %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

	Ibolya	Fekete	Piros	N-sárga	Sárga	B-zöld	Galambkék
Homok .....	100	31	100	100	100	100	100
Fonolit .....		39					
Szóda .....	35	—	35	35	35	35	35
Szulfát .....		16					
Mészliszt .....		10					
Kadmiumszulfid .			6	2,5	5		
Nátriumszelenit .			3	0,7	0,4		
Káliumkromát ..						4	
Kobaltoxid .....	0,01						0,02
Barnakő .....	4						
Kokszpor .....		2					
Földpát .....	70		70	70	70	70	70
Folypát .....	39		39	39	39	39	39

### Összefoglalás

Öt tonnás, rekuperátoros generátorgázzal fűtött kis kemencékbe nagyüzemi olvasztásra a 4. táblázat keverékét olvasztottuk be. Az üveg jól átolvadt, 16 órás olvasztás alatt 1500 kg-ot olvasztottunk le, jól tisztult, hosszú üveget kaptunk. Kanállal merítve, zsinórasztalon zsinórüveggé dolgoztuk fel. Az üveg jól hűtött, feszültségmentes, fényes, sima felületű volt és megfelelő színező anyagokkal ibolya, piros, sárga, zöld és kék színt nyert.

### IRODALOM

1. *Dralle, R., Keppeler, G.*: Die Glasfabrikation. Oldenburg, München és Berlin, 1926.
2. *Thiene, H.*: Glas. Fischer. Jena, 1931. I. kötet 258. old. és II. kötet 906. old.



3. Eitel W. Pirani, M., Schel, K.: Glastechnische Tabellen. Springer. Berlin, 1932.
4. Kitajgorodszkij, J. I.: Steklo i steklovarenje. Goszudersztvenoc Izdatelsztvo. Moszkva, 1950. 476. old.
5. Jevsztropjev, K. Sz.—Toporov N. A.: A szilícium-dioxid kémiája és a szilikátok fizikai kémiája. Budapest, Nehézipari Kiadó, 1951.
6. Opálüveg U. S. Pat. 2. 559 805. Ref.: Ceram. Abstr. 1952. 61. old.
7. Bates—Black: Electromicroscopic Investigations on Opal-glasses. Glass Ind. 1948. 487—492.
8. Büssem—Weyl: Ein Beitrag zum Problem der Fluoridtrübung. Sprechsaal. 1932. No. 13.
9. Callow: The precipitation of fluorides in glassy systems. J. Soc. Glass Techn. 1952. 266—69.
10. Callow: Einfluss von  $Al_2O_3$ ,  $ZnO$  und  $K_2O$  auf die Trübung von Fluoridtrübten Gläser. J. Amer. Cer. Soc. 1952. No. 5. 120—22. Ref.: Silikattechnik, 1954. No. 4.
11. Jochmann: Fluorgalle — Fluor im Opalglas. Glas Email Ker. Techn. 1954. 85—88. No. 3.
12. Jochmann: Fluor im Opalglas. Glas Email Ker. Techn. 1952. 69—71. No. 3.
13. Knapp: Studien über die Zusammensetzung der fluoridgetrübten Gläser. Sprechsaal, 1931. No. 25.
14. Ricker: Zöld opálüveg. U. S. Pat. 2 599 349. Ref.: Cer. Abstr. 1953. 81. No. 5.
15. Ryde—Yates: Opaque-glasses. J. Soc. Glass Techn. 1926. No. 39. 274—79.
16. Schneider: Tonerdehydrat für Opalglas. Glashütte. 1926. No. 36. 703—704.
17. Silvermann: Herstellung des Opalglases. Glas Em. Ker. Techn. 1952. No. 5. 149—150.
18. Skornia: Weisses Opalglas. Silikattechnik, 1951. No. 1. 22.
19. Stockey: Opálüveg Kanadai Szab. 480. 668. Ref.: Ceram. Abstr. 1953. No. 2. 23.
20. Színes burkoló üvegféleségek. Gorodszkoje Hozjászta. 1952. jún. Ref.: Műszaki Lapozomle, 1952. No. 12. 360.
21. Neue Baugläser. Techn. Rundschau (Bern), 1951. No. 17. 4.
22. Heyken: Innenwände aus Glas. Glas Forum, 1952. No. 6. 31—34. Ref.: Glast. Ber. 27. évf. 1954. No. 5. 182.
23. Constructional and decorative glass. Glass, 1954. No. 5. 221—22.
24. Táblaüveg mint kályhacsempe. Glas. Em. Ker. Techn. 1953. 352.
25. Színes üveg burkolólap. D. Pat. 756 869. Ref.: Glastechn. Ber. 1953. P 31. No. 6.
26. Jefimov: Falburkoló blokkok gyártása. Sztyeklo i Ker. 1951. No. 8.
27. Knoll: Glas als Wand- und Möbebelag: mechanische, technologische Eigenschaften des Opakglases. Glas Forum, 1950. No. 1. 20—23. Ref.: Glastechn. Ber. 1953. No. 12. 409.
28. Knapp: Die Trübglasser. Die Glashütte, 1930. Nr. 40—42.
29. Jochmann: Über Fluortrübung in Gläsern — Aus der Praxis und Schmelzversuche. Glas-Email-Keramo-Technik. 1954. 399—403. No 11.
30. Knapp: Zusammenhang zwischen den Lichttechnischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung der fluoridgetrübten Natron-Kalk-Kieselsäuregläser. Sprechsaal, 1932. Nr. 39.

## Mész-helyettesítő kötőanyagok\*

GYARMATI GYULA

Az égetett mész, amely a legrégebbi mesterséges kötőanyag, általános és elterjedt felhasználása ellenére nagyon sok hátrányos tulajdonsággal rendelkezik. Ezek közül legfontosabb a csekély és hosszú idő alatt elért szilárdság és ehhez képest túl nagy tüzelőanyagfogyasztás és önköltség. Kevésbé fontos, de számottevő hátrányok: a kezelési nehézség, ui. itt a felhasználónak nemcsak a habarcskészítést kell elvégeznie, hanem a mész — időben és megfelelő módon történő — oltását is, mely a mészfelhasználásra és habarcsminőségre egyaránt kihat, a veszélyesség, mert a mész erős bázis; a mészhabarccsal készült építmények sokáig nedvesek, nemcsak a mészpép nagy víztartalma miatt, hanem azért is, mert a mész karbonizációja vízleadással megy végbe, végül, de nem utolsósorban az, hogy a mészhabarcs szilárdulását, maga a kívülről befelé növekvő már karbonizált megszilárdult habarcsréteg akadályozza.

A méshelyettesítő habarcsanyagok termelése éppen ezért főleg három okból vált szükségessé. Először a tüzelőanyag hiánnyal küzdő területeken és időszakokban; azután azért, hogy az arra megfelelő helyekre olcsóbb habarcsanyag álljon rendelkezésre; és végül azért, hogy az égetett mész és a cementek közötti űrt ki lehessen tölteni alacsony, de időálló, megbízható szilárdságú kötőanyaggal.

\* A MTA Kötőanyag albizottságában IV. 19-én elhangzott előadás.

A legerősebb égetett mészhabarcs végszilárdsága és a leggyengébb, gyakorlatilag használt cementhabarcs szilárdsága kb. úgy aránylik egymáshoz, mint 1 : 5,

Az ilyen építőanyagok kikísérletezése és gyártása, illetve a gyártásukhoz szükséges nyersanyagok felkutatása az előbb meghatározott szempontok alapján történt. Ezért kellett elsősorban a természetben nagy településeken előforduló, könnyen kitermelhető, e célra égetés nélkül felhasználható kőzetekre, mint a vulkáni tufák, anhidrit és ipari melléktermékekre, továbbá hulladékanyagokra, mint kazán-pernye, kohósalak, klinker-égetőkemence-szállópor — támaszkodni.

Ebben az értelmezésben a hazánkban előforduló nyers és hulladékanyagokból gyártható habarcsanyagokkal szeretnék foglalkozni, különös tekintettel a nálunk még kevésbé ismert anhidrit-kötőanyagokra.

Hazánkban előforduló nyersanyagok:

1. természetes nyersanyagok:

a) Vulkáni tufák: sátoraljaújhelyi, rátkai riolit tufák, selypi, szentendrei stb. andezittufák.

b) Perkupai anhidrit.

2. Mesterséges anyagok, melléktermékek, hulladékok.

a) Kohósalakok.

b) Kazánok szállóporai, pernyék, salakok.

c) Klinkerégető kemencék szállópora.



1. táblázat

A n y a g	Izz. veszt.	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Szabad CaO
Rátkai riolittufa . . . . .	8,93	69,61	4,25	12,85	3,62	0,78	0,63	—
Selypi trassz . . . . .	5,81	55,08	19,84	5,83	2,03	0,40	0,67	—
Perkupai anhidrit . . . . .	2,77	3,48	0,71	0,39	39,15	1,15	53,00	—
Diósgyőri kohósalak . . . . .	—	37,60	1,42	13,60	41,85	1,01	5,75	—
Tatabányai pernye . . . . .	2,74	45,61	10,45	31,00	8,20	1,16	2,54	—
Mátravidéki pernye . . . . .	2,28	57,26	3,32	28,18	6,15	—	1,90	—
Unax porkamrapor . . . . .	10,30	17,43	2,61	2,27	58,75	1,19	6,70	17,90
Román porkamrapor . . . . .	16,92	16,16	3,08	5,22	49,80	0,89	7,61	8,00

Megjegyzés: Az összes elemzéseket szárítószekrényben 105°-on kiizított anyagból végeztük. A selypi trassz „aktív SiO<sub>2</sub>” tartalma, azaz káliclúgban oldható kovásvav tartalma: (30%-os káliclúggal főzve fél óráig) 40,49%, a rátkai riolittuffáé („puccolán”) 48,82%. A kohósalak egyéb alkotórészeit külön nem határoztuk meg.

A hazai lehetőségek felkutatása céljából nagyobb kísérletsorozatot végeztünk a Lábatlani Cement- és Mészművek laboratóriumában a következő anyagokkal:

rátkai riolittufa,  
selypi trassz (őrölt andezittufa),  
perkupai anhidrit.

Diósgyőri granulált kohósalak (Hejőcsabai Cementgyárból).

Tatabányai Erőmű pernyéje.

Mátravidéki Erőmű (Lőrinci) pernyéje.

Lábatlani Cement- és Mészművek II. (Unax) kemencéjének szállópóra a porkamrából.

Ugyanonnan III. (Román) kemence szállópóra.

A használt anyagok kémiai összetételét az 1. táblázat mutatja.

A kísérlet folyamán a szabvány szerinti szilárdsági vizsgálaton kívül, melyet a cél érdekében a tárolási előírásokban megváltoztattunk, mint később látni fogjuk, falazási és vakolási próbát is végeztünk, külön e célra készített kisméretű falazatokon. Kísérletünk első része azt a célt szolgálta, hogy lássuk, mely hazai nyersanyagokkal érdemes e szempontból foglalkozni. A második részben részletesebb vizsgálatokat végeztünk az előzőleg jónak talált anyagokkal és az anhidrit-kötőanyagokkal.

A nyomószilárdsági vizsgálatokat MNOSZ 523—53 szabvány szerint készített próbatesteken végeztük gerjesztett anhidrittel és kohósalakkal, 10, 20, 30% mészhidráttal kevert nyersanyagokkal. A mészhidrát a felhasznált anyagoktól függően, mint gerjesztő, mészkoncentráció beállító, illetve, mint a hidraulikus folyamatban résztvevő komponens szerepelt. Mennyiségét az egyes kísérleti keverékekben azért változtattuk, hogy kikutassuk közelítőleg azt az adagolást, mely a legjobb szilárdsági eredményt biztosítja a legkevesebb szilárdság mellett. A vizsgálatok reprodukálhatósága és összehasonlíthatósága érdekében nagy mennyiségben tároltunk e célra összekevert, egy gyártásból származó lábatlani mészhidrátot.

A szabványos módon készített próbatesteket, mivel bennünket a gyakorlati körülmények között szilárdság és viselkedésük érdekel különösebben, az előírt — vízben való — tárolás helyett 72 órás nedves térben való tárolás után kiformáztuk és szabad levegőn tároltuk. Elgondolásunk ugyanis az volt,

hogy a gyakorlatban felhasznált habarcsok a bedolgozás után soha nincsenek nedvességnek közvetlenül kitéve, illetve tervszerűen és szükségszerűen, mint a betonok, hanem eredeti nedvességük felhasználásával szilárdulnak, sőt a felesleges vízmennyiség még káros is. Ezért jobbnak láttuk, ha a kiformázáshoz szükséges 72 óra után csak nedves levegő hatásának tesszük ki. A nedves levegő relatív nedvességtartalma az első 72 órában, tehát a kiformázás előtt 90—100% volt, a későbbi tárolás folyamán 65—80%.

Az összes habarcsanyag kezdeti szilárdsága olyan alacsony, hogy eleinte 2 napos szilárdsági vizsgálatot nem tartottunk szükségesnek, sőt a húzószilárdsági vizsgálatokat is mellőztük, mert a habarcsanyagok húzásra nincsenek igénybe véve a saját belső feszültségeik kivételével. A próbatesteket ezért csak 7, 28, 90 napos nyomószilárdságra vizsgáltuk.

Gyakorlati kísérletek céljára a különféle habarcsanyagokat a mellékelt táblázat szerinti arányban használtuk fel (I. II. sz. táblázat). Az egyes falazó, ill. vakolóhabarcsok keverési arányát és vízadagolását kőműves munkavállalóink, tehát a gyakorlati dolgozók kívánsága szerint, azaz a nekik megfelelő konzisztenciájú, plaszticitású keverék anyagszükséglete szerint állítottuk be. Az egyes falazatok és vakolatok minőségét 7, 28, 90 napos korban állapítottuk meg, önkényes minőségi osztályozás szerint, melynek alapját a szokványos mészfalazó, ill. vakolóhabarcs repedései, tapadása és keménysége képezte. A mészhabarcs minősítése 100%.

A kísérleti falazásoknál a falazóhabarccsal készített és azzal részben bevakolt tömböket a még szabad oldalon vakolóhabarccsal vontuk be és hogy a nap és szélhatás ellen megvédjük, nádpallóval fedtük be az első 24 órára. Továbbiakban minden védelem nélkül voltak kitéve az időjárás hatásainak. Meg kell jegyezni, hogy az első sorozatnál a nappali hőmérséklet a felületen időnként elérte a 35°-ot. A legtöbb esetben a különben kiváló vakolatokon is megjelent pár nagy zsugorodási repedés, mely a habarcs „kövér” voltát, illetve gyors kiszáradását bizonyítja.

A II. táblázat feltünteti a kísérletsorozat főbb adatait. Az eredmények kiértékelését legjobb úgy végezni, hogy sorra vesszük az egyes kötő



II. táblázat

M e g n e v e z é s	Beadagolt gerjesztő %	Habarcsvíz %	Nyomószil.			H a b a r c s			
			7	28	90 nap	anyag	víz	minősítés	
			kg/cm <sup>2</sup>			s z á z a l é k			
Tatabányai pernye	10	Ca(OH) <sub>2</sub>	10	50	150	180	100	92	200
Tatabányai pernye	20	"	"	"	"	"	40	30	150*
Tatabányai pernye	20	"	10	48	129	212	85	50	150
Tatabányai pernye	30	"	10	38	124	202	66	53	150
Mátravidéki pernye	10	"	12,5	79	141	170	66	61	200
Mátravidéki pernye	20	"	13,5	65	131	153	59	62	200
Mátravidéki pernye	30	"	14,5	71	128	187	45	50	200
Unax-kemence pora	10	"	14,0	13	20	98	85	43	0
Unax-kemence pora	20	"	14,0	7	15	78	66	53	0
Unax-kemence pora	30	"	14,0	5	9	67	59	43	0
Román-kemence pora	10	"	9,0	33	39	86	85	50	60
Román-kemence pora	20	"	9,5	22	35	94	59	35	60
Román-kemence pora	30	"	10,0	17	22	63	47	33	60
Selypi trassz	10	"	15,0	22	44	59	45	56	60
Selypi trassz	20	"	15	15	41	111	34	55	40
Selypi trassz	30	"	15	11	29	76	36	51	42
Rátkai puccolán	10	"	11,5	88	86	186	49	47	65
Rátkai puccolán	20	"	11,5	88	186	194	40	40	100
Rátkai puccolán	30	"	11,5	88	153	208	33	38	100
Rátkai puccolán	10	"	"	"	"	"	30	40	100
Diósgyőri kohósalak	10	"	8,75	58	123	182	66	49	200
Diósgyőri kohósalak	20	"	8,75	46	131	186	40	20	180
Diósgyőri kohósalak	30	"	8,75	44	131	178	74	37	200
Diósgyőri kohósalak	5	p. c.	7,5	102	188	228	59	58	200
Diósgyőri kohósalak	10	"	7,5	137	235	252			
Diósgyőri kohósalak	15	"	7,5	137	228	282			
Perkupai anhidrit	5	"	5,0	242	288	369	30	25	150*
Perkupai anhidrit	10	"	5,0	238	283	359	30	25	150*
Perkupai anhidrit	15	"	5,0	214	298	367	30	25	150*
Perkupai anhidrit	5	kohósalak	5,0	149	186	218	30	25	100*
Perkupai anhidrit	10	"	5,0	118	176	218	30	25	100*
Perkupai anhidrit	15	"	5,0	121	165	197	30	25	95*
Perkupai anhidrit	1,2	NaOH	5,0	190	218	274	30	20	130*
Perkupai anhidrit	4	Ca(OH) <sub>2</sub>	7,5	127	190	263	30	20	140*
Perkupai anhidrit	1,5	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,0	164	172	274	30	20	120*

\* jelű minősítés 7 napos korban történt, a többi 90 napos korban.

anyagokat és az eredményekkel együtt az egyéb tulajdonságaikat is számításba vesszük.

Vulkáni tufákat már a rómaiak is használtak kötőanyaggyártás céljára. Az utóbbi időkben is sok helyen használják a mészpuccolánokat. Hazánkban is gyártottak Hejőcsabán rátkai riolittufából — 150-es kőművescement néven — és gyártanak ma is Sátoraljaújhelyen az ottani riolittufából jóminőségű mészpuccolánt. Korábbi laboratóriumi kísérleteink szerint, melynek folyamán miskolci, szerencsi, ónódi, rátkai, monoki, bodrogkeresztúri és selypi tufákat vizsgáltunk meg, a legállandóbb és legjobb eredményt a sátoraljaújhelyi adta. Négy külön minta 214, 238, 238, 248 kg/cm<sup>2</sup> 28 napos szabványszilárdsági értéket adott, szabványos tárolás mellett. A rátkai puccolánok mintái viszont 164, 156, 157, 155, 168, 178, 258 kg/cm<sup>2</sup> értékeket. Tehát ennek az ingadozása sokkal nagyobb, átlagos szilárdsága lényegesen alacsonyabb.

A mészpuccolánok gyártásának előnye az, hogy csak kevés égetett anyag kell hozzá, sőt esetleg együttörölve a mésszel, a puccolán szárításához szükséges hőenergia is lecsökkenthető. Hátrányos tulajdonságok: a szilárdság nagyon erősen függ a puccolán összetételétől és ettől függően az optimális mészadagolástól, mely ingadozó nyersanyagnál üzem közben nem állítható

be; a tufák nagyon porózusak, víztartalmuk nagy, szárításuk sok hőenergiát emészt fel, ami annál inkább jelentős, mert ezek már egész kicsi víztartalom jelenlétében nehezen örölhetők a golyósmalmokban, kenődnek.

Anhidrit-kötőanyagok. Az építőanyaggyártás területén az anhidrit már régóta ismert anyag, mint kötőanyag szabályozó a portlandcementben, gerjesztőanyag a kohósalakból készített kötőanyagokban, gipszsalakcementben, sőt mint a klinkerégetés nyersanyaga is különleges, kombinált technológia esetében, mint a portlandcement és kénsav együttes gyártásánál. Bár kötőanyag szabályozóként a legtöbb p. c.-ben nem kedvelt egyes rossz tulajdonsága miatt (nagy mennyiség kell belőle, 6—8%, túladagolásnál gyorskötést okozhat stb.). Mint önmagában gerjeszthető kötőanyaggal először a 20-as években foglalkoztak. A legelső komoly részletes munkát erről Budnikoff publikálta, — 1932-ben.

Hazánk anhidritben és gipszben szegény és a cementgyárak szükségletét is importált gipszből kell fedezni. Az anhidrit, mint kötőanyag, csak a perkupai gipsz és anhidrit-telep feltárásával kerülhetett szóba, ahol a gipsz, mint elsősorban szükséges közet mellett nagymennyiségű anhidrit fordul elő és a gipsz kitermelésével, illetve a bánya



## A gipsz formái

III. táblázat

Ásványtani név	K ö z n a p i n é v	Kémiai képlet	Stabilitási hőfok
Gipsz	Gipszkő	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	97
Félhidrát	Égetett gipsz	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	97—180
$\gamma$ — Anhidrit	Fél (oldható)-anhidrit	$\text{CaSO}_4$	180—300
$\beta$ — Anhidrit	Természetes anhidrit	$\text{CaSO}_4$	300—1194
$\alpha$ — Anhidrit	Túlégetett anhidrit	$\text{CaSO}_4$	1194—1450

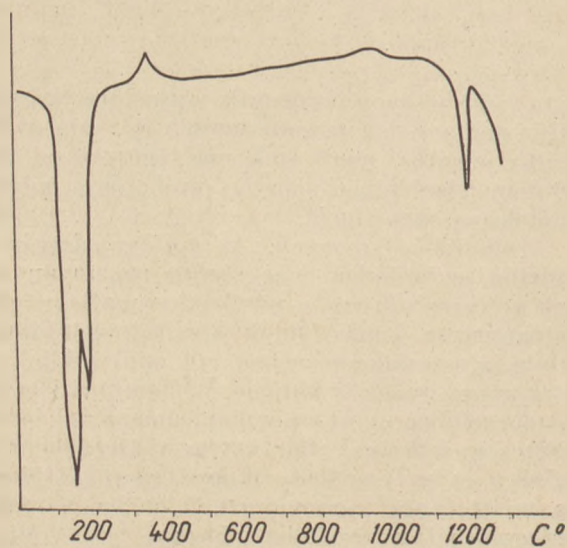
fejlesztésével együtt, nagymennyiségű anhidritet is kell a felszínre hozni, amely egyelőre még hulladéknak számít.

Az anhidrit elnevezés ásványra is és kőzetekre is vonatkozik, azonkívül a gipsz elnevezés ásványtani és köznap (kereskedelmi) értelemben más jelent, ezért lényeges, hogy az anhidrit-kötőanyagok tárgyalása előtt tisztázzuk az egyes kalcium-szulfát formációkat.

Az estrichgipsz mesterséges  $\beta$ -anhidrit, előállítási hőfoka 780—1000 °C között van. Az anhidrit olvadáspontja 1450 °C. A fent megadott hőfokok nem egész pontosak. Általában minden szerző, aki foglalkozott a gipsz-anhidrit átalakulással más-más hőfokokot talált, illetve adott meg.

A perkupai gipszkő DTA vizsgálatát az 1. ábra mutatja. Mivel a gipszkő eléggé szennyezett az endoterm folyamatok közül, csak a félhidrát-anhidrit (150—180 °C), illetve a  $\beta$ -anhidrit— $\alpha$ -anhidrit (1990 °C) átalakulás jön ki eléggé élesen.

Gipszkő DTA görbéje



1. ábra

Az anhidrit lassú hidratációját különféle gerjesztő anyagok kémiai-fizikai hatások folytán gyorsítani tudják. Ez a kötőgyorsítás, a „gerjesztés” részben katalitikus hatáson, részben az oldhatóság növelésén alapszik. A finomraőrölt anhidrit magában is kötőképes, ez a folyamat azonban annyira lassú, hogy kötőanyagként nem jöhet így szóba.

A gerjesztés történhet:

Szulfátokkal: szulfát, illetve kation-gerjesztés.

Oltott mésszel: bázikus-, ill. anion-gerjesztés. Alkálihidroxidokkal, portlandcementtel, kohósalakkal, stb.: vegyes gerjesztés.

A gerjesztőkkel megindított kötés folyamán az anhidrit nem közvetlenül hidratál, hanem először feloldódik és a túltelített oldatból gipsz formájában válik ki. A szulfátgerjesztésnél a gerjesztő



2. ábra  
Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-tal gerjesztett anhidrit 72 óra után  
(100 ×)

gyorsítja az oldódást és ezzel elősegíti a túltelített oldatok keletkezését. A gerjesztő maga is résztvesz a reakcióban és szilárd kettősségeket képez első fokon, és ez után indul meg a gipszkiválás. Az elsődlegesen keletkezett kettősségek mikroszkópon jól elkülöníthetők, általában hosszú vékony kristályok (2. ábra).

Az oltott mész az anhidrit oldhatóságát ugyan kissé csökkenti, ezzel azonban elősegíti a túltelítést és a kristálmag képződést. Mésszel gerjesztett anhidrit kötése folyamán ezért először nem a kettősségekre jellemző túlalakú kristályok jelennek meg, hanem sok apró  $\frac{1}{2}$ —2  $\mu$  nagyságú gipszkristály, melyek közül néhány hamarosan megnő 300—500  $\mu$ -ra is (3. ábra).

A vegyes gerjesztésű anhidrit a fenti hatásokon kívül még közvetlenül is reakcióba léphet, pl. a kalciumaluminátokkal; ezek kötési folyamata még nincs teljesen tisztázva. A különleges folyamatok miatt ennek szerkezete kötés, ill. szilárdulás közben és után eltér az előbbiektől (4. ábra).

Az anhidrit kötőanyagok szilárdsága a cementkéhez hasonlóan a szubmikroszkópikus és mikroszkópikus, nagy fajlagos felületű részecskék erős kohéziós és adhéziós erőire vezethetők vissza.



Kötésidejük hasonló a cementekéhez, a kötés ui.  $\frac{1}{2}$  óra után kezdődik és 8—12 órán belül befejeződik. Bár az anhidrit és gipsz kötése hasonlatos és a hidratációs termék, a dihidrát azonos, a megszilárdult anhidrit és gipsz szerkezete lényegesen különbözik egymástól.

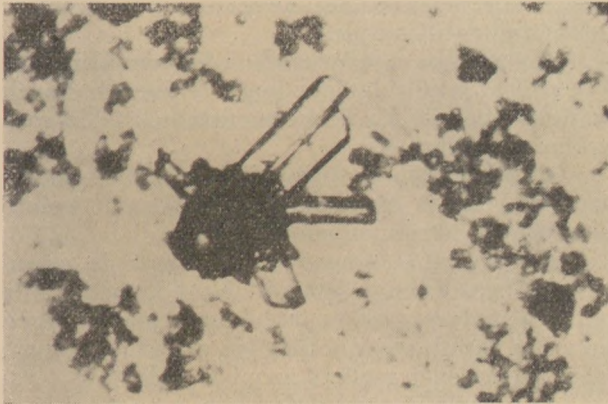
A gipsz gyorsan, 3—30 perc alatt köt meg. A gyorsan lefolyó hidratáció és az emiatt szükséges nagy vízadagolás miatt a gipsz szerkezete meglehetősen laza lesz, ezt még a reakcióhő is elősegíti; sőt a gyors kötés miatt a gipszhabarcs ledolgozására és tömörítésére idő sincs. Ezért tehát komoly szilárdság nem is várható.

A gerjesztett anhidrit lassú kötése, lassú hidratációja, lehetővé teszi, hogy úgy mint a cementet lehessen bekeverni és bedolgozni, miáltal

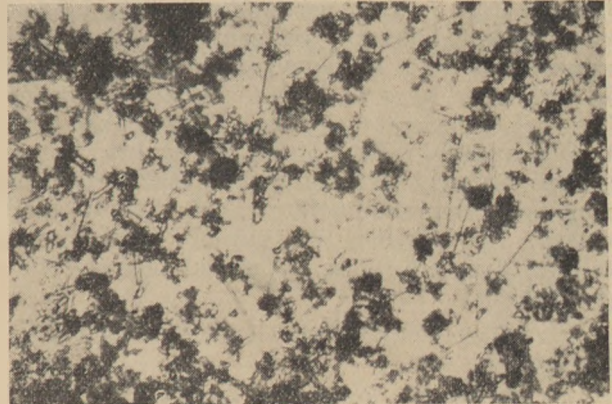
csak a föld színétől legalább  $\frac{1}{2}$  m-rel magasabbra engedélyezik beépítését.

Előnyös tulajdonságuk az olcsó előállítási ár. Égetni nem kell, esetleg csak szárítani; kevés gerjesztőanyagot kell hozzáadni és ennek kis mennyiségi ingadozása nem hat a szilárdságra; elég könnyen őrlhetők.

Az anhidrit kötőanyagok gyártása egyszerű folyamat, a száraz anhidritet összeőrlik a szükséges gerjesztővel. Összehasonlítva a korszerű üzemekben gyártott kötőanyagokat: az égetett mész gyártásához 1300—1500 kalória szükséges, az anhidrit-kötőanyagéhoz viszont csak 420 kal/kg. Összevetve az 1400, illetve 420 kal/kg., valamint a kb. 20, illetve 200 kg/cm<sup>2</sup> szilárdsági értéket, megfelelő helyekre az anhidrit-ha-



3. ábra  
Ca(OH)<sub>2</sub>-dal gerjesztett anhidrit 72 óra után  
(200×)



4. ábra  
Portlandcementtel gerjesztett anhidrit 72 óra után  
(200×)

az egyenletes nedvesítés, kevesebb habarcsvízadagolás és a tökéletes tömörítés lehetővé válik. Ezek az előfeltételek és a lassabban lefolyó hidratáció lehetővé teszik tömörebb és szilárdabb végtermék kialakulását.

Az anhidrit gerjesztésére leggyakrabban 3—5 százalék portlandcementet, 3—5% meszet vagy inkább méshidrátot, 1—1,5% nátronlúgot, vagy ezekkel, ill. egymással keverve 1—2% kálium-nátrium- ammonium- és cinkszulfátot használnak. Kísérleteink szerint, mint a táblázatban láthattuk, a perkupai anhidrit legjobb eredményt portlandcement gerjesztéssel adta. 5—15% lábatlani cementtel egyaránt 283—298 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságot adott 28 napra, illetve 359—367 kg/cm<sup>2</sup>-t 90 napra, levegőn tárolva — mint fentebb láthattuk. Ezek az értékek jól összevágának külföldi szerzők értékeivel.

Vízadagolásra eléggé érzékeny az anhidrit-habarcs. Ha az optimális kb. 0,25 víz-kötőanyag-tényező alá vagy fölé megyünk, a szilárdság rohamosan esik. Egy 5% portlandcementgerjesztésű anhidrit 0,2 víz-kötőanyag-tényezővel 28 napra 246 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságot mutatott fel, míg 0,25-nél 287, illetve 0,3-nál 168 kg/cm<sup>2</sup>-t.

Nagy hátránya a gerjesztett anhidritoknak, hogy az anhidritnek és a szilárdulási terméknek, a gipsznek oldhatósága miatt csak száraz, nedvességek, főleg áramló víznek ki nem tett helyeken lehet felhasználni. Külföldi előírások általában

barcs még akkor is gazdaságosabbnak bizonyul, ha a víz-kötőanyag-tényező esetleges emelése szilárdságát nagymértékben lecsökkentené.

A fenti tulajdonságok és tapasztalati adatok alapján az anhidrit-kötőanyagok felhasználhatók: Falazóhabarcsnak 1:3—1:4 arányban keverve homokkal.

Belső vakolatnak 1:2—1:3 arányban keverve homokkal.

Külső vakolatnak 1:2 arányban homokkal keverve és az anhidritra számítva 3—5% mésszel (fehér, szürke, vagy hidraulikus egyaránt megfelelő).

Ezekon kívül alkalmas téglák és kisebb szilárdságú előregyártott építőelemek készítésére, valamint megfelelő tömítőanyag felhasználásával hő- és hangszigetelő falazatok készítésére. A tiszta, megszilárdult anhidrit-habarcs hővezetőképessége kb. azonos a tégláéval, illetve aszfaltéval.

A kohósalak építőanyagipari felhasználása a századfordulón indult meg, mikor rájöttek, hogy a gyorsan hűtött, tehát üvegesen megdermedt kohósalakok hidraulikus tulajdonságúak, ha összetételük megfelelő (általában a timfölddús, bázikus kohósalakok). A kohósalakokat finomra őrlve önmagukban is hidratálnak, azonban csak nagyon lassan. Kisszilárdságú kötőanyagként alkalikusan, általában mésszel, vagy szulfáttal, gipsszel, ill. anhidrittel gerjesztett kohósalakok használatosak. az ún. gipsz- és mésszalakcementek.



A mészsalakcement a kohósalak és annak kémiai összetételétől függően 15—20% mészhidráttal összeőrlésével gyártható. Ez tehát mésszel gerjesztett kohósalak. A gerjesztést itt tulajdonképpen a hidroxil ion idézi elő. Jóminőségű gipszsalakcement gyártható mész és nedves kohósalak összeőrlésével, ha a salak víztartalma nem több annál, mint amennyit az égetett mész őrlés közben oltódásra le tud kötni, és a reakcióhő, ill. az őrlés folyamán keletkező hő el tud a jól szellőzőtt malomból távozni.

A gipszsalakcementek szulfáttal gerjesztett kohósalakok. A gerjesztő anyag 10—15% gipsz, égetett gipsz, vagy anhidrit, tapasztalat szerint jobb, ha legalább 5% hidrátvíz van jelen. A szulfátgerjesztés lefolyásához, a mészkoncentráció beállításához, valamint a termék tárolhatósága érdekében 2—5% meszet, portlandcementet, klinkert vagy égetett dolomitot kell szintén beadagolni. A gipszet és salakot általában külön őrlik és utólag keverik össze, hogy az őrlési folyamat alatt ne lép-hessenek egymással reakcióba. Egyes salakok azonban károsodás nélkül bírják az együttőrlést is. Gipszsalakcementgyártás céljára csak a 12%-nál magasabb alumíniumoxidtartalmú salakok alkalmasak. Kovasavdús, mészszegény salakok még teljesen üvegesre hűtve is érzéketlenek a szulfátgerjesztésre.

Lehet a kohósalakokat portlandcementtel is gerjeszteni.

A gerjesztett kohósalak gyártásának és felhasználásának előnyei: csak kevés egyéb anyag kell hozzá, a salakot csak szárítani kell, és a legtöbb felhasználási területen kitűnően megfelelnek.

Hátrányai: nedvesen granulált kohósalak víztartalma nagyon nagy, elég nehezen őrölhető; a salakcementek minősége természetesen nagyon függ a kohósalak minőségétől, összetételétől, hazánkban viszont az összetétel eléggé ingadozó és nem befolyásolható az építőanyagipar követelményeinek megfelelően.

Saját kísérleteinkben a megadott összetételű diósgyőri kohósalakot 10, 20, 30% mészhidráttal, illetve 5, 10, 15% portlandcementtel gerjesztettük. Mint a táblázatból látható a mézsalakcementek 28 napos szilárdsága 123, 131, 131 kg/cm<sup>2</sup>, a portlandcementtel gerjesztett kohósalaké viszont 188, 235, 228 kg/cm<sup>2</sup> volt. Ez utóbbiak mutatták kísérleti falazatainknál a legjobb eredményt.

*Kazánok pernyéi és salakjai.* Összetételük nagyon különböző lehet a felhasznált szén települése, szennyezettsége, a salak, ill. pernye éghető tartalmától függően. A hidraulikus és ásványi tulajdonságok pedig ezenkívül függenek az elért maximális hőfoktól és a hűlési sebességtől is.

Korábbi kísérleteink szerint legjobb eredményt a kovasavban és alumíniumoxidban dús, modern, szénportüzelésű és jó hatásfokú kazánokban képződött pernyék adják, azaz, ahol a láng hőfok aránylag magas és a lehűlés gyors. Ezért választottuk kísérletünkben a tatabányai és lőrinci erőművek pernyéit. Mint láthattuk mindkét pernye hasonló összetételű, mészben szegény, kovasavban és alumíniumoxidban dús. A két pernyét 10, 20, 30% mészhidráttal keverve használtuk és 28 napos szilárdságuk 124—150 kg/cm<sup>2</sup> volt. A kohósalakhoz hasonlóan jó minőségű falazatot és vakolatot adtak.

A pernyék és kazánsalakok felhasználása mellett szól az a körülmény, hogy teljesen hulladékszamba mennek, kis őrlési energia kell feldolgozásukhoz és száraznak.

Hátrányuk, hogy összetételük, minőségük egy üzemben belül is ingadozhat a felhasznált széntől és az égetés körülményeitől függően.

*Klíringégető kemencék szállópora* is számításhoz jöhet. Kémiai összetételük a kemence állapota, a nyersanyag és szénhamu mennyiségi és minőségi ingadozásaitól függően változhat. Egyenletes üzemmenet mellett azonban található olyan szállópor, mely kisszilárdságú kötőanyagként használható. A megfelelő összetételű szállópor közvetlenül, szárítás és őrlés nélkül használható. Ha azonban túlégetett mész tartalma nagy, hajlamos a duzzadásra.

A mészpótló habarcsanyagokkal szemben a szilárdsági és habarcs tulajdonságokon túlmenően gyakran felmerül még egy kíváncsi: a fehér szín. Az itt tárgyalt kötőanyagok közül csak a gerjesztett anhidrit, illetve a mészpuccolán elégti ki többé kevésbé ezt a követelményt. A pernyék általában sötétek, a salakcementek, ha eredetileg világosak is, hajlamosak a színeződésre (zöldülés) és a szállóporok színe is sárgás.

Az itt közölt rövid tájékoztató kísérletsorozat azt mutatja, hogy kisszilárdságú kötőanyagként elsősorban az anhidrittel, és pernyékkal kell foglalkoznunk, illetve a kohósalakkal, ha ennek megfelelő és állandó minőségét már biztosítani lehet az építőanyagipar részére.



# Üvegek hűtési feltételeinek meghatározása számítás útján

KNAPP OSZKÁR dr. és KATONA GÁBOR

Az üvegyártási technológia egyik legfontosabb része az üveg hűtése. Az üvegolvadék hűlése következtében keletkezett feszültségeket el kell távolítani, nehogy azok a későbbi feldolgozás, vagy használat során repedésre, vagy törésre adjanak lehetőséget. Az üvegben levő feszültségek eltüntetésére igen sok kutatás tárgyát képezte. A probléma végleges megoldása ennek ellenére sem tekinthető lezártnak, mert azok a jelenségek, különösen az utóbbi időben felismert szerkezeti változások, amelyek az üveg hűlésével kapcsolatosak, még nincsenek kellő mértékben kiderítve. A különböző kutatók részben elméleti, részben gyakorlati úton bizonyos képleteket dolgoztak ki, amelyekkel a különböző összetételű és különböző vastagságú üvegek hűtési feltételeit megkísérelték megállapítani.

A hűtési folyamat feltételeit alább soroljuk fel:

1. *A hőkiegyenlítés:* Ez alatt az a folyamat értendő, amely alatt a hűtendő üveg, amelynek hőfoka a hűtés előtt magasabb, vagy alacsonyabb, esetleg szobahőfokú lehet, a hűtés kezdeti hőfokát hőleadás, vagy hőfelvétel útján felveszi.

2. *A hőntartás:* Az az idő, amely ahhoz szükséges, hogy az üvegben kedvező állandó hőfokon, az egyenlőtlenül elosztott feszültségek eltűnjenek, vagy gyakorlatilag megfelelő értékre csökkenjenek.

3. *A hűtés:* Ez az a folyamat, amely alatt az üveget fokozatosan visszük át azon hőfokszakaszon, amelyen ez óvatos hőkezelés nélkül újabb feszültségek keletkezhetnek.

4. *A hűlés:* Ennél a folyamatnál feszültségek már nem keletkezhetnek és a hűtés utáni megmaradt feszültségek változatlanul a merev üvegbe dermednek.

Mind a négy feltételt egyaránt az uralkodó hőfok és hőváltozási sebesség határozza meg.

Az üveg hőmérséklet-csökkenésével nagymértékű folyamatos viszkozitásnövekedés jár. A hőfok-viszkozitás folyamatos görbéjén gyakorlati szempontból bizonyos értékeket választottak ki. A hűtés szempontjából lényeges értékek a következők:

1. *Hűtési pont:* az a hőfok, amelynél a feszültségek 15 perc alatt oszlanak el. Ez a hőfok  $10^{13,1}$  poise viszkozitásnak felel meg.

2. *Feszültségi pont:* Az a hőfok, amely alatt a feszültségek kb. 15 óra alatt tűnnek el és amely hőfokhoz  $10^{14,6}$  viszkozitás érték tartozik.

A két érték közötti hőfokszakaszt transzformációs szakasznak nevezik. Használatos még a gyakorlatban a transzformációs pont fogalma is, amelyet a kiterjedési együttható vagy elektromos vezetőképesség hőfokgörbéjének törése segítségével számíthatunk és amelynek  $2 \cdot 10^{13}$  poise viszkozitás felel meg.

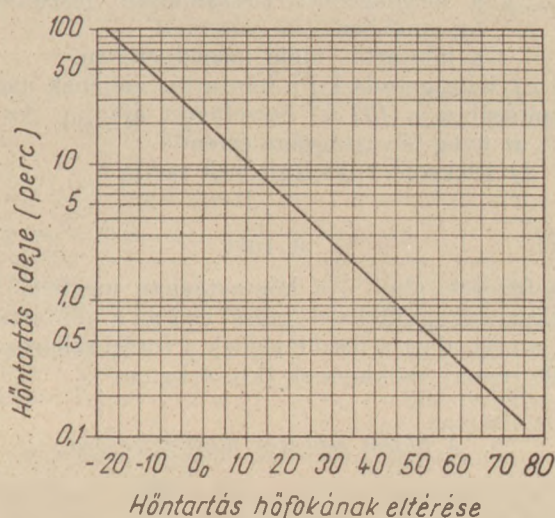
Az egyes kutatók által az irodalomban közölt egyes eljárásokat alább ismertetjük:

1. *A hőkiegyenlítés idejének számítására* nem állnak rendelkezésre elméleti megfontolások.

Kitajgorodszkij (1)  $\frac{20}{a^2}$  értéket állapít meg tapasztalati úton az üvegek felmelegítési sebességére, ahol  $a$  öblösüvegeknél a falvastagságot, tömör üvegtárgyaknál a falvastagság felét jelenti cm-ben.

2. *A hőntartás feltételeihez* két tényezőt kell meghatározni, a hőntartás hőfokát és az ehhez tartozó időt. E két érték fordított arányban van. A gyakorlatban rövidebb hőntartási időre kell törekedni, mert így a teljes hűtési folyamat összeidejét csökkentjük. A hőfok emelésének viszont határt szab az ezzel járó tüzelőanyagfogyasztás növekedése.

Az optimális hőfok-idő összefüggésére többek között a) Redston és Stanworth (2) dolgozott ki egy grafikus módszert (1. ábra).



1. ábra

b) Adams és Williamson (3) a következő összefüggést állapították meg:

$$\frac{1}{\delta} - \frac{1}{\delta_0} = At$$

ahol  $\delta_0$  a polarizációs úton mért kettőtörés útkülönbsége hőntartás előtt  $m\mu/cm$ -ben,  $\delta$  úthosszkülönbség hőntartás után,  $m\mu/cm$ -ben,  $t$  a hőntartás ideje (perc).

c) Twyman (4) az  $A$  konstans értékére a  $\log A = M_1 t - M_2$  összefüggést találta, ahol  $M_1$  és  $M_2$  állandók. (L. 1. táblázat).

## 2. A hőntartás hőfoka

Az Adams—Williamson és Twyman egyenletek összevonásából a hőntartás idejére:

$$t = \frac{\left(\frac{1}{\delta} - \frac{1}{\delta_0}\right) 10^{-M_2}}{10^{M_1}}$$

összefüggést kapjuk.

\*  $M_1$  és  $M_2$  értékeit néhány ismert összetételű üvegre lásd Tooley Handbook of Glass Manufacture New-York 1953. 406 old.



a) Ez a módszer gyakorlati számítások céljaira eléggé bonyolult. Ezért Mc Master (5) az  $A$  konstans értékének megállapítására az :

$$A = \frac{1}{260 a^2}$$

összefüggést ajánlja, ahol  $a$  az üveg vastagságának a felét jelöli (cm-ben) ;  $A$  hőtartás idejének számításához Mc Master a

$$t = \frac{520 a^2}{\delta}$$

képletet állította fel.

b) Lillie (6) egyenletet állított fel a hőtartás idejének meghatározására

$$t = \frac{e^{0,07(T-T_h)}}{5,46 \cdot 10^{-3} F} \text{ (másodperc)}$$

ahol  $T$  a hőtartás hőmérséklete,

$T_h$  az üveg hűtési pontja,

$F$  a megengedett visszamaradó feszültség  $\text{kg/mm}^2$ -ben.

$t$  a hőtartás ideje másodpercben.

c) Kitajgorodszkij a hőtartás idejének megállapításához a  $102 \cdot a^2$  összefüggést ajánlja. Az  $a$  alatt az üveg félvastagsága értendő.

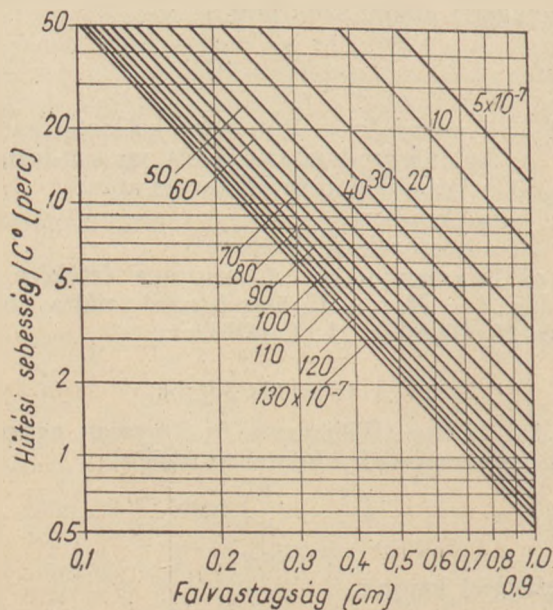
d) Dickson (7) kielégítőnek tartja a

$$t = \frac{\eta}{6 \cdot 10^{12}}$$

összefüggést, ahol  $\eta$  a hőtartásnak megfelelő a viszkozitási együttható (poise) és  $t$  az a hőtartási idő, amely alatt a feszültségnek a törési szilárdság  $1/100$  részére csökkennek (kb.  $6 \text{ kg/cm}^2$ ).

### 3. A hűtési sebesség meghatározása :

a) Redston és Stanworth diagrammot szerkesztettek, ahol a hőkiterjedési együttható izogörbéi segítségével a hűtési sebesség a falvastagság függvényében leolvasható (2. ábra).



2. ábra

b) Murgatroyd (8) a hűtési sebesség kiszámítására a

$$S_{ht} = \frac{60 \cdot \alpha \cdot \lambda \cdot \sigma_h}{50 \cdot N \cdot \alpha \cdot E \cdot \gamma \cdot C \cdot a^2}$$

képletet állította fel,

ahol  $\sigma_h$  az üveg szakítási szilárdsága  $\text{kg/mm}^2$ ,

$S_{ht}$  a hűtési sebesség ( $^\circ/\text{perc}$ -ben),

$\alpha$  a megengedett visszamaradó feszültség  $\%$ -ban,

$\lambda$  az üveg hővezetési együtthatója  $\text{kal/cm} \cdot \text{C}^\circ \cdot \text{mp}$ ,

$n \cdot \alpha$  az üveg lineáris hőtágulási együtthatója a hűtési pont körül.

$E$  az üveg rugalmassági modulusa,

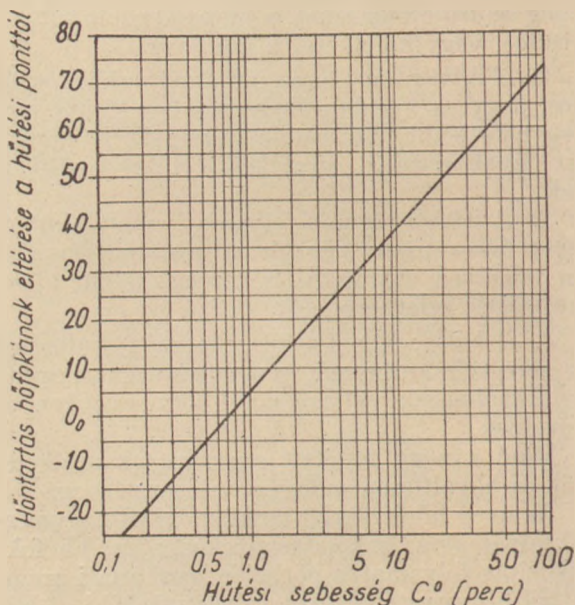
$\gamma$  az üveg fajsúlya,

$C$  az üveg fajhője  $\text{kal/g} \cdot \text{C}^\circ$ -ban,

$a$  az üveg félvastagsága cm-ben.

c) Körner (9) a Murgatroyd képlet figyelembevételével közönséges öblösüvegekre az  $\frac{1,3}{a^2}$

számítási eljárást ajánlja a hűtési sebesség kiszámításához, amelyben  $a$  az üveg félvastagságát jelenti cm-ben.



3. ábra

d) Mc Master a hűtési és hűlési sebességet úgy számítja, hogy a hőfok csökkenésével a sebesség fokozatosan növekszik. Képlete csak a hűtés első 10 fokára adja meg a sebességet és azt 10 fokonként 1.2, 1.5, 1.9, 2.5, 3.3, 4.5, 6.1, 8.5 stb. szörösére növeli. A kiindulási sebességet a

$$S_{ht} = \frac{\delta}{13 a^2} [\text{C}^\circ/\text{perc}]$$

képlettel számítja, amelyben  $a$  félvastagság

e) Lillie az

$$S_{ht} = \frac{F}{1,8 (\alpha \cdot 10^7) a^2} [\text{C}^\circ/\text{perc}]$$

képletet használja a hűtési sebesség kiszámítására.



hoz, amelyben  $F$  a megengedett visszamaradó feszültséget jelenti  $\text{kg/mm}^2$ -ben.

f) Kitajgorodszkij a hűtési sebesség kiszámításához a  $\frac{0,33}{a^2}$  összefüggést ajánlja, ahol  $a$  az üveg vastagságát jelenti.

g) Dickson a hűtési sebességet az

$$\delta_{ht} = \frac{\eta}{10^{24} x^2 a^2}$$

képlettel számítja, ahol  $\eta$  a hőntartás hőfokán uralkodó viszkozitást (poise-ben),

$x$  az üveg átlagos hőtágulási együtthatóját,  $a$  pedig az üveg vastagságát jelenti.

#### 4. A hűlési sebesség meghatározása

Az üvegek hűtését általában  $100\text{ }^\circ\text{C}$ -os szakaszon végzik. A hűlési sebesség számítására kizárólag Mc Master közöl számítási lehetőséget (l. előző pont). Kitajgorodszkij általában  $10\text{--}15\text{ }^\circ\text{C}/\text{perc}$  ajánl. Stanworth és Redston keményüvegre  $2\text{ mm}$  falvastagság esetén  $48\text{ }^\circ\text{C}/\text{perc}$  értéket ad meg. Körner (8) szerint a hűlési sebesség  $0,2\text{ cm}$  falvastagságnál megegyezhet a hűtési sebességgel,  $0,5\text{ cm}$ -nél ennek kétszerese és  $2\text{ cm}$ -nél pedig kilencszerese stb. lehet.

#### 5. A hűtési folyamat össziidejének kiszámítása:

A hűtőkemence tervezésénél ismerni kell a különböző hűtési szakaszok és a teljes hűtés idejét, hogy ennek alapján számíthassuk ki alagúthűtők-nél a hűtő hosszát, a szalag sebességét és a hűtési folyamat idejét.

A különböző számított sebességekből egy szakasz idejét úgy számítjuk ki, hogy a megfelelő kezdő és véghőmérsékletének különbségét a hőfokváltozás sebességével elosztjuk.

#### Számítási példa

A különböző számítási módszerek összehasonlítására egy TOKOD  $A_2$  jelű és

SiO <sub>2</sub> .....	76,43%
CaO .....	4,02%
MgO .....	2,81%
K <sub>2</sub> O .....	3,62%
Na <sub>2</sub> O .....	13,12%

összetételű üvegre kiszámítottuk a különböző hűtési feltételeket.

Cseretényezők segítségével (10) kiszámítva, az üveg hűtési pontja  $546\text{ }^\circ\text{C}$ , hőkiterjedési együtthatója  $\alpha = 82 \times 10^{-7}$ .

A Mc Master féle számításokhoz az  $M_1$  és  $M_2$  értékét az irodalom alapján (5)  $M_1 = 0,029$ ,  $M_2 = 17,35$ .

A különböző szerzők ismertett eljárásainak segítségével számítás útján a következő táblázatokat kaptuk.

1. táblázat

Felmelegítési sebesség és az ebből számított idő			
S z e r z ő	Falvastagság (cm)		
	0,2	0,5	1
Felmelegítési sebesség ( $^\circ\text{C}/\text{perc}$ )			
Kitajgorodszki .....	500	80	20
Felmelegítési idő (perc)			
Kitajgorodszki .....	1,1	6,6	20,6

2. táblázat

Hőntartás hőfoka ( $^\circ\text{C}$ )			
S z e r z ő	Falvastagság (cm)		
	0,2	0,5	1
Redston & Stanworth .....	594	569	549
Mc Master .....	584	556	536

3. táblázat

Hőntartás ideje (perc)				
S z e r z ő	Remanens feszültség $\text{m}\mu/\text{cm}$	Falvastagság (cm)		
		0,2	0,5	1
Redston & Stanworth ....	2,5	0,4	7	14
Mc Master .....	50	0,12	0,65	2,6
Mc Master .....	100	0,052	0,325	1,3
Kitajgorodszkij .....	—	1,02	6,4	25,5
Dickson* .....	—	—	1,67	—
Lillie* .....	—	—	8,8	—
Körner .....	—	Elhanyagolja a hőntartást		

\* A falvastagságot nem veszik figyelembe.

4. táblázat

Hűtési sebesség ( $^\circ\text{C}/\text{perc}$ )				
S z e r z ő k	Remanens feszültség $\text{m}\mu/\text{cm}$	Falvastagság (cm)		
		0,2	0,5	1
Redston & Stanworth	2,5	20	3,5	0,85
Körner .....	—	32,5	5,2	1,3
Dickson .....	—	3,72	0,595	0,149
Kitajgorodszkij ....	—	8,25	1,32	0,33
McMaster (kezdő-sebesség) .....	50	385	162	15,4
McMaster (kezdő-sebesség) .....	100	269	123	30,8

5. táblázat

Hűtési idő  
(Sebességekből számítva,  $100\text{ }^\circ\text{C}$ -os hűtési hőszakaszt véve)

S z e r z ő k	Falvastagság (cm)		
	0,2	0,5	1
Redston & Stanworth .....	5	28,6	117,6
Körner .....	3,1	19,2	76,9
Dickson .....	26,9	168	570
Kitajgorodszkij .....	12,1	75,7	313



6. táblázat

McMaster-féle gyorsuló hűtési sebességek

Hőfokváltozás	Remanens feszültség (m $\mu$ /cm)					
	50			100		
	Falvastagság (cm)					
	0,2	0,5	1	0,2	0,5	1
Kezdősebesség	385	162	15,4	260	123	30,8
10—20 C° esés	462	194	19,5	312	148	37
20—30 C° esés	577	243	23,1	390	184,5	46,2

7. táblázat

Hűtési folyamat összideje (100 C°-ig/perc)

S z e r z ő	Falvastagság cm	Felmelegítési	Hőntartási	Hűtési	Hűlési	Összesen
Kitajgorodszkij .	0,2	1,1	1,02	12,1	23,1	37,3
Kitajgorodszkij .	0,5	6,3	6,4	75,7	34,6	123,3
Kitajgorodszkij .	1	26	25,5	31,3	34,6	399,1
Körner . . . . .	0,2	5	—	3,1	23,1	31,2
Körner . . . . .	0,5	15	—	19,2	34,6	68,8
Körner . . . . .	1	23	—	76,8	69,2	169,0

A számítások eredményei azt mutatják, hogy az azonos összetételű üvegre számított hűtési feltételek a különböző szerzők módszerei alapján erős szórást mutattak. A kapott eredmények kiértékelése alapján az alábbi idők látszanak célszerűnek.

8. táblázat

	Falvastagság (cm)		
	0,2	0,5	1
Felmelegítési idő . . . . .	1,1	6,6	26
Hőntartás ideje . . . . .	0,4	7	14
Hűtési idő . . . . .	5	28	116
Hűlési idő . . . . .	23	35	69
Összesen (perc) . . . . .	30	80	225

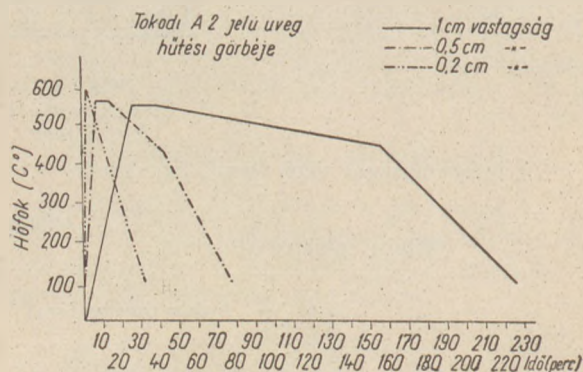
Hőntartás hőfoka 0,2 cm falvastagságnál 590 C°, 0,5 cm falvastagságnál 560 C°, 1 cm falvastagságnál 550 C°.

A 4. ábra az A2-jelű üveg optimális hűlési görbét tünteti fel három különböző falvastagságra.

Az ismertetett módon bármely összetételű üveg hűtési feltételei meghatározhatóak. A számítások útján kapott értékek azonban csak kiindulási pontoknak tekinthetők és a végleges értékek feszültségméréssel egybekötött kísérletekkel kell megállapítani.

IRODALOM

- (1) *Kitajgorodszkij*: Üvegtechnológia. Építésügyi Kiadó. 1954.
- (2) *Redston & Stanworth*: J. Soc. Glass. Technol. 32. (1948) 32—39.
- (3) *Adams & Williamson*: J. Franklin Inst. 190. (1920) 597—631 ; 835—870.
- (4) *Twyman*: J. Soc. Glass. Technol. I. (1917) 61.
- (5) *McMaster*: Handbook of Glass Manufacture (Toolley) Ogden P. Co., N. Y. 1953.
- (6) *Lillie*: Glass Industry. 31. (1950) 355—358 ; 382.
- (7) *Dickson*: Glass Hitchinson's Sci. Techn. Publ. 1951.
- (8) *Murgatroyd*: J. Soc. Glass Technol. 14. (1930) 3.
- (9) *Körner*: Silikattechnik. 5. (1954) 147—150.
- (10) *Knapp*: Az üvegek számított fizikai és kémiai tulajdonságai. (Mérnöktoábbképző, 1952.)



4. ábra

K Ö Z L E M É N Y

a Magyar Szabványügyi Hivatal külföldi szabványtáráról

Felhívjuk az érdeklődők figyelmét, hogy a Magyar Szabványügyi Hivatal, mint a Nemzetközi Szabványosítási Szervezet (ISO) tagja, 37 állam szabványügyi szervezetével áll összeköttetésben és szabványtárában 34 állam szabványai találhatóak meg, amelyek száma megközelíti a százezret. A szabványok DK-rendszer (Tizedes Osztályozás) szerint nyerne besorolást, így a karterékkatalógusban az egy tárgykörhöz tartozó, különböző országokban megjelent szabványok egy helyen gyorsan és könnyen megtalálhatók. Ezenkívül országonként számsorrendi katalógus is áll rendelkezésre, amelynek alapján a szabvány számának ismeretében a szabvány tárgya megállapítható.

A szabványok a Magyar Szabványügyi Hivaltól kölcsönképpen megkaphatók. Általában több példány-

ban állnak rendelkezésre, amennyiben azonban csak egy példány van meg — költségtérítés mellett — lefotóztathatók.

A Magyar Szabványügyi Hivatal szabványtára az érdeklődő műszaki szakembereknek, tudományos kutatóknak, külkereskedelmi szerveknek, a népgazdaság bármely ágában működő érdeklődőknek nagy segítséget jelent tudományos és szakirányú munkájukhoz.

A szabványtár hétköznap — szombat kivételével — d. e. 9—13 óráig, szombaton 9—11 óráig áll az érdeklődők rendelkezésére.

Felvilágosítást ad : Lázár Györgyné, Magyar Szabványügyi Hivatal (telefon : 189—800, 174-es m. á.).



## Leesztergált forgókemencegörgők beállítása

VIDOVSKY FERENC

A timföld- és cementipari forgókemencék görgőinek hengeres felületét, ha azon az idők folyamán gyűrődések vagy kopások keletkeznek, simára esztergáljuk. Ennek következtében természetesen a görgő átmérője csökken. Felmerült a kérdés, hogy miképpen kell beállítani az eredetinél kisebb átmérőjű görgőt ahhoz, hogy a futógyűrű s ezzel együtt a dob eredeti helyén maradjon, és így a kemence kigyózását megelőzzük.

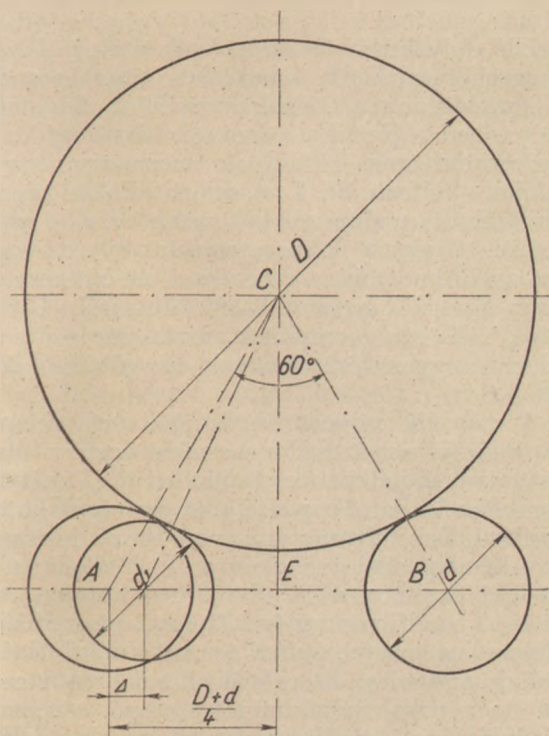
Gyakorlatilag legegyszerűbb a görgőt csapágházzal együtt vízszintes irányban eltolni a kemence tengelyét magában foglaló függőleges sík felé. Kérdés csak az, hogy adott görgőátmérőcsökkentésre mekkora legyen az eltolás mértéke.

A javítások alkalmával végzett kísérletek során arra a meglepően egyszerű megállapításra jutottunk, hogy a görgő vízszintes irányba való eltolásának mértéke egyenlő az eredeti és lemunált görgőátmérő közötti különbséggel. Ezen átmérőket  $d$ -, illetve  $d_1$ -el, a görgőtengely eltolását  $\Delta$ -val jelölve

$$\Delta = d - d_1 \quad (1)$$

E tétel bizonyítására abból indulunk ki, hogy a futógyűrű középpontja ( $C$ ) (1. ábra), valamint a két görgő középpontja ( $A$ ,  $B$ ) a forgókemencénél eredetileg egyenlőoldalú háromszöget alkot. Ez esetben:

$$\left(\frac{D+d}{2}\right)^2 - \left(\frac{D+d}{4}\right)^2 = \left(\frac{D+d_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{D+d}{4} - \Delta\right)^2 \quad (2)$$



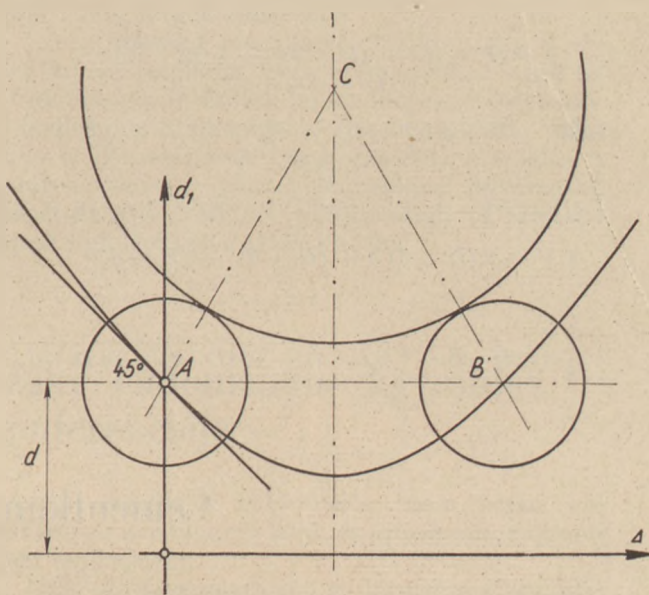
1. ábra

ahol  $D$  a gyűrűátmérő. Ebből:

$$\Delta = \frac{D+d}{4} - \frac{1}{2} \sqrt{(D+d_1)^2 - \frac{3}{4}(D+d)^2} \quad (3)$$

ami azt mutatja, hogy a görgőeltolás az új görgőátmérő függvényében parabola. Ábrázolása céljából számítsuk ki a függvény differenciálhányadosát:

$$\Delta' = -\frac{1}{2} \frac{D+d_1}{\sqrt{(D+d_1)^2 - \frac{1}{4}(D+d)^2}} \quad (4)$$



2. ábra

A 2. ábra a parabolát tünteti fel.

$d_1 = d$  esetén az eltolás  $\Delta = 0$ ,

ugyanakkor  $\Delta' = -1$ , vagyis e pontban a parabola érintője  $45^\circ$ -os szöget zár be a függőlegessel.

Mivel az átmérő csökkentése a gyakorlatban nem haladja meg az eredeti átmérő 2%-át, vagyis

$$\frac{d-d_1}{d} < 0,02, \quad (5)$$

e rövid szakaszon a görbét azonosíthatjuk érintőjével.  $d = d_1$  esetén  $\Delta' = -1$ , az érintő egyenlete  $A$  pontban

$$\Delta = d - d_1, \quad (6)$$

azonos (1)-gyel.

Ellenőrzésképpen kiszámítjuk  $\Delta$  értékét a (3) és (6) egyenletből a valóságot megközelítő esetre. Vegyük fel például, hogy:

$$d = 900 \text{ mm}$$

$$D = 3d = 2700 \text{ mm}$$

$$d_1 = 880 \text{ mm}$$

$$(6)\text{-ból } \Delta = 900 - 880 = 20 \text{ mm}$$

$$(3)\text{-ból } \Delta = 20,15 \text{ mm.}$$



A különbség 0,15 mm, ami a gyakorlatban az

$$AB = \frac{D+d}{2} = 1800 \text{ mm}$$

görgőtengely távolságnál nem érzékelhető.

Az egyszerű

$$\Delta = d - d_1$$

képlet tehát a gyakorlatban jól alkalmazható.

*A számítások részletezése*

Alap egyenlet:

$$\left(\frac{D+d}{2}\right)^2 - \left(\frac{D+d}{4}\right)^2 - \left(\frac{D+d_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{D+d}{4} - \Delta\right)^2 = 0$$

$$4(D+d)^2 - (D+d)^2 - 4(D+d_1)^2 + (D+d-4\Delta)^2 = 0$$

$$3(D+d)^2 - 4(D+d_1)^2 + (D+d)^2 - 8\Delta(D+d) + 16\Delta^2 = 0$$

$$4(D+d)^2 - 4(D+d_1)^2 - 8\Delta(D+d) + 16\Delta^2 = 0$$

$$4\Delta^2 - 2(D+d)\Delta + (D+d)^2 - (D+d_1)^2 = 0$$

$$\Delta =$$

$$= \frac{1}{8} [2(D+d) - \sqrt{4(D+d)^2 - 16(D+d)^2 + 16(D+d_1)^2}]$$

$$\Delta = \frac{D+d}{4} - \frac{1}{8} \sqrt{16(D+d_1)^2 - 12(D+d)^2}$$

$$\Delta = \frac{D+d}{4} - \frac{1}{2} \sqrt{(D+d_1)^2 - \frac{3}{4}(D+d)^2}$$

Differenciál hányados:

$$\Delta' = -\frac{1}{2} \frac{D+d_1}{\sqrt{(D+d_1)^2 - \frac{3}{4}(D+d)^2}}$$

ha  $d_1 = d$

$$\Delta' = -\frac{1}{2} \frac{D+d}{\sqrt{(D+d)^2 - \frac{3}{4}(D+d)^2}} = -1$$

Számérték:

$$D = 3d$$

$$\Delta = d - \frac{1}{2} \sqrt{(3d+d_1)^2 - \frac{3}{4}(4d)^2}$$

$$\Delta = d - \frac{1}{2} \sqrt{d_1^2 + 6d(d_1 - 3d)}$$

ha  $d = 1 \text{ m}$ ,  $d_1 = 0,98 \text{ m}$

$$\Delta = 1 - \frac{1}{2} \sqrt{0,98^2 + 6 \cdot 0,98 - 3}$$

$$\Delta = 1 - \frac{1}{2} \sqrt{3,8404} = 1 - 0,97985 =$$

$$= \Delta 0,02015 \text{ m.}$$

## Cementkémiai értekezéslet

BUTT, J. U.

A Szovjetunióban Budnyikov, P. P., Jung, V. N., Rebinder P. A., Toropov, N. A., Szkrantajev B. G. és számos más tudós vezetése alatt a kötőanyag-technológiai és a kötőanyag felhasználásával készülő gyártmányok területén tudományos iskolákat létesítettek. Az iskolák képviselői komplex tudományos kutatásokat végeznek a laboratóriumi kísérletektől a gyártástechnológiai folyamatok kidolgozásáig és újfajta új cementeknek a termelésbe és az építésbe történő bevezetéséig.

F. év januárjában tartották meg Moszkvában az első cementkémiai értekezésletet, melyen a tudományos intézetek, főiskolák és az építőanyagipari vállalatok 550 dolgozója vett részt. A megtartott beszámolók és előadások négy kérdéssel foglalkoztak.

Az első csoport beszámolója a portlandcement klinker égetésekor lejátszódó folyamatokat vizsgálták. Jung V. N. egyetemi tanár a klinkerégetés folyamatának tanulmányozásáról számolt be, valamint a nyerskeverékeknek lebegő állapotban történő égetésére vonatkozó javaslatok jelentőségét méltatta. Toropov N. A. egyetemi tanár a portlandcement klinkerben lévő célt összetételéről és kristályosodási feltételeiről, Ponomarev, I. F. egyetemi tanár a cementklinker égetésekor

képződő folyékony fázisról. Volkonszkij, B. V. a magashőmérsékletű ionizációs röntgenberendezés segítségével a trikálciumszilikát felépítése tekintetében végzett kutatásokról, Giszting, A. M. a mineralizátorok hatásának mechanizmusáról, Golünko—Volfzon, Sz. I. a cementklinker képződésének fluortartalmú sók bekeverésével való gyorsításáról, Gzsimek I. egyetemi tanár, (Krakkói Kohászati Akadémia) a gyors- és a téli építkezések céljaira szolgáló cementek előállításáról, Konovalov P. F. a cementeknek ionizációs röntgenstrukturális gyorsselemezéssel való vizsgálatáról számolt be.

A második csoport beszámolóiban a cement szilárdulási folyamataival és a cement égetési tulajdonságaival foglalkoztak. Rebinder P. A. akadémikus előadásában tárgyalta a kötőanyagok kötési és szilárdulási folyamataira vonatkozó korszerű fizikai-kémiai elképzeléseket a kolloidkémia legutóbbi években elért vívmányai alapján, továbbá a szulfitszennylég típusú plasztifikáló adalékanyagok befolyását a cement szilárdulására és tulajdonságaira. Szeralova, E. E. részletesen vizsgálta a trikálciumaluminát szerepét a cement szilárdulásakor és pedig a képlékenyítő adalékanyagok tekintetbe vételével és képlékenyítő ada-



lékanyagok nélkül. Sesztoperov, Sz. V. beszámolójában a beton tartósságára vonatkozó kérdésekkel foglalkozott. Lopatynikova L. J. a kalciumaluminátok és az alumíniumferritek hidratációjáról, Sztrelkov N. I. a kötőanyagok szilárdulási folyamatáról végzett kutatásokról. Kuncsevics O. V. a cement térfogatnövekedéséről tartott előadást.

A harmadik csoport beszámolója a kötőanyagok természetét és a diszperz testekben lejátszódó fizikai és kémiai folyamatokról szóló általános elméleti kérdéseket foglalták magukba. Moscsanszkij N. A. a kötőanyagok természetéről szóló beszámolóját Mendelejev periódikus rendszerének szempontjai szerint állította össze. Ilin B. V. egyetemi tanár beszámolt a diszperz testek fizikájáról és ennek alkalmazásáról a kötőanyagokra.

A negyedik csoport beszámolója a hidrotermikus kezelési feltételek mellett szilárduló kötőanyagokból készült termékek technológiájával foglalkoztak. Budnyikov P. P. akadémikus az autoklávolt agyagmész készítményeket ismertette. Mironov Sz. A. egyetemi tanár beszámolója a hőmérsékletnek és a kémiai anyagoknak a beton-szilárdulás folyamataira gyakorolt hatásával foglalkozott. Bozsenov P. I. egyetemi tanár az autokláv kezelésre alkalmas cement összetételéről és a gőzöléskor alkalmazandó magasabb nyomások

szükségességéről tartott előadást. A betongőzlésre vonatkozó kérdésekkel foglalkozott előadásában Malinovszkij Roman is.

A megtartott beszámolók alapján kifejlődött vita során az értekezlet számos más résztvevője is felszólalt. Zsencsikovszkij Vaclav egyetemi tanár ismertette a lengyel tudósoknak kazánsalakból és mészből előállított kötőanyag kutatása terén végzett munkáit, továbbá a granulált kohósalak nedves őrlését a portlandcementbe a betonkészítés előtt történő utólagos adagolásával. Hodorov E. I. beszámolt a Giprocementben kidolgozott új portlandcement klinker égetési eljárásról: a granulált nyerskeveréket forró gázokkal lebegő állapotban, vagy pedig ún. forró rétegben hevítik és ezután forró dobben zsugorítják. Lurje M. J. egyetemi tanár javasolta, hogy a cementet két szakaszban égessék, először toronyban lebegő állapotban, majd rövid forgókemencében.

Az értekezlet megállapította, hogy bár a cementkémia területén nagy vívmányokat értek el, a tudományos intézetek mindeddig nem dolgozták ki kellően a klinkerégetés folyamatainak, valamint a betonszilárdulás elméleti alapjait. A határozatban új gyártástechnológiai folyamatok kidolgozását, megadott tulajdonságú új cementfajták kidolgozását tűzték ki célul.

## A Szovjet Építőanyagipari Műszaki Tudományos Egyesület össz-szövetségi konferenciája

Leningrádban 1955. június 7-én és 8-án tartotta meg az Építőanyagipari Műszaki Tudományos Egyesület össz-szövetségi konferenciáját. A konferencián résztvettek a gyári műszaki-tudományos csoportok képviselői, a főiskolák és egyetemek, valamint a tudományos kutató intézetek képviselői, továbbá a szilikátiparok szakemberei, mérnökei és sztahanovistái, újitói.

A konferenciát az Egyesület elnöke, *Budnyikov* professzor, az Ukrán Tudományos Akadémia tagja nyitotta meg. Bevezetőjében hangsúlyozta, hogy az 1947. évben megtartott legutóbbi konferencia óta az Egyesület jelentős mértékben megerősödött. Csupán 1954. év folyamán tagjai száma 336 fővel növekedett, alapszervezeteinek száma pedig 151-ről 168-ra emelkedett. Ugyanebben az időben különböző műszaki kérdések megvitatására 13 ankétot és 639 előadást tartottak.

Az Egyesület tagjai által kidolgozott 605 munkából ipari alkalmazásra 306 került és ezeknek összes gazdasági eredménye 16 millió rubel volt. Legjobban a lvov-i, kirgiziai és litvániai szervezetek dolgoztak. Ennek ellenére az Egyesület még mindig nem tekinthető az építőanyagipari műszakiak széleskörű tömegszervezetének, ezért feltétlenül szükséges az alapszervezetek megerősítése, a sztahanovisták és újitók bevonása, az új technika erősebb propagálása, a belföldi és külföldi tapasztalatok szélesebbkörű elterjesztése. Az Egyesület még mindig kevésszámú vitát rendez

műszaki kérdések eldöntésére, nem segíti elő kellőképpen a sztahanovisták és újitók munkájának ipari realizálását.

*Sz. A. Grazsdanszkij*, a bronz-ei (Litvánia) Építőanyagipari Kombinát főmérnöke arról a nagy munkáról számolt be, melyet az egyesület tagjai a műszaki fejlesztés terén elvégeztek. Kidolgozták például a portlandcementklinker égető forgókemence kónuszos részébe beépítésre kerülő többszörös spirális terveit, mely megakadályozza, hogy a kemence tágabb részéből a szűkebb részbe kerülő anyag tömörödjék, valamint a gyűrűképződést. Ennek az eljárásnak bevezetése lehetővé tette a láncfüggöny meghosszabbítását és jelentősen csökkentette a porzást.

Nagy eredményeket értek el az azbeszt-cementtermelésben dolgozó műszakiak is. *Grazsdanszkij* főmérnök a következő számokat említette meg: egy lemezkészítő gép 1954. év folyamán 25,4 millió m<sup>2</sup> szabványméretű lemezt állított elő, óránként évi átlagban pedig 4125 darabot. Az egy főre eső évi termelés 202 000 darab volt. Jelentősen emelkedett a tetőfedő lapok használati ideje is. Ezekkel az eredményekkel a bronz-ei dolgozók az első helyet vívták ki maguknak az egész országban.

Jelentős eredményeket értek el továbbá az azbesztcementgyártás gépesítésében is, üzembehelyezték az első komplex automatizált technológiai vonalat, melyben hullámosító gép is működ-



ködik. A gépesítésre az Egyesület munkabizottságot hozott létre, mely a tervek kidolgozásán kívül a megvalósításban, a szerelésben és üzembehelyezésben is résztvett. Az azbesztcementgyártás dolgozói országszerte nagy érdeklődést mutatnak a hullámosító gép iránt, a termelési igazgatóság azonban a gépet immár 10 hónapi működése óta még meg sem tekintette, ami nem kizárólag az igazgatóság hibája, hanem az Egyesület Elnökségé is. A jövőben a műszaki tapasztalatcserére nagyobb súlyt kell fektetni.

*J. I. Andruszenko* előadásában megemlítette, hogy munkatársával, Tamarinnal együtt immár 20 éve igyekeznek megvalósítani a táblaüveg mindkét oldali folyamatos csiszolására alkalmas gépet. Ugyanezen idő alatt az Üvegkutató Intézet a kevésbé termelékeny egyoldali csiszolóberendezéseket fejlesztette ki. Az Andruszenko-Tamarin-féle gép megvalósítása esetén, még ha csupán a csiszolásra és nem a polírozásra alkalmas, az  $1 \text{ m}^2$ -re eső csiszolási költségek hatodrésze csökkennek. Kéri az Egyesületet, hogy a gép kikísérletezésének és megvalósításának kérdését maga vegye kézbe.

*K. A. Nohratjan*, az Orosz Építőanyagipari Tudományos Kutató Intézet munkatársa hangsúlyozta, hogy az Egyesület, a műszaki tudományos kérdések tanulmányozásában és kidolgozásában végzett munka eredményeként nagy tekintélyt szerzett magának. Megemlítette az egyesületi munkát például a finomkerámiai tokmasszák kikísérletezésére és azt a konferenciát, melyen a Duvanov-féle gyorségetés elméleti alapjait tisztázták.

Hangsúlyozta, hogy a szilikátmasszák alkalmazásával az építőanyagipar műszaki fejlődésének új fejezete nyílik meg. Ha  $1 \text{ m}^3$  vasbetontermék előállításához 250–300 kg 400-as portlandcementre van szükség, ugyan ilyen szilárdságú terméknek szilikátos anyagból való előállításához a mésszel együttesen figyelembevett kötőanyag-szükséglet mindössze 125 kg. Ez arra mutat, hogy az adalékanyag, mely a közönséges betonban inaktívnak tekinthető, a szilikátos anyagok hozzáadásának hatására kötőképesé válik minden bizonnyal a mésszel való kölcsönhatás révén. Ennek a technológiának propagálása és elterjesztése hálás munkaterülete lenne az Egyesületnek.

*V. N. Jung* professzor felszólalásában az Egyesület szerepét taglalta a tudományos kutatások eredményeinek elterjesztésében, valamint a kutatási feladatok kitűzésében. Véleménye szerint a kutatók képesek lennének olyan cementek kidolgozására, melyekből vas alkalmazása nélkül a jelenlegi vasbetontermékek szilárdságával rendelkező betontermékek előállíthatók. A vasbetonelemgyártás műszaki fejlesztésében ennek a kérdésnek döntő jelentőséget tulajdonít.

*V. A. Dubrovskij* (Konsztantinovka) felsorolta az egyesületi tagok által végzett hatalmas munkát a Don-medence üvegiparának műszaki fejlesztése

terén. Új polírozó anyagot, a „polirit“-et kidolgozták és a gyártásba bevezették, a különböző polírozási ágazatokban pedig az anyag alkalmazásával jelentős gazdasági eredményeket értek el. Érdekes kísérleteket kezdett meg az üveg szintelenítésére vonatkozólag cementalapú oxidos anyagok segítségével.

Az Orosz Szövetségi Köztársaság építőanyagipari miniszterhelyettese, *N. V. Grohotov* felkérte az Egyesületet, hogy az aktíva a Torbij és munkatársai által kidolgozott, fokozott nedvességtartalmú masszából való téglagyártási módszernek elvi megalapozásához és gyakorlati kivitelezéséhez adjon segítséget.

*M. R. Klocskov* (Volksz) felhívta a figyelmet a cementgyári porkérdések tanulmányozásának jelentőségére. A volszki cementgyárban széles körben alkalmazzák a ciklonokat, szkrubbereket és többfokozatú szűrőzsákokat, melyekkel jelentős mértékű portalanítást sikerült elérni, különösen a gyár közelében levő lakótelepen.

*V. P. Koroljev* felhívta az Egyesület Elnökségének figyelmét arra, hogy szükségesnek tartja az Egyesületen belül vasbetonszakosztály szervezését.

*J. M. Butt*, az Egyesület helyettes elnöke hozzászólásában hangsúlyozta, hogy a vasbetonszakosztályon kívül még más új szakosztályok szervezése is szükségessé válik a jövőben, mint például nyersanyagszakosztályé, és egészségügyi kerámiai szakosztályé.

A konferencián felszólalt *K. V. Nyikulin*, a Szovjetunió Össz-szövetségi Építőanyagipari miniszterhelyettese. Tájékoztatta a résztvevőket a hatodik ötéves terv számadatairól, melyek az építőanyagipari műszakiak számára hatalmas feladatokat jelentenek. 1960-ra az építőanyagiparnak el kell érnie átlagban az 1955. évi termelés 2,2-szeresét. Ezen belül az azbesztcementtermelés 3,5-szörösre, a falazóblokkok termelése 12-szeresre növekszik. Az Egyesületnek a hatalmas beruházások tervezésénél, főleg títustervek készítésénél is nagy feladatai vannak.

*K. V. Nyikulin* megemlítette, hogy az Egyesületnek a korszerű fizika, főleg az atomfizika eredményeit az építőanyagiparon belül el kell terjesztenie. A technológiai folyamatok ellenőrzésére fel kell használni a radioaktív izotópokat elsősorban a cement és üveggyárakban, de a többi iparágakban is.

Az építőanyagiparnak hatalmas segítséget kell nyújtania a mezőgazdaság fejlesztése számára is. *K. V. Nyikulin* felkérte az Egyesületet, hogy dolgozza ki a cement és azbeszt felhasználása nélküli tetőfedő anyagot, főleg szilikátos anyagok és salakgyapot alkalmazásával.

*P. P. Budnyikov* zárószavai után a Konferencia megválasztotta az Egyesület Elnökségét és Ellenőrző Bizottságát. Az Egyesület elnökévé *P. P. Budnyikovot*, alelnökévé *J. M. Butt*-ot és *N. N. Bunyejevet* választották.



## E számunkban közölt cikkek rövid tartalma

*Dr. Albert János:*

### Kerámiai hőszigetelő anyagok gyártásának alapelvei

A hőszigetelő anyagokat kicsi, többnyire 0,25 kcal/m<sup>2</sup>°-nál kisebb hővezetési tényezőjük jellemzi. A hőszigetelőképeséget elsősorban az anyag pórustérfogata vagy porozitása és anyagi összetétele szabja meg, de nagymértékben változik az anyag hőmérsékletével és nedvességtartalmával. A kerámiai hőszigetelő anyagok nagy hőállóságuk következtében közönséges és magas hőmérsékletek szigetelésére egyaránt felhasználhatók. Kémiai és ásványi felépítésük, továbbá felhasználásuk alapján három csoportba sorolhatók. Ezek az agyagkötésű kovaföldtégglák és idomtestek, közönséges agyagból előállított, nagy pórustérfogatú építőelemek és könnyű tűzálló téglák. A pórustérfogat növelésére többféle eljárás ismeretes. A három csoportba tartozó szigetelőanyagok gyártástechnológiája egymástól különböző. Mind a közönséges, mind a tűzálló kerámiai szigetelőanyagok alkalmazási területe igen nagy és egyre bővül.

*Adonyi, Balázs, Kilián:*

### Kémiai folyamatok gőzzel szárított cement- és mészkötésű építőanyagokban

A cement- és mészkötésű építőanyagok gőzszilárdítással történő előállításakor bekövetkező kémiai folyamatok megismerésére szerteágazó kutató munka folyik. Célszerű a különböző kutatók eredményeit összefoglalni az ismeretek rendszerezése, a látszólagos ellentmondások kiküszöbölése érdekében.

Foglalkozunk a mész ismeretének fontosságával. Összefoglaljuk a CaO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O és a CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O rendszerben a gőzszilárdítás szempontjából kis és nagy hőmérsékleten lejátszódó kémiai folyamatok tanulmányozásában elért eredményeket.

*Gyarmati Gyula:*

### Mész-helyettesítő kötőanyagok

A hazai nyersanyagokkal végzett kísérletek azt bizonyítják, hogy érdemes foglalkoznunk kisszilárdságú kötőanyagokkal a mész pótlására, illetve a mész és cementek közötti szilárdsági űr kitöltésére. A pernyéken és kohósalakon kívül, a nálunk eddig kötőanyagként nem ismert anhidrit is kiváló eredményt mutatott fel és az anhidrit kötőanyagok sokoldalú felhasználási lehetősége érdemessé teszik a további tanulmányozásra, illetve kísérletre.

A 9. számunk címlapján közölt fénykép helyes felirata:

### Egészségügyi áruk berakása alagútkemencébe

OZORAI GYULA:

## A kőbányászat kézikönyve

Az Ozorai Gyula vezetése alatt működött — és a legkiválóbb szakemberekből álló — munkabizottság különös gonddal írta meg ezt a könyvet, amely mindenképpen alkalmas arra, hogy az iparág minden dolgozójának hasznos útmutatója, segítőtársa legyen. A munka kilenc fejezetre oszlik és az egyes fejezeteken belül felöleli a vonatkozó témakör teljes anyagát. Az I. fejezet a kőbányászat általános jellemzését adja. Szerzője Ozorai Gyula. A II. fejezetet dr. Papp Ferenc és Kertész Pál írták. Tárgyköre a geológia. A III. fejezet szerzője Riesz Ede, aki a kő- és kavicsbányászat termékeit ismerteti. A IV. fejezetben az új kőbányaüzemek telepítésének irányelveit Barabás Ferenc közli. Benedek Dénes és Ozorai Gyula írták a letakarított munkákról szóló V. fejezetet, míg a VI. fejezetben a fúrást és robbantást ismertetik Adorján György és Erdély Imre. A VII. fejezetben a kőtermelés kérdésével foglalkozik Szabolcs Rezső, a VIII.-ban pedig Somogyi Kornél, valamint Havel József a kavics-termeléssel. Az utolsó — kilencedik — fejezetben Hajdu József részletezi a burkolatkozó termelésének kérdéseit.



## A Sztroityelnüe Matyerialü tartalmából

A Szovjetunió Össz-szövetségi Építőanyagipari Minisztériumának hivatalos havi folyóirata, a „Sztroityelnüe Matyerialü izgyelija i konsztrukcii“ (Építőanyagok, gyártmányok és szerkezetek) 1955. évi 7. számában számos érdekes cikket tartalmaz az építőanyagipar egyes ágazatainak műszaki fejlesztési kérdéseiről.

*Sz. Mirotvorszkiij*, valamint *I. Mamontov* és *E. Guckov* a vasbetonelemgyárak új technológiájáról, a folyamatos technológiáról és a sűrített levegővel történő betonformálásról közölnek cikkeket.

*Kiszeljov*, *I.* az ásványi nyersanyagok bányáinak komplex gépesítéséről ír. A gépesítésre kidolgozott títustervek alkalmazása jelentősen emelte az építőanyagipari nyersanyagok bányászatának termelékenységét. Kialakultak az egyes nyersanyagfajtákra leginkább bevált géptípusok és ezek alkalmazása egyre szélesebb körben elterjed. A szállítási gépesítések energetikai fejlesztése és a gépcsoportok alkalmazása további feladatokat jelentenek ezen a téren.

*N. Lobanov* és *Sz. Natanzon* „A munka termelékenységének szerepe a normalizálás kérdéseiben“ c. cikkükben a téglagyártás termelékenységének a normákkal való kapcsolatát fejtegetik. A cseremuskai téglagyár a munka termelékenységének fokozása terén jelentős eredményeket ért el. Míg 1950-ben a téglá szárítása műszárítóokban 112 óráig tartott, 1954-ben csupán 82 órát vett igénybe. 1950-ben 1 m<sup>3</sup> kemencetérben 1031 téglát, 1954-ben 1776 téglát égettek. Ezek a műszaki adatok a gyári normatívákat jelentős mértékben befolyásolták.

## A Silikattechnik 1955. októberi számának tartalmából

*H. Costa*: A lángból az üvegolvadéokra áramló hőmennyiség vizsgálata üzemi kísérlet segítségével. A vizsgálat célja az volt, hogy generátorgáz kátránytalanítása után a hőátadási folyamatokról mennyiségi képet nyerjenek. Az üzemi kísérlet során megállapítható volt, hogy a hőmérséklet alakulása az üveg szint alatti 1 cm-es rétegben, valamint a tényleges átlagos hővezetőképesség a gáz kátránytartalmától független. A kádfenek részén mutatkozó veszteségek nem világító láng alkalmazása esetén a kísérleti körülmények alkalmával 3,7%-al megnövekedtek. A tisztított generátorgáznak jelentős gazdasági és műszaki előnyei vannak.

*W. Hinz—H. H. Franck*: „Üvegcsálak mechanikai szilárdságának függése az előállításuk technológiájától.“ A vizsgált üvegcsálak annál nagyobb szakítószilárdsággal rendelkeztek minél viszkozusabb volt az az olvadék, melyből a csálakat húzták. Utólagos hőkezelés a csálak hajlékonyságát minden alkalommal kedvezőtlenül befolyásolta. Mikroszkópi felvételekkel kimutatható, hogy vákuumban fémnátrium gőzökkel kezelt felületű üvegcsálak vastagságuktól függő átmeneti belső feszültséggel rendelkeznek.

*Th. Haase—K. Petermann*: Képlékeny kerámiai masszák viszkozitásának függése a deformáció sebességétől. Különlegesen megszerkesztett rotációs viszkozio-méter segítségével mérték a képlékeny kerámiai masszák viszkozitását váltakozó sebességeknél. Nagyobb folyósodási sebességeknél a viszkozitás hirtelen csökkenése tapasztalható.

*I. Bazsbeuk—Mjelikova* és *Sz. Szolovjev* az üvegtáblák széleskörű felhasználásáról írnak. Vizsgálatokkal meghatározták az üvegtáblák fényáteresztő és fénydiszpergálóképességét, a hővezetőképességet a kettős ablakok hővezetőképességével való összehasonlítás alapján, valamint a hangelnyelőképességet. A cikk közli az üvegtáblablokkok legcélszerűbb beépítési módozatait.

A lap „Gyári gyakorlat“ című rovatában két közlemény szerepel a téglagyártásban alkalmazott egyenáramú alagútszáritókra, valamint a kőbányákban bevált villásemelő targoncákra vonatkozólag.

Az „Intézetek és laboratóriumok hírei“ rovatban *E. Krickij* olyan elektronikus automatikus műszer leírását közli, mely alkalmas a malmokba kerülő nyersanyag folyamatos és automatikus ellenőrzésére abból a szempontból, hogy vastörmeléket tartalmaz-e. A berendezés megóvja a malmokat a vastörmelék okozta korróziótól és törésektől.

Ugyanabban a rovatban hírt ad nagy kerámiai blokkoknak vibrációs eljárással való gyártására irányuló sikeres kísérletekről.

A lap ismerteti *M. M. Naumov*: Téglagyári alagútkemencék c. könyvét, külföldi lapszemlét ad és beszámol a moszkvai építészettechnikai kiállításról, valamint az Építőanyagipari Műszaki Tudományos Egyesület össz-szövetségi konferenciájáról, a vasbetonelemgyártó szakemberek össz-szövetségi konferenciájáról és az építőanyagipar egyéb ágazatainak konferenciáiról.

*K. Baumann*: Új technológia kialakítása a rugeni krétagyártás számára. A technológiai kísérletek főleg a nehéz fizikai munka gépesítésére és nagyüzemi folyamatos termelési módszerre való áttérésre irányultak.

*O. Martini*: Gyorsan szilárduló anhidritkötők építészeti gipsz pótlására. A kísérletek az anhidrit szilárdulóképességének szabályozására vonatkoztak. Az újonnan kidolgozott gipszpótló anyagot az építészet felhasználhatja.

*F. Kästner*: Fazekas samott előállítás.

*Th. Plaul*: Szulfátok keletkezése kéntartalmú szennel való égetésnél. A vizsgálatok összefüggést állapítottak meg a botét nedvességtartalma, a kemence hőmérséklet és az égetett termék szulfát tartalma között.

*A. Dürre*: A zónabeosztás betartása körkémencében és cikk-cakk kemencében, különös tekintettel a tartalék zónára. A berakás, kihordás és a tűz előre haladásának összegegyeztetésére táblázatos programozást javasol. Felhívja a figyelmet az egyenletes tűz előrehaladási sebesség jelentőségére ünnepnapokon.

*W. Kosack*: Homokok térfogatsúlyának és viszkozitásának változása különböző hőmérsékleteknél száraz homokok térfogatsúlya emelkedő hőmérsékletnél csökken, viszkozitásuk azonban emelkedik.

*M. Heuschkel*: Vákuum beton. A különlegesen zsáuzott frissen készített betonelemekből a víz vákuum alkalmazásával célszerűen eltávolítható. A vákuumozás segítségével a beton előállítás gazdaságilag előnyös.