

ANYAGTUDOMÁNY

Ferroelektromos kerámiák II.

Nagy tisztaságú bárium-titanát előállítási lehetőségei, mikroszerkezete és vizsgálata

Rádóczy Tünde – Kovács Kristóf

Veszprémi Egyetem Szilikát- és Anyagmérnöki Tanszéke

kris@almos.vein.hu

Ferroelectric ceramics II. – Preparation possibilities, microstructure, and testing of high purity barium titanate

Second part of the paper reviews conventional solid state and wet chemical preparation methods of high purity, fine grained barium titanate. Direct synthesis from solution (DSS) as well as low temperature direct synthesis (LTDS) seems to

be a good replacement of the well known oxalate method. Properly controlled DSS and LTDS methods will yield carbonate free compounds under nitrogen atmosphere and can easily accommodate rare earth dopants. The right pilot scale or industrial scale process to produce high quality micro- or nanosized barium titanate powder can be selected based on the preliminary experiments

Kétrészes cikksorozatunk első részében áttekintettük a ferroelektromos kerámiák elméleti alapjait. A második részben a hagyományos és attól eltérő előállítási lehetőségeket, a mikroszerkezetet, valamint az előállított anyagok vizsgálatát tárgyaljuk.

A ferroelektromos bárium-titanát szemcsemérete szorosan összefügg a tömör kerámia permittivitásával. Hagyományos technológiával előállított, durva, 50 μm átlagos kristálméret esetén a relatív permittivitás körülbelül 1000, de ha ugyanez az anyag 5 μm átlagos szemcse-méretű, a permittivitás több mint négyszeresére nő [8]. A jó dielektromos tulajdonságok eléréséhez, mikro- vagy nanokristályos bárium-titanát kerámia előállításához egyrészt finom szemcsés kiindulási anyagok szükségesek, amelyeket extrém finomörlés vagy kémiai lecsapás útján állíthatunk elő. Másrészt olyan adalékanyagokat célszerű alkalmazni, amelyek a tömörre égetés közben gátolják a rendellenes szemcseméret-növekedést, megakadályozzák a nagyméretű kristályok képződését. A finom mikroszerkezet kialakulását az is elősegíti, ha a tömörre égetés időtartalma a lehető legrövidebb. Természetesen a BaTiO_3 kerámia tulajdonságait kedvező irányba változtató adalékanyagok minőségét és mennyiségét, valamint a gyártástechnológiai paraméterek célszerű megválasztását olyan kombinációban kell alkalmazni, amely elősegíti a dielektrikum rendeltetésének megfelelő, optimális paraméterek elérését.

Bárium-titanát kerámiák előállítási lehetőségei

A bárium-titanát előállításával már évtizedek óta foglalkoznak, és ennek megfelelően számos módszert találunk a szakirodalomban. A kiindulási anyagok az előállítási módszertől függően változatosak. Ezek közül ismertetünk néhányat.

Az elsősorban ipari léptékű gyártásra használt klasszikus módszer alapja a bárium-karbonát (BaCO_3) és titán-dioxid (TiO_2) **szilárd fázisú reakciója** [1]. A két alapanyagot porcelán golyósmalomban nedvesen őrlik. A szárítás utáni kalcinálás során az alábbi reakció játszódik le:



Ezzel a klasszikus eljárással adalékokat nem tartalmazó, „kémiailag tiszta” ferroelektromos anyagok előállítása lehetséges. A kiindulási anyagokat száraz- vagy nedvesörléssel homogenizálják a szükséges ideig. Az így készült porkeveréket levegőn vagy szárítószekrényben szárítják a víz eltávolozásáig, majd ezt követi az 1100–1150 °C hőmérsékleten végzett kalcinálás. A széles körben alkalmazott módszer hátránya, hogy könnyen szennyeződhet a rendszer. Nehéz elérni a kívánt termék megfelelő kémiai összetételét. A homogén anyagrendszer előállítása nehéz feladat, különösen abban az esetben, ha valamelyik reagens csekély mennyiségben van jelen. A szilárd fázisú reakcióval előállított porok könnyen aggregálódhatnak.

A **nedves kémiai eljárások** alapelve, hogy a kiindulási só-oldatból hidroxid vagy oxalát formájában leválasztják a kívánt összetételű csapadékot. Az így kapott port megfelelő hőmérsékleten kalcinálják, a szerves intermedierek vagy hidroxidok elbomlanak, eltávozik a szén-dioxid és a víz, és kialakul a bárium-titanát. Ezek közül a legkedveltebb az **oxalátos módszer**, amely alapanyaga a titán-tetraklorid (TiCl_4), a bárium-klorid (BaCl_2) és az oxálsav $[(\text{COOH})_2]$. Az eljárás szerint a bárium- és titánionokat tartalmazó oldatkeverékből oxalátos közegben csapadék formájában leválik a bárium-titanil-oxalát [2]. A szűrt és alaposan mosott, majd szárított csapadék a kalcinálás során teljesen átalakul bárium-titanáttá.

Ezek a módszerek nanoméretű bárium-titanát-kristályok előállítására nem alkalmasak, mivel a magas kalcinálási hőmérsékleten a permittivitás szempontjából kedvezőtlen agglomerátumok képződnek. A nanoméretű bárium-titanát előállítására több módszer ismeretes.

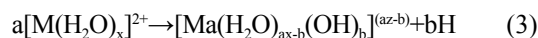
Az angol elnevezés (Direct Synthesis from Solution) rövidítése után DSS néven ismert **oldatból végzett közvetlen szintézis** szerint bárium-hidroxidból $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ és vízből készített alapoldathoz etil-alkoholban oldott tetra-butil-titanátot csepegtetnek [3]. A hőmérséklettől függően különböző méretű szemcsék csapódnak le, például 60 °C-os alapoldat esetén körülbelül 25 nm-es szemcsék. Ez esetben nincs szükség magas hőmérsékletű kalcinálásra, hiszen a reakció végén nem egy köztes terméket, hanem közvetlenül bárium-titanátot kapunk.

A nanoporok előállítására használt másik közismert módszer, a **kis hőmérsékletű közvetlen szintézis** (LTDS, Low Temperature Direct Synthesis) lényege, hogy 80 °C-on a bárium-hidroxid-oldatban is elveszíti a kristályvizét, ezért ezen a hőmérsékleten tömény oldat nyerhető. Ebbe az oldatba titán-tetrakloridot csepegtetve egyetlen lépésben bárium-titanát keletkezik. A reakciót a szén-dioxid kizárása (a bárium-karbonát képződés elkerülése) érdekében N_2 atmoszférában kell végezni.

A közismert **szol-gél eljárás** a hagyományosnál alacsonyabb hőmérsékletű eljárást kínál kerámiák és üvegek előállítására. Alapelve, hogy a fém-oxigén kötések, illetve azok prekursoraiként a fém-hidroxid kötések oldatfázisban hozzák létre, és gél állítanak elő. A részecskék keletkezésének folyamata minden esetben két egymást követő lépésből áll. Először a prekursor molekulák hidrolízise következik be, majd ezt követően kondenzációs lépések eredményeképpen alakulnak ki a nanoméretű részecskék. Ennek eredményeképpen első lépésben egy stabil kolloid rendszert, azaz szolt állítunk elő. A második lépésben ebből a folyadékból állítunk elő egy, még jelentős folyadékmennyiséget tartalmazó (nedves) gél. A gélből megfelelő szárítási és hőkezelési eljárásokat alkalmazva alakítjuk ki a végterméket. A szol-gél eljárással előállított porok szemcsemérete kisebb, a reakció hőmérséklete alacsonyabb, jobb a homogenitás, mint a hagyományos eljárással előállított porok esetében.

A **hidrotermális eljárással** melegített sóoldatokból monodiszperz kerámiapor állítható elő. Az eljárás nevének

megfelelően a reakció körülbelül 600 K (327 °C) hőmérsékletet és közel 100 MPa nyomást igényel [5]. Ezen a hőmérsékleten az oldatban bekövetkező gőcképződés kémiája, növekedése és a szemcsenövekedés mechanizmusa még nem teljesen ismert. A folyamatban a kationok hidrolízise bázis hiányában a következő egyenlet szerint játszódik le:



ahol z az M fémion töltése,

a , b és x pedig móltört.

A módszer előnye, hogy alacsony hőmérsékleten lehet előállítani oxidkerámiákat. Hátránya, hogy a nanoméretű részecskék eléréséhez híg kationoldatra van szükség. Nagy hőmérsékleten – mint minden más termikus eljárásnál – ebben a rendszerben is bekövetkezik az oldódás és az újrakristályosodás.

A két utóbbi módszer ötvözéséből keletkezett a **szolvo-termál módszer**. Ez az eljárás ötvözi a szol-gél eljárást és a hidrotermális módszert. A többkomponensű oxidporok szintézise esetén a prekursorok általában fém-oxidok, hidroxidok és gélporok. Ezek közül a gélporok származtathatók fém alkoxidokból is, amelyek szobahőmérséklethez közeli hőmérsékleten kristályos oxiddá alakíthatók.

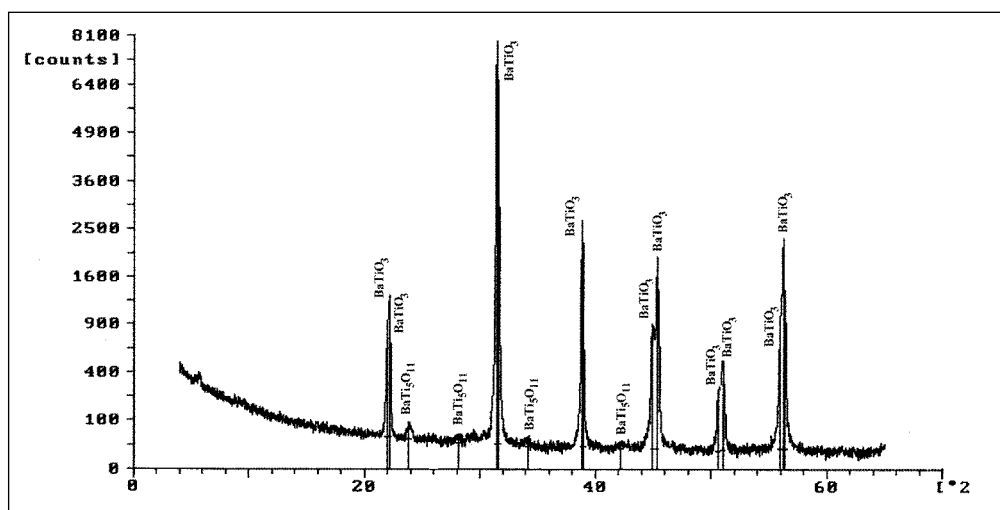
Az alkalmazott eljárástól függően a tömör bárium-titanát kerámia előállítása formázással (sajtolás, fröccsöntés, réteghúzás stb.) és 1300–1400 °C hőmérsékleten legalább egyórás hűntartással végzett szintereléssel zárul.

Bárium-titanát előállítása különböző módszerekkel

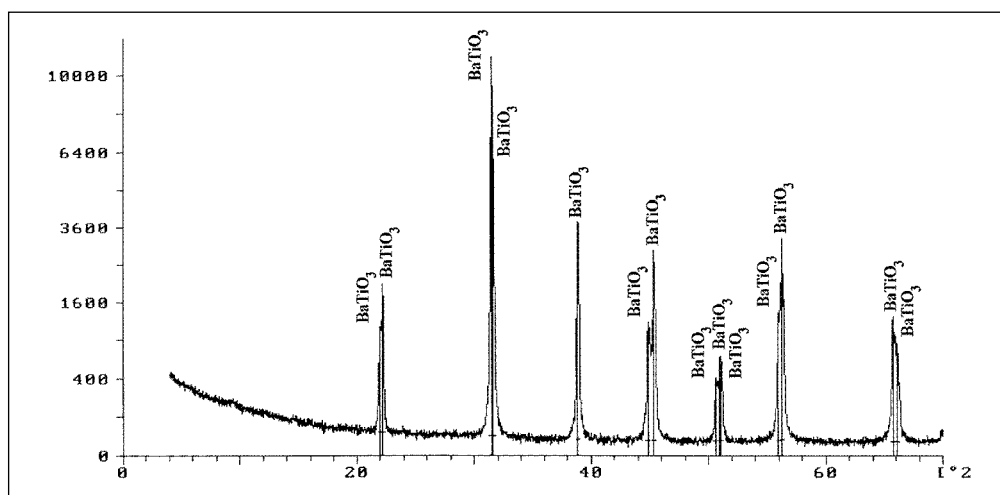
Kísérleteink során a bárium-titanát porokat mind **szilárd fázisú reakcióval**, mind **nedves kémiai eljárásokkal** előállítottuk.

Első lépésként az iparban is elterjedten használt szilárd fázisú reakciót próbáltuk ki, melynek során titán-dioxid (TiO_2 , a. lt. minőségű, Reanal) és bárium-karbonát (BaCO_3 , a. lt. minőségű, Reanal) azonos molarányú keverékét porcelán golyósmalomban 12 órán keresztül őrlöttük. A malomban a kiindulási anyagok (TiO_2 , BaCO_3), a desztillált víz és a golyók tömegének az aránya 1 : 1 : 1 volt. Őrlés után a keletkezett keveréket 105 °C-on szárítószekrényben szárítottuk a víz teljes eltávozásáig, majd 1000 °C-on 1 órán keresztül levegőn kalcináltuk, így kristályszerkezetileg tiszta bárium-titanátot kaptunk.

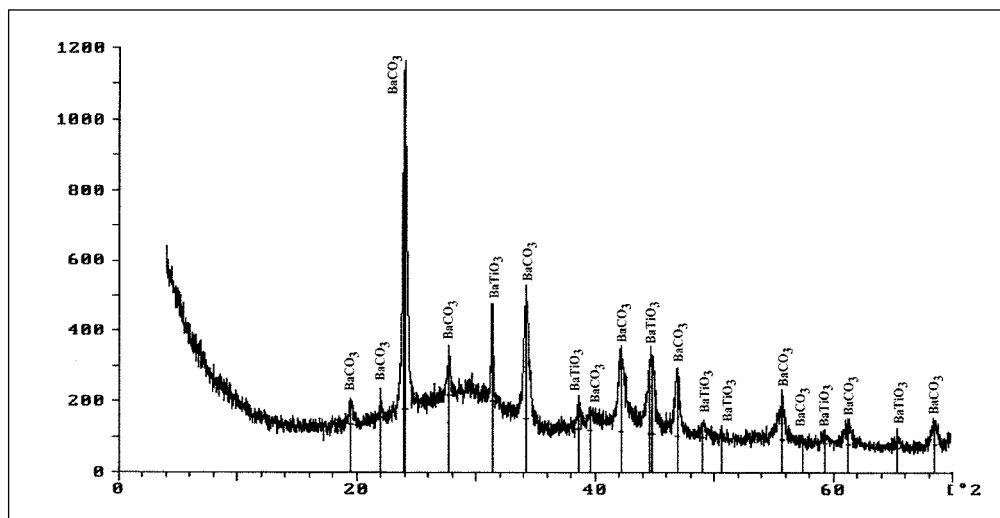
A legelterjedtebb **nedves kémiai eljárás** alapanyaga a titán-tetraklorid (TiCl_4), bárium-klorid (BaCl_2) és oxálsav $[(\text{COOH})_2]$. Első lépésként a titán-tetrakloridot hígítottuk desztillált vízben körülbelül 4 °C-on, folyamatos keverés mellett. Ezzel egy időben megfelelő mennyiségű bárium-kloridot feloldottuk, majd a két oldatot alaposan összekevertük. A keveréket cseppenként adtuk forró (70–80 °C) oxálsavoldatba. A szűrt, majd 105 °C-on szárított csapadék tiszta bárium-titanil-oxalát, ami már 550–700 °C között teljesen átalakul bárium-titanáttá, bár a jól kristályosodott



1. ábra. Szilárd fázisú reakcióval előállított bárium-titanát röntgendiffrakciós felvétele
X-ray diffraction pattern of barium titanate manufactured by solid state reaction



2. ábra. Nedves kémiai eljárással előállított bárium-titanát röntgendiffrakciós felvétele
X-ray diffraction pattern of barium titanate manufactured by wet chemical process



3. ábra. DSS módszerrel előállított bárium-titanát röntgendiffrakciós felvétele
X-ray diffraction pattern of barium titanate manufactured by DSS process

perovszkit szerkezet magasabb hőmérsékletet, például 1000 °C-ot igényel.

A perovszkit kristályszerkezet könnyen befogad más ionokat, ami jelentősen befolyásolja a dielektromos tulajdonságokat. A bárium-titanát kristályrácsban a Ba^{2+} iont célszerű 3 vegyértékű ritkaföldfém-kationnal helyettesíteni, ekkor n-típusú vezetés jön létre. Ugyanez a hatás érhető el, ha a Ti^{4+} iont 5 vagy 6 vegyértékű kation helyettesíti.

A ritkaföldfémekkel adalékolt bárium-titanátokat az előbb leírt nedves kémiai módszerrel állítottuk elő, mert csak így érhető el a szükséges homogenizáció. Ez esetben a kiindulási anyagokhoz vízzeloldható praezodímium-, cérium- és ittriumsókat (kloridokat) kevertünk a bárium- és titán-klorid-oldattal keverékéhez, majd ezt a három kationt tartalmazó keveréket csepegtettük a forró oxálsavba [6]. A szűrt és 105 °C-on szárított csapadékot különböző hőmérsékleteken kalcináltuk 800–1000 °C között egyórás hőntartással, gyors, illetve lassú hűtést alkalmazva.

Nanométerű bárium-titanát-kristályok előállítására a **DSS módszert** próbáltuk ki. Ennek során kiindulási anyagként bárium-hidroxidot és teta-butyl-orto-titanátot használtunk azonos molarányban. Első lépésként a bárium-hidroxidot oldottuk, igyekezve elkerülni a karbonátosodást (a bárium-hidroxid erősen hajlamos a karbonátosodásra, a levegő szén-dioxid-tartalmát is megköti, ezért nehéz karbonátmentes terméket előállítani). Ezzel egy időben a tetra-butyl-orto-titanátot abszolút etil-alkoholban oldottuk, és ezt csepegtettük a bárium-hidroxid vizes oldatához. A reakciót 40 °C-on végeztük. A szűrt, majd 24 órán át 60 °C-on szárított csapadék bárium-titanát.

Röntgendiffrakciós vizsgálatok

Az előállított anyagok tisztaságát, illetve a ritkaföldfémek beépülését a perovszkit rácsba röntgendiffrakciós vizsgálatokkal ellenőriztük. A kalcinálási hőmérséklettől, illetve a hűtési sebességtől függetlenül minden esetben jól kristályosodott perovszkit szerkezetet kaptunk. A d értékek eltolódása bizonyítja, hogy a ritkaföldfémek beépültek a rácsba [6].

A szilárd fázisú reakcióval előállított mintáknál minden esetben a bárium-titanáton kívül megjelent más bárium-titán vegyület is. Az 1. ábrán látható diffraktogramon a jelölt reflexiók a bárium-titanát reflexiói az ASTM 5-626 kártya szerint, míg a többi reflexió $\text{BaTi}_5\text{O}_{11}$ terméké.

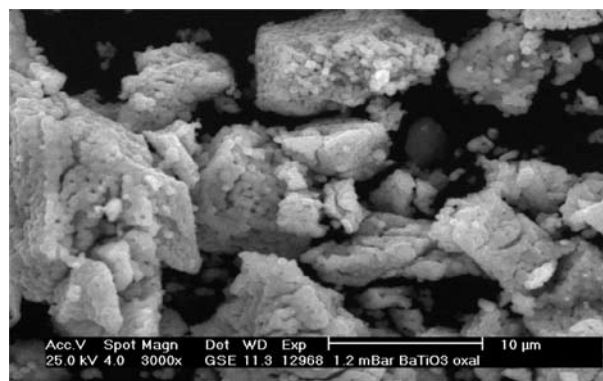
A vártak megfelelően a szilárd fázisú reakcióval nem sikerült olyan tisztaságú anyagot előállítani, mint a nedves kémiai módszerrel. A nedves kémiai módszerrel előállított minták esetében a kalcinálási hőmérséklettől függetlenül csak egy fázist, a bárium-titanátot azonosítottuk a röntgenfelvételeken (2. ábra).

A DSS módszerrel előállított minta röntgendiffrakciós felvétele az alacsony hőmérsékleten való előállításnak köszönhetően már kevésbé jól kristályosodott perovszkit szerkezetre utal. A minta tisztasága sem megfelelő. A fő

fázis a mintában a bárium-karbonát (3. ábra). A nagyfokú karbonátosodási hajlam miatt ez elkerülhetetlen. Mivel a minta tisztasága nem megfelelő számunkra, a továbbiakban nem használtuk kísérleteinkhez. A későbbiekben még kisebb változtatásokkal és nitrogén védőgáz-atmoszférában megismételjük a kísérletet.

Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok

A tiszta bárium-titanát pásztázó elektronmikroszkópos felvételein jól látható nagy agglomerátumok (10–100 μm) 1 μm -nél kisebb egyedi szemcsékből épülnek fel (4. ábra). Ez a szemcseméret a dielektromos tulajdonságok szempontjából ideális.



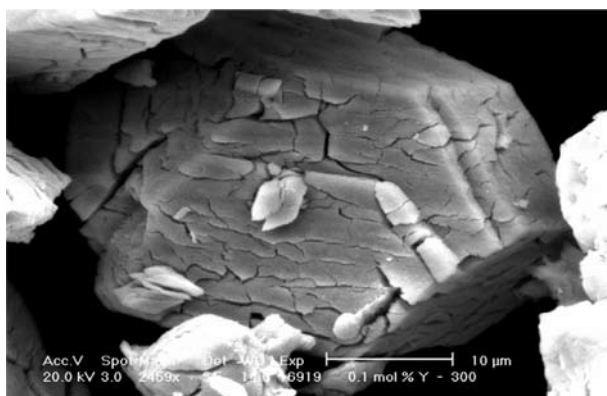
4. ábra. A tiszta BaTiO_3 pásztázó elektronmikroszkópos felvétele
SEM micrograph of pure BaTiO_3

Az egyedi szemcsék mérete az előállítási körülményektől alig függ. Lassú hűtést alkalmazva a nanométerű szemcséknek van elég idejük arra, hogy megnőjenek, az agglomerátumok mérete 10–100 μm (5a ábra). A lassú hűtés következtében jól látható, jellemző alakú kristályformákban agglomerálódnak az egyedi szemcsék. Gyors hűtést alkalmazva még mindig megfigyelhető az agglomeráció, de az agglomerátumok mérete is kisebb, 10–50 μm (5b ábra). Az agglomerátumokon látható, hogy nanométerű szemcsékből állnak. A gyors hűtés többé-kevésbé megőrzi az egyedi nanoszemcsék eredeti méretét.

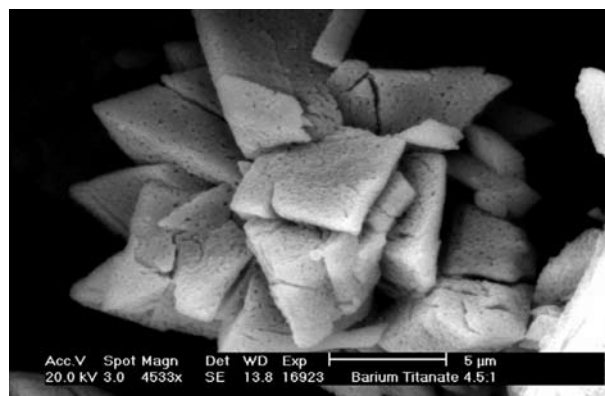
Kerámia próbatestek készítése

A porokból szárazsajtolással, 135 MPa nyomással pasztillákat készítettünk. A pasztillákat 1360 °C hőmérsékleten háromórás hőntartással szintereltük. Minden esetben tömör, kis porozitású kerámiát kaptunk. A kerámiák testsűrűségét és valódi sűrűségét mértük. Ezen adatok ismeretében a kerámiák porozitása és egyéb fizikai tulajdonságai kiszámíthatók (1 táblázat).

A pásztázó elektronmikroszkópos képeken látható csekély porozitás összhangban van a mért porozitással, illetve testsűrűséggel. A szinterelés következtében a rendellenes szemcsenövekedés, valamint a doménszerkezet a megfelelően előkészített mintákon megfigyelhető (6. ábra).



5a ábra. Lassú hűtést alkalmazva jellemző alakú kristályformákban agglomerálódnak az egyedi szemcsék
Individual particles agglomerate into characteristically shaped crystals

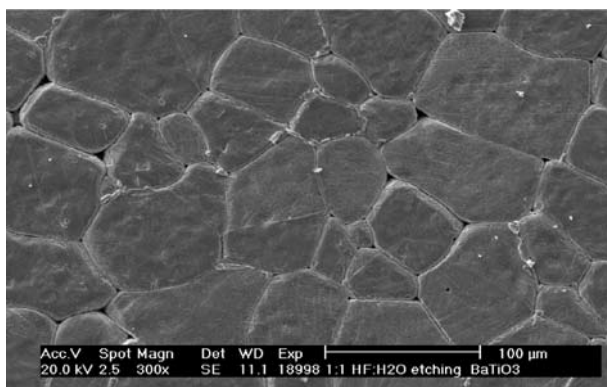


5b ábra. Gyors hűtést alkalmazva még mindig megfigyelhető az agglomerizáció, de az agglomerátumok mérete kisebb
Agglomeration still exists after rapid cooling, but the agglomerates are smaller.

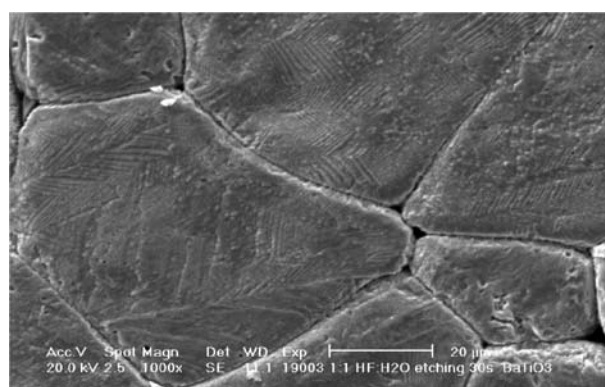
1. táblázat

BaTiO₃ kerámiák fizikai tulajdonságai
Physical properties of BaTiO₃ ceramics

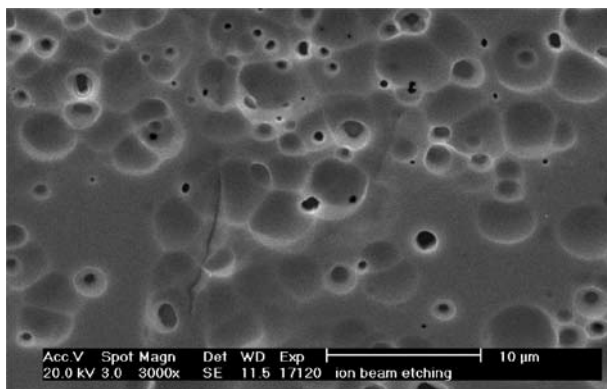
Minta	Sűrűség, ρ , g/cm ³	Testsűrűség, ρ_t , g/cm ³	Vízfelvétel, %	Látászólagos porozitás, P_L	Valódi porozitás, P_v	Zárt porozitás, P_z
BaTiO ₃ (szilárd fázisú)	5,7998	5,65	0,26	1,47%	2,58%	1,11%
BaTiO ₃ (nedves kémiai)	5,748	5,59	0,3	1,68%	2,75%	1,07%



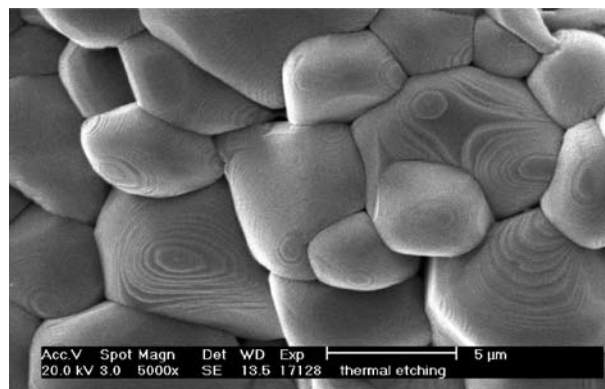
Rendellenes kristálynövekedés 1:1 HF:H₂O maratás után



Doménszerkezet 1:1 HF:H₂O maratás után



Ionmaratás utáni roncsolt felület



Hőmaratás hatására kialakult kristálynövekedési síkok

6. ábra. Különböző módszerekkel előkészített bárium-titanát kerámiák pásztázó elektronmikroszkópos felvételei
SEM micrographs of barium titanate ceramics obtained by various specimen preparation methods

Egy ferroelektromos kristály orientált mezőkből, úgynevezett doménkből áll. A kialakuló domének nagysága nagymértékben függ az anyag tisztaságától. Minél nagyobb a szennyeződés, annál kisebbek, tagoltabbak a domének. Az egymással érintkező doménekben a polarizáció iránya megközelítőleg egymásra merőleges, ikerképződés figyelhető meg. Az egyes domének közti átmeneti területen az elemi cellák deformálódnak. A doménszerkezet láthatóvá tételéhez a mintákat megfelelően elő kell készíteni. Az előkészítéshez három módszert próbáltunk ki: az ionsugaras, a hő- és a kémiai maratást [7]. Mindegyik technika feltétele, hogy a kerámiák felülete sima legyen, ezért a mintákat 0,5 µm szemcseméretű gyémántpasztával políroztuk.

Az **ionsugaras maratást** a transzmissziós elektron-mikroszkópos minta-előkészítésben elterjedten használt ionsugaras vékonyítóberendezésben végeztük argonionokkal. Maratás során az ionsugár beesési szögét 10° és 90° között változtattuk. A várakozással ellentétben nem hozta meg a kívánt eredményt. Ha nagy szögben érte az ionsugár a minta felületét, akkor az nagymértékben roncsolódott, az ionsugár lyukakat mart a felületbe. Jobb eredményt akkor értünk el, amikor csak súrolta a minta felületét az ionsugár. A doménszerkezet ez esetben láthatóvá vált, de a felület még így is eléggé roncsolódott.

A **hőmaratást** a szinterelési hőmérséklet 90%-án, azaz 1220 °C-on végeztük úgy, hogy a polírozott mintákat ezen a hőmérsékleten hőkezeltük 1 órán keresztül.

Minden esetben azt tapasztaltuk, hogy a doménszerkezet rejtve maradt, helyette új kristálynövekedési síkok jelentek meg, valamint a rendellenes szemcseméret-növekedés is jól megfigyelhető volt.

A **kémiai maratást** 1:1 és 2:1 HF:H₂O elegyével végeztük 15 másodpercig. Azt tapasztaltuk, hogy a doménszerkezet minden esetben láthatóvá vált, de a töményebb savval végzett maratás eredményeként a felület roncsolódott, túlmaródott az anyag, lyukak keletkeztek a sima, egyenletes felületen. A maratás után természetesen ultrahangos fürdőben tisztítottuk a mintákat, hogy a maratási melléktermékeket eltávolítsuk a felületről.

A három maratási technika közül a kémiai maratás bizonyult a legalkalmasabbnak a doménszerkezet vizsgálatára.

Elektromos tulajdonságok

A kerámia próbatestekből kondenzátorokat készítettünk, ezüsthétfestéket vittünk fel a kerámia két oldalára. Mind a dielektromos állandót (permittivitás), mind a dielektromos veszteséget mértük szobahőmérsékleten, 1 kHz és 1 MHz frekvenciákon. Azt tapasztaltuk, hogy a dielektromos veszteség minden esetben 10⁻³ alatt maradt. Az 1 kHz–1 MHz tartományban a permittivitás majdnem független a frekvenciától.

A **permittivitás** meghatározásához először a kondenzátorok (pasztillák) kapacitását kell megmérni, majd a következő egyenlet alapján számítható ki a permittivitás:

$$\varepsilon = 14,4 \cdot c \cdot \frac{x}{d^2} \quad (4)$$

ahol c a kapacitás, pF;

x a kondenzátor vastagsága, mm;

d a kondenzátor átmérője, mm.

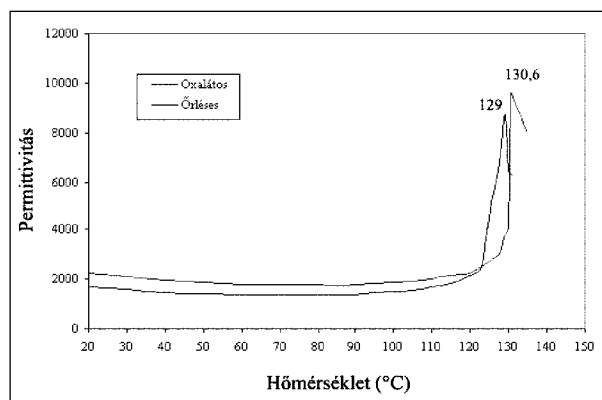
Amérést HEWLETT PACKARD 4278A 1 kHz/1 MHz kapacitásmérővel végeztük szobahőmérsékleten. A bárium-titanát permittivitásának irodalmi értéke 1600–1800 között változik. A mérés során mi is ezeken a határokon belüli értékeket kaptunk (2. táblázat). A nedves kémiai módszerrel előállított kerámiák permittivitása nagyobb, ami a finomabb szemcseméretnek köszönhető, illetve annak, hogy a szilárd fázisú reakcióval előállított bárium-titanát más bárium és titán vegyületeket is tartalmaz (BaTi₅O₁₁).

2. táblázat

A permittivitás értékei
Dielectric constants

Minta	ε
BaTiO ₃ (nedves kémiai)	1773
BaTiO ₃ (szilárd fázisú)	1682

Vizsgáltuk a permittivitás hőmérsékletfüggését is. A mérés célja a Curie-pont meghatározása volt, ahol a permittivitás értéke maximumot mutat. A mérést 20–135 °C hőmérséklet-tartományban végeztük (7. ábra).



7. ábra. A permittivitás hőmérsékletfüggése
Permittivity vs temperature

A hőmérséklet emelkedésével a kapacitás és ezáltal a permittivitás is kezdetben lassan csökkent. A nedves kémiai (oxalátos) módszerrel előállított minta permittivitásértéke csaknem a teljes hőmérsékleti tartományban nagyobb, mint a szilárd fázisú reakcióval előállított minta. Ez az eredmény teljesen összhangban van a szemcseméret-analízis eredményével (minél kisebbek az egyedi szemcsék, annál nagyobb a permittivitás). A Curie-pontok hőmérsékletei nagyon közel vannak egymáshoz. Az irodalmi értékek eltérőek, 120–130 °C között mozognak. A szennyezések befolyásolhatják a Curie-pont hőmérsékletét (3. táblázat).

A permittivitás értéke szilárd anyagok esetén általában

nő a hőmérséklettel, mivel a növekvő hőmérséklet a szerkezet fellazításával elősegíti az orientációt. A mintáknál a Curie-hőmérséklet felett az anyag permittivitása meredeken csökken, mert megszűnik a ferroelektromos anyag spontán polarizációja, a Ti^{4+} ion a központi pozícióba kerül.

3. táblázat

A Curie-pont hőmérséklete és a hozzá tartozó permittivitásértékek
Temperature of Curie point and respective dielectric constants

Minta	Curie-pont, °C	Permittivitás
BaTiO ₃ (nedves kémiai)	130,6	9618
BaTiO ₃ (szilárd fázisú)	129	8693

A permittivitás frekvenciafüggését 1 kHz és 1 MHz frekvenciákon mértük szobahőmérsékleten. A frekvencia növelésével a permittivitás kismértékben csökken (4. táblázat).

4. táblázat

A permittivitás frekvenciafüggése
Frequency dependence of dielectric constant

Minta	ϵ , 1 kHz	ϵ , 1 MHz
BaTiO ₃ (nedves kémiai)	1773	1643
BaTiO ₃ (szilárd fázisú)	1682	1546

Váltakozó villamos térben az anyag a két ellentétes irányú polarizációs állapot között folyamatosan átpolarizálódik, és ez energiavesztéssel jár. A kondenzátorok dielektromos vesztesége csökkenti a fáziseltolódást a kondenzátor feszültsége és árama között, a csökkenésnek megfelelő szöget, illetve annak tangensét (vesztési szög, illetve veszteségi tényező) tekintjük a dielektromos veszteség mérőszámának, jelölése: δ , illetve $\tan \delta$. A szilárd fázisú reakcióval előállított bárium-titanát veszteségi tényezője kisebb (5. táblázat). Ipari szempontból azok a dielektrikumok használhatók fel, amelyek veszteségi tényezője $400 \cdot 10^{-4}$ értéknél kisebb.

5. táblázat

A dielektromos veszteségi tényező értékei
Dielectric loss values

Minta	$\tan \delta$
BaTiO ₃ (nedves kémiai)	$268 \cdot 10^{-4}$
BaTiO ₃ (szilárd fázisú)	$179 \cdot 10^{-4}$

A hőmérséklet növekedésével a $\tan \delta$ nőhet, csökkenhet, és helyi maximuma is lehet a polarizáció (a dielektromos veszteségek egyik forrása) következtében. A veszteségek másik forrása az elektromos vezetés, emiatt viszont növekvő hőmérséklettel a $\tan \delta$ is egyértelműen nő. Mivel mindkettő jelen van, a veszteségi tényező a két hatás eredőjének megfelelően változik.

A $\tan \delta$ az egy periódusra eső veszteséget jellemzi, ezért csak polarizációs eredetű veszteségek esetén, azokon a frekvenciatartományokon, amelyeken ϵ közel állandó,

általában kicsi és nem változik. Azokon a tartományokon pedig, ahol a permittivitás csökken, a frekvencia függvényében helyi maximumot mutat. A tisztán vezetési eredetű veszteség nem függ a frekvenciától. Ha mindkét veszteség fellép, a $\tan \delta$ frekvenciafüggése aszerint alakul, hogy a polarizációs és vezetési eredetű veszteségek milyen arányban vannak egymással (6. táblázat).

6. táblázat

A veszteségi tényező különböző frekvenciákon (1 kHz, 1 MHz)
Dielectric loss at various frequencies

Összetétel	$\tan \delta$, 1 kHz	$\tan \delta$, 1 MHz
BaTiO ₃ (nedves kémiai)	$268 \cdot 10^{-4}$	$42 \cdot 10^{-4}$
BaTiO ₃ (szilárd fázisú)	$179 \cdot 10^{-4}$	$138 \cdot 10^{-4}$

Összefoglalás

A nagy tisztaságú, finom szemcsés bárium-titanát előállítására ismert nedves kémiai eljárások közül leginkább elterjedt oxalatos módszer felváltására jó megoldásnak ígérkezik az oldatból végzett közvetlen szintézis és a kis hőmérsékletű közvetlen szintézis. Ezek a módszerek megfelelő gondossággal, nitrogén védőgáz-atmoszféra alkalmazásával karbonátmentes terméket eredményezhetnek, és jól kombinálhatók a ritkaföldfém adalékokkal. Az előkísérletek alapján nagy biztonsággal kiválasztható az a nedves kémiai eljárás, amellyel egyenletes minőségű, mikro- vagy nanoszemcsés bárium-titanát állítható elő akár félüzemi vagy üzemi léptékben is. A közeljövő kutatásai minden bizonnyal megnyugtató választ adnak a ritkaföldfém adalékok beépülésének helyével kapcsolatos vitákra, és hozzájárulnak a ferroelektromos bárium-titanát-alapú kerámiarendszerek alkalmazási lehetőségeinek bővítéséhez.

Felhasznált irodalom

- [1] Budnikov – Ginsztling: Szilárd fázisú reakciók. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [2] Kukada, K. – Izumi, K. – Sasaki, K.: Preparation of Stochiometric Barium Titanate Oxalate Tetrahydrate, J. Amer. Ceram. Soc. Bull., 61 [11] p. 1238 (1982).
- [3] Qi, J. – Li, L. – Wang, Y. – Gu, i Zh.: Preparation of nanoscaled BaTiO₃ powders by DSS method near room temperature under normal pressure, J. Crystal Growth 260, August (2003) p. 551–556.
- [4] Wada, S. – Tsurumi, T. – Chikamori, H. – Noma, T. – Suzuki T.: Preparation of nm-sized BaTiO₃ crystallites by a LTDS method using a highly concentrated aqueous solution, J. Crystal Growth Volume 229, Issues 1-4, July (2001) p. 443–449.
- [5] Pinceloup, P. – Courtois, C. – Leriche, A. – Thierry, B.: Hydrothermal Synthesis of Nanometer-Sized Barium Titanate Powders, J. Amer. Ceram. Soc. 82 (11) p. 3049–56 (1999).
- [6] Radoczy T. – Kovacs, K.: Incorporation of Rare Earth Dopants into the Perovskite Lattice of BaTiO₃, IX. ECERS, Portorož, Slovenia, 19-23 June (2005).
- [7] Radoczy T. – Kovacs, K.: SEM Study of Domain Structure of BaTiO₃ Ceramics, 7. Multinational Congress on Microscopy, Portorož, Slovenia, 26-30 June (2005) p. 295–296.
- [8] Tamás, F. (szerk): Szilikátipari kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.

Könnyű adalékanyagok betonok maradó nyomószilárdsága tűzterhelés után

Majorosné Lublói Éva – Nemes Rita – Balázs L. György – Józsa Zsuzsanna

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke

lubeva@web.de – rnames@freemail.hu

Residual compressive strength of lightweight aggregate concrete due to fire

An experimental study was carried out to test the residual compressive strength of various types of concretes after high temperatures. Main parameters of our tests were the type of aggregate: (1) conventional quartz gravel (2) expanded clay and (3) expanded glass. One of the following aspects of mix design was to reach the same concrete

strength with all three types of aggregates at room temperature. General characteristic of concretes with the studied aggregates was a local minimum around 150 °C. This minimum was followed by a compressive strength increase up to 200 °C in case of gravel aggregate, up to 400 °C in case of expanded glass and up to 500 °C in case of expanded clay. From 500 °C continuous decrease of compressive strength was observed for all of the three types of lightweight and normal weight concrete mixtures.

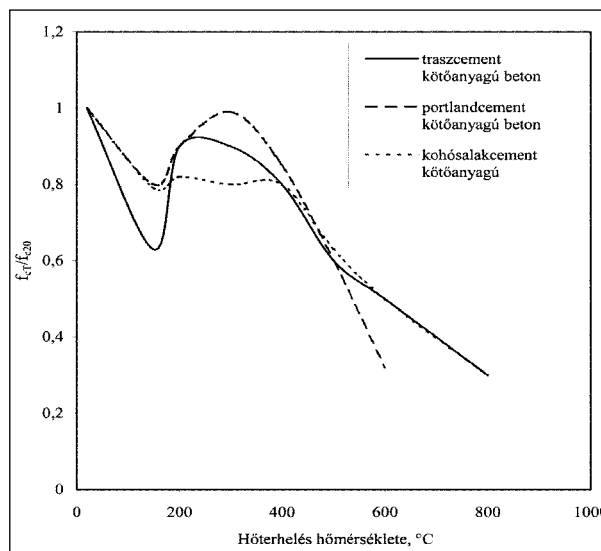
1. Bevezetés

Tűz esetén szükséges, hogy ismerjük a különböző építőanyagok magas hőmérséklet hatására való viselkedését, illetve szilárdságuk alakulását. A hőterhelés után végzett vizsgálatok ezért nagyon fontosak. A betonok magas hőmérséklettel szembeni viselkedését jelentős mértékben befolyásolja a cement típusa és a víz-cement tényező mellett az adalékanyagok fajtája is. Jelen kísérletsorozat során az adalékanyag típusának hatását vizsgáltuk. Három adalékanyag-fajtát választottunk, a kvarckavics mellett a könnyűbetonoknál a legelterjedtebben és a legnagyobb mennyiségben alkalmazott duzzasztott agyagkavicsot és a még újdonságnak számító, környezetvédelmi szempontból jelentős habüveget (duzzasztott üvegkavicsot) [1]. A magas hőmérséklet hatását 2 órás hőterhelést követően vizsgáltuk szobahőmérsékletre lehűlt állapotban szabványos próbatesteken. A vizsgálati program jelen fázisában elsősorban a nyomószilárdság változására koncentráltunk.

2. Magas hőmérséklet hatása a betonra és a könnyűbetonra

2.1. Magas hőmérséklet hatása a betonra

A hőmérséklet növekedésével a legtöbb építőanyag szilárdsági és merevségi jellemzői változnak, rendszerint csökkennek. A tűz hatására a betonban mind fizikai, mind kémiai változások mennek végbe, ami a jellemző paramétereinek csökkenését indokolja. A beton a lehűlés után sem nyeri vissza teljesen eredeti tulajdonságait. A hőmérséklet növekedésével a beton szilárdsági jellemzői romlanak (1. ábra).



1. ábra. A beton nyomószilárdsága a hőterhelés, majd szobahőmérsékletre való lehűlés után [3]

f_{ct} a beton nyomószilárdsága hőterhelés, majd lehűlés után; $f_{ct,20}$ a beton nyomószilárdsága 20 °C-on

Residual compressive strength of concrete after the high temperature [3]
 f_{ct} compressive strength of concrete after high temperature; $f_{ct,20}$ compressive strength of concrete at room temperature (20 °C)

A beton magasabb hőmérsékleten való viselkedését nagyban befolyásolják a felhasznált adalékanyagok [2].

A fizikai változások alapvetően két okra vezethetők vissza: a beton szerkezetének átalakulására és a magas hőmérsékletnek kitett betonfelület réteges leválására. A beton szerkezetének átalakulását a beton adalékanyagainak jelentős térfogat-növekedése okozza, amelyből a legjelentősebb a kvarc 573 °C-on való átkristályosodása, ami 5,7%-os térfogat-növekedéssel jár [4].

A betonfelületek réteges leválásának két oka lehet: vagy a betonból távozó pára lefeszíti a felületi rétegeket, vagy a beton már nem tudja a hőtágulásból származó újabb terheket felvenni, és lemorzsolódik, leválik [5].

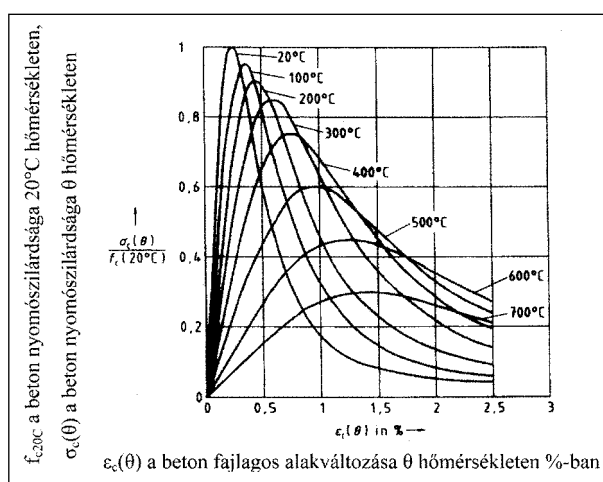
A beton kémiai átalakulása elsősorban a cementkőben játszódik le, a kalcium-hidrát dehidratálása, valamint a kalcium-karbonát felbomlása révén. A cementkő kémiai változásának szilárdságsökkentő hatása önmagában nem szokott a beton tönkremenetelében meghatározó szerepet játszani [6]. Erre utal, hogy eruptív, illetve könnyű adalékanyagok alkalmazása esetén a beton szilárdságszökkenése jóval magasabb hőmérsékleten következik be, mint a kvarckavics adalékanyagú betonok esetén.

A beton magas hőmérsékleten való viselkedése szempontjából fontos a beton hőtágulása is, mert tűz esetén a beton hőtágulása miatt nagy feszültségek vagy alakváltozások keletkezhetnek a szerkezeteinkben. A kvarckavics adalékanyagú betonok esetén a beton hőtágulása nagyjából 500 °C-ig azonos a betonacélaléval, de 573 °C felett a kvarc átkristályosodása miatt az alakváltozás nagyobb lesz. A mészkő adalékanyagú betonoknak kisebb a hőtágulása, a duzzasztott agyagkavics adalékanyagú betonoké még ennél is kisebb [7]. A beton hőtágulási együtthatójára, pl. kvarckavics adalékanyag esetén $11,9 \cdot 10^{-6}$ 1/K-t, duzzasztott agyagkavics esetén $4,7 \cdot 10^{-6}$ 1/K-t, habüveg esetén $6,4 \cdot 10^{-6}$ 1/K-t mértünk [8]. Nemcsak a hővezetési tényező eltérő egyéb, nem kvarckavics adalékanyagok alkalmazásakor, hanem a könnyűbetonok hőszigetelő képessége is nagyobb [9], ami a szerkezet átmelegedését késlelteti, és így szintén kedvező tűzállóság szempontjából. A könnyűbetonok esetén további előny, hogy az adalékanyag porózus szerkezetű, és ezért a hőmérséklet emelkedése során a távozó pára számára van hely.

2.2. Magas hőmérséklet hatásának figyelembevétele a szabványokban

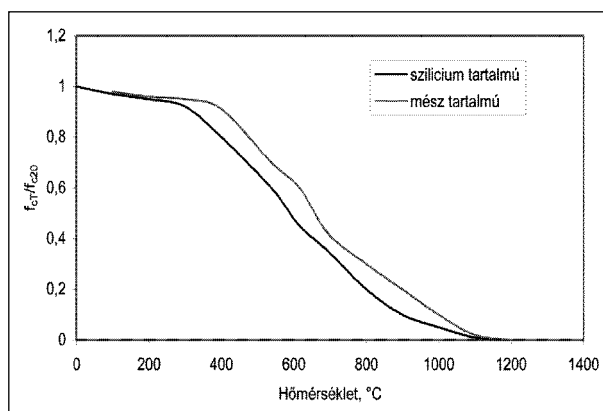
1995-ig volt érvényben az MSZ 595/86 [10], amely előírásokat tartalmazott az építmények tűzvédelmére vonatkozólag. Ez a szabvány előírta, hogy egy adott szerkezeti elem alkalmazása esetén milyen tűzállósági határértékeket kell teljesíteni; pl. 10 cm vastag, melegen hengerelt betonacéllal készített, C10-C30-as vasbeton fal tűzállósági határértéke 2 óra. Ez a szabvány nem foglalkozott az épületek, építőanyagok tűzhatás utáni maradó szilárdságszökkenésével, csupán egy adott tűzterherhez tűzvédelmi osztályokat és minimális szerkezeti vastagságokat írt elő. Véleményünk szerint lényeges kérdés lehet az építőanyagok tűzhatás utáni maradó szilárdsága. Az építmények tűzhatás utáni használhatóságát, alkalmazhatóságát jelentősen befolyásolja, ezért a kísérleteink során ezt vizsgáltuk.

A magyar szabvány után 1995-ben jelent meg az európai előszabvány ENV 1992/1-2 (1995). Az ENV 1992/1-2 ábrái az adott hőmérsékletre vonatkozó szilárdságot és alakváltozást jellemzik (vagyis a tűzterhelés alatti vizsgál-

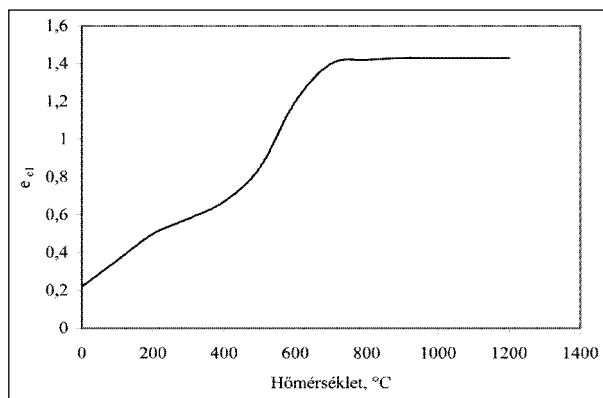


2. ábra. Egytengelyű nyomással terhelt szilíciumtartalmú adalékanyaggal készült beton feszültség-alak változásának összefüggései magas hőmérséklet esetén (ENV 1992/1-2:1995)

Stress-strain diagram of concrete made of silicium aggregate at high temperature



3a ábra. A nyomószilárdság szobahőmérsékletéhez viszonyított értékei magas hőmérséklet esetén (ENV 1992/1-2:1995); $f_{c\theta}$ a beton nyomószilárdsága θ hőmérsékleten; f_{c20} a beton nyomószilárdsága 20 °C-on Ratio of high temperature and room temperature compressive strength of concrete (ENV 1992/1-2:1995); $f_{c\theta}$ compressive strength of concrete at θ °C; f_{c20} compressive strength of concrete at 20 °C



3b ábra. Az alakváltozás szobahőmérsékletéhez viszonyított értékei magas hőmérséklet estén (ENV 1992/1-2:1995); $\epsilon_c(\theta)$ a beton alakváltozása θ hőmérsékleten %-ban

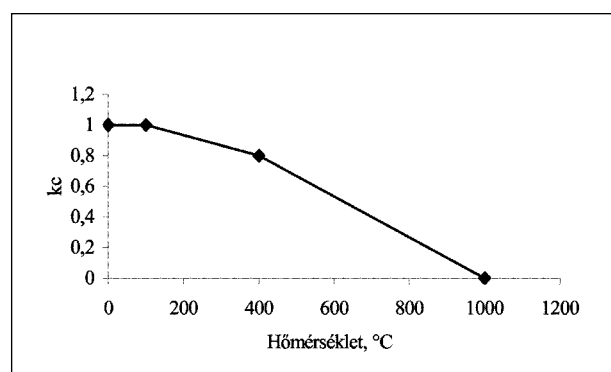
Strain vs. temperature in case of high temperature (ENV 1992/1-2:1995); $\epsilon_c(\theta)$: strain of concrete at θ °C in percent

latra szolgálnak). Az ENV 1992/1-2 szabályozása szerint a beton feszültség-alakváltozás görbéi tartalmaznak egy olyan legnagyobb nyomószilárdságot (2. ábra), amely a hőmérséklet növekedésével folyamatosan növekvő alakváltozási értéknél következik be, és amelyet aztán egy leszálló ág követ. 600 °C felett jelentős szilárdságcsökkenés figyelhető meg. A beton rugalmassági modulusa már 200 °C felett jelentősen lecsökken [11].

A 3a ábra a beton nyomószilárdságának relatív csökkenését mutatja a hőmérséklet függvényében. A 3b ábra a beton alakváltozásának növekedését mutatja.

A beton nyomószilárdságának karakterisztikus értékét a Θ hőmérséklet függvényében a $k_c(\Theta)$ tényezőjével kell csökkenteni (szilíciumtartalmú adalékanyagok esetén):

$$f_{ck}(\Theta) = k_c(\Theta) \cdot f_{ck}(20\text{ °C}) \quad (4. \text{ ábra}).$$



4. ábra. A szilíciumtartalmú adalékanyaggal készült beton nyomószilárdságának (f_{ck}) magas hőmérsékleten való csökkentéséhez alkalmazott k_c tényező (ENV 1992/1-2:1995) szerint

Reduction factor of compressive strength of normal weight concrete (k_c) according to ENV 1992/1-2:1995

3. Kísérleti program

A laboratóriumi vizsgálatainkat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén végeztük. A nyomószilárdság értékét szabványos 150 mm élhosszúságú kockákon határoztuk meg. A próbatesteket 1 napos korig sablonban, azt követően 7 napos korig víz alatt, majd a vizsgálatig laborlevegőn tároltuk. A próbatestek a hőterhelés időpontjában legalább 28, legfeljebb 40 naposak voltak. A nyomószilárdság-vizsgálat előtt a próbakockáinkat 2 órán át különböző hőmérsékletekre melegítettük fel: 50 °C, 150 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, ill. 800 °C-ra. A próbatesteket előmelegített kemencébe helyeztük, 2 órán át a megadott hőmérsékleten tartottuk, majd a szobahőmérsékletre való visszahűlésüket követően vizsgáltuk. Az azonos összetételű próbatesteket – a hőterhelés időpontjától függetlenül – azonos korban (pl. 33 naposan) vizsgáltuk. Etalonként minden összetételből vizsgáltunk laborhőmérsékleten (20 °C-on) tárolt próbatesteket is azonos korban. A betonkockák nyomószilárdság-vizsgálatát erővezérelten működő „Amsler” típusú

törőgépen végeztük. A könnyűbetonhoz három különböző adalékanyagot alkalmaztunk, melyeknek jellemzőit az 1. táblázatban tüntettük fel.

A betonösszetételeket 2-4. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A könnyűbetonhoz alkalmazott adalékanyagok jellemzői
Properties of aggregates for lightweight concrete

	Égetési hőmérséklet, °C	Szemcse- testsűrűség, ρ_s , kg/m ³	Szemcse- méret, mm	Vízfelvétel, m%
Duzzasztott agyagkavics	1200	830	4/8	36
Habüveg 4/6	810	1152	4/6	0,9
Habüveg 8/10	810	800	8/10	1

2. táblázat

Habüveg adalékanyagú könnyűbeton összetétele
Mixture of lightweight concrete made of expanded glass aggregate

Cement	700 kg/m ³
Víz	243 kg/m ³
Természetes folyami homok (0/4 mm)	823 kg/m ³
Habüveg 4/6 mm	83 kg/m ³
Habüveg 8/10 mm	120 kg/m ³

3. táblázat

Duzzasztott agyagkavics adalékanyagú könnyűbeton összetétele
Mixture of lightweight concrete made of expanded clay aggregate

Cement	700 kg/m ³
Víz	245 kg/m ³
Természetes folyami homok (0/4 mm)	823 kg/m ³
Duzzasztott agyagkavics 4/8 mm	173 kg/m ³

4. táblázat

Kvarckavics adalékanyagú beton összetétele
Mixture of normal weight concrete (made of quartz gravel)

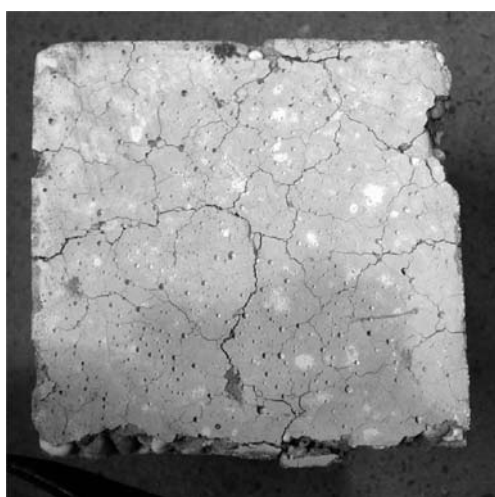
Cement	350 kg/m ³
Víz	150 kg/m ³
Természetes folyami homok (0/4 mm)	895 kg/m ³
Kavics 4/8 mm	475 kg/m ³
Kavics 8/16 mm	533 kg/m ³

A könnyűbetonok esetén a relatív nagy cementtartalom alkalmazását a kívánt szilárdság elérése indokolta. A magas hőmérsékleten az eltérő cementtartalomnak is lehet hatása, ezért ez majd további részletes vizsgálatokat igényel. További kísérleteink során vizsgálni szeretnénk, hogy a cementtartalom milyen mértékben befolyásolja a kvarckavics adalékanyagú, illetve könnyű adalékanyagú

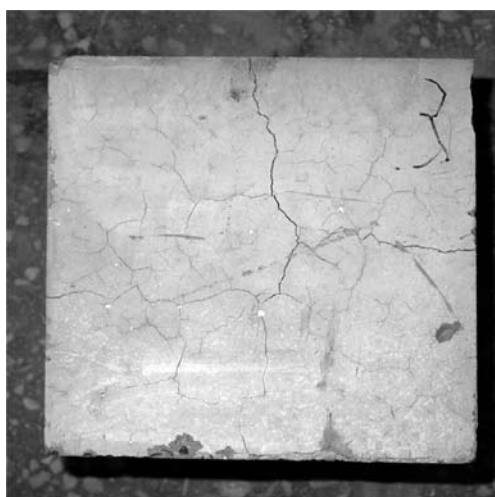
betonok magas hőmérsékleten való viselkedést. A cement minden esetben tiszta portlandcement (CEM I 42,5 N) volt, ami nem kifejezetten tűzálló betonokhoz ajánlott cementtípus. A kísérlet során alkalmazott adalékanyagok egyike sem kifejezetten tűzálló betonokhoz ajánlott adalékanyag.

4. Kísérleti eredményeink

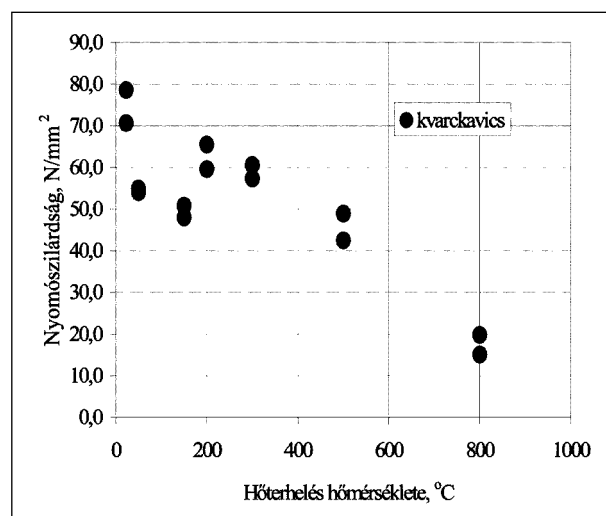
A hőterhelést követően szemrevételezéssel is számottevő különbséget lehetett megállapítani a különböző adalékanyagú betonok felületén. A közönséges beton felületén lényegesen több repedés keletkezett, mint a duzzasztott agyagkavics adalékanyagú betonén (5. és 6. ábra). A duzzasztott agyagkavics előnye a szilárdsági vizsgálatok



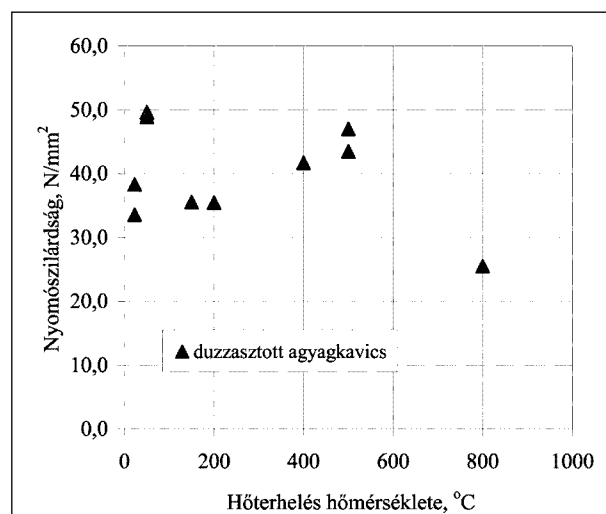
5. ábra. Közönséges beton felülete 2 órán tartó 800 °C-os hőterhelést követően
Surface of normal weight concrete after two hours heating at 800 °C



6. ábra. Duzzasztott agyagkavics adalékanyagú beton felülete 2 órán át tartó 800 °C-os hőterhelést követően
Surface of lightweight concrete with exp. clay aggregate after two hours heating at 800 °C



7. ábra. A hőterhelés után szobahőmérsékleten mért nyomószilárdság alakulása kvarckavics adalékanyagú beton esetén (egyedi értékek)
Residual compressive strength of normal weight concrete after heating (individual values)



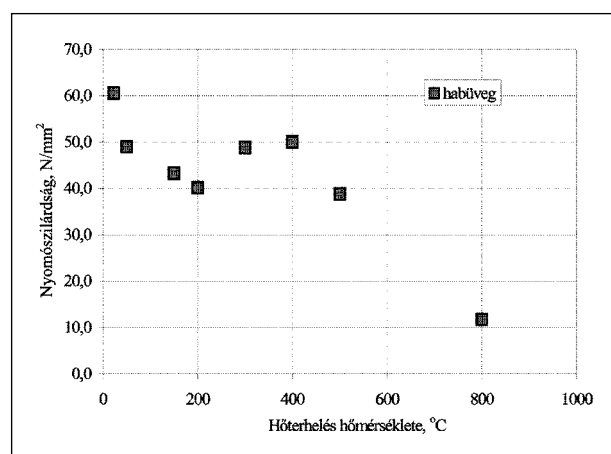
8. ábra. A hőterhelés után szobahőmérsékleten mért nyomószilárdság alakulása duzzasztott agyagkavics adalékanyagú könnyűbeton esetén (egyedi értékek)
Residual compressive strength of lightweight concrete with expanded clay aggregate after heating (individual values)

során is megmutatkozott. A beton szilárdsága kvarckavics adalékanyag alkalmazása esetén a hőterhelés következtében (50–150 °C) közötti tartományban a hőmérséklet növekedésével egyértelműen csökkent. 200 °C-on volt egy lokális maximuma, ami az adalékanyag és a cement-kő különböző hőtágulási együtthatójával magyarázható [12]. Ha a hőmérséklet 200 °C fölött volt, akkor a beton szilárdsága csökkent (7. ábra).

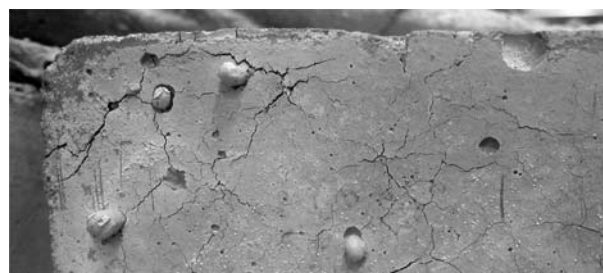
Duzzasztott agyagkavics adalékanyagot alkalmazva eltért a közönséges betonétól a nyomószilárdság alakulása a hőmérséklet függvényében (8. ábra). A szobahőmérsékleten mért szilárdsághoz képest nagyobb szilárdságot mértünk az 50 °C-os hőterhelést követően. Ez az adalék-

anyag nagy vízfelvívő képességével magyarázható. 50 °C-on az adalékanyagban tárolt víz elpárolgása a beton nyomószilárdságát növelte. Ez a különbség „öregebb” betonok esetén kisebb, hiszen a szerkezetnek volt ideje kiszáradni. 200 °C-on egy lokális minimum van, majd ezt követően 500 °C-ig figyelhető meg kismértékű szilárdságnövekedés. Ez megközelíti az 50 °C-on mért szilárdságot. A 600 °C feletti jelentős szilárdságcsökkenés a habarcs kvarchomoktartalmával magyarázható. A kezdeti, illetve a maximális szilárdság és a 800 °C-ig mért szilárdság aránya lényegesen kedvezőbb a közönséges betonhoz képest. Ezt elsősorban az adalékanyag nagy porozitásával (67%) és nyitott pórusszerkezetével indokolhatjuk. A beton jelentős szilárdságcsökkenése az 500 °C feletti tartományban figyelhető meg, ami részben a kvarc átkristályosodásával magyarázható, mivel a homokfrakció (< 4 mm) minden összetétel esetén kvarchomok volt.

A habüveg adalékanyagú beton, hasonlóan a kvarckavics adalékanyagoshoz, kezdeti szilárdságcsökkenést mutatott 200 °C-ig, a hőterhelést majd a lehűtést követően egy átmeneti szilárdságnövekedést figyelhattunk meg kb. 400 °C-ig. Ez kedvezőbb volt, mint a közönséges betoné, ahol már 200 °C-ot követően csökkent a szilárdság. A vizsgálataink során azt észleltük, hogy 800 °C-on az habüveg tovább duzzadt, és a beton felületén kifolyt (9. ábra). Ezt a habüveg gyártástechnológiája okozza, amely során nem a maximális, lehetséges méretre duzzasztották az adalékanyagot, és a 800 °C pedig nagyjából megegyezik a gyártás során alkalmazott duzzasztási hőmérséklettel (lásd 4. táblázat). Az alkalmazott habüveg adalékanyag vízfelvétele 1 tömegszázalék alatti, ezért a kiszáradást követően (50 °C) nem következett be a duzzasztott agyagkavics esetén észlelt szilárdságnövekedés. Az adalékanyag zárt pórusszerkezete miatt itt az adalékanyag nagy porozitása nem játszott szerepet a távozó vízgőz szempontjából. A kvarckavics adalékanyagú beton szilárdságcsökkenését 800 °C-on csak 10%-kal haladta meg (10. ábra).

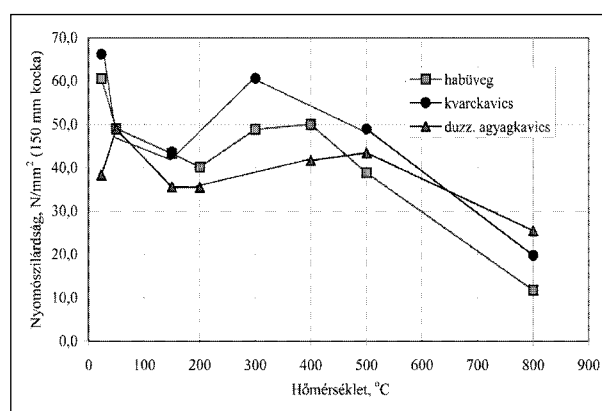


9. ábra. A hőterhelés után szobahőmérsékleten mért nyomószilárdság alakulása habüveg adalékanyagú könnyűbeton esetén (egyedi értékek)
Residual compressive strength of lightweight concrete with expanded glass aggregate after heating (individual values)

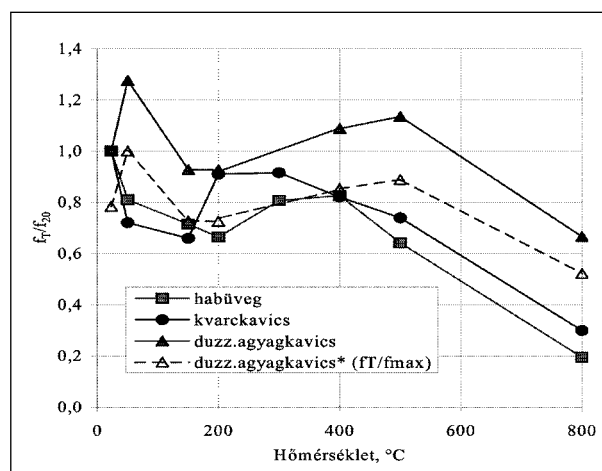


10. ábra. Habüveg adalékanyagú beton 2 órán át tartó 800 °C-os hőterhelést követően
Surface of lightweight concrete with expanded glass aggregate after two hours heating at 800 °C

Az előbb elemzett betonösszetételek nyomószilárdságértékeit a 11. ábrán is feltüntettük. Az ábrán jól látszik, hogy a betonok szilárdsága 50 °C-on azonos volt, majd az adalékanyagtól függően eltérő tendenciát mutattak.



11. ábra. A nyomószilárdság alakulása a különböző összetételű betonok esetén hőmérséklet hatására a laborhőmérsékleten (20 °C) mérve
Change of compressive strength after heating at room temperature (20 °C) measured in case of concrete with different aggregates



12. ábra. A kvarckavics, a habüveg és a duzzasztott agyagkavics adalékanyagú betonok nyomószilárdságának változása hőmérséklet hatására a laborhőmérsékleten (20 °C) mért nyomószilárdsághoz képest (átlag értékek), illetve a *-gal jelölt helyen a maximális szilárdság függvényeként
Change of ratio of residual compressive strength after heating at room temperature (20 °C) measured in case of concrete with different aggregates

A jobb összehasonlíthatóság érdekében az eredményeket megadjuk a szobahőmérsékletre vonatkoztatott szilárdsággal (minden betonösszetételre) egy diagramban ábrázolva (12. ábra). A duzzasztott agyagkavics esetén nem a szobahőmérsékletre tartozik a maximális szilárdság, ezért itt a maximális szilárdsághoz (50 °C) tartozóan is meghatároztuk az arányokat, és ezt szaggatott vonallal jelöltük.

5. Kísérleti eredmények összefoglalása

Laboratóriumi kísérleteket végeztünk a könnyűbetonok hőterhelés utáni nyomószilárdságának meghatározására. A nyomószilárdság vizsgálata során a közönséges betonok kavicsfrakcióját (> 4 mm átmérőjű szemcsék) helyettesítettük könnyű adalékanyaggal (duzzasztott agyagkavics, habüveg) a tűzállóság fokozásának érdekében. A vizsgált összetételek a könnyű adalékanyagok esetén (habüveg, duzzasztott agyagkavics) gyakorlatilag csak az adalékanyag anyagában tértek el egymástól. A betonkeverék összetételének megtervezésekor fő célunk a közel azonos szilárdság elérése volt. A könnyű adalékanyagokon kívül semmilyen tűzállóságot fokozó összetevőt nem alkalmaztunk.

A kvarckavics adalékanyag alkalmazása esetén a nyomószilárdság 50–150 °C közötti tartományban csökkent, 200 °C-on lokális maximum adódott. 300 °C fölött a beton szilárdsága csökkent. 800 °C-os hőterhelést követően a szobahőmérsékleten mért maradó nyomószilárdság csak mintegy 30% volt.

A duzzasztott agyagkavics szobahőmérsékleten mért szilárdságához képest nagyobb szilárdságot mértünk az 50 °C-os hőterhelést követően. Ezt a beton kiszáradása magyarázhatja, hiszen a beton szobahőmérsékleten mért víztartalma 4% volt. 50 °C-on az adalékanyagban tárolt víz párolgása a beton nyomószilárdságát növelte. 200 °C-on szintén lokális minimum adódott, majd ezt követően 500 °C-ig figyelhető meg egy kismértékű szilárdságnövekedés, ami megközelíti az 50 °C-on mért szilárdságot. 600 °C feletti szilárdságcsökkenés szintén a habarcs kvarchomoktartalmával magyarázható. A kezdeti, illetve a maximális szilárdság és a 800 °C-ig mért szilárdság aránya lényegesen kedvezőbb, mint a közönséges betoné. A duzzasztott agyagkavics nyitott pórusszerkezetének és nagy porozitásának köszönhetően a beton 800 °C-on mért nyomószilárdsága 65%-a volt a maximális szilárdságnak (50 °C), ami kedvező.

A habüveg adalékanyagú beton, hasonlóan a kvarckavics adalékanyagoshoz, kezdeti szilárdságcsökkenést mutat 200 °C-ig, a hőterhelést, majd a lehűtést követően kb. 400 °C-ig egy átmeneti szilárdságnövekedést figyelhetünk meg. Ez kedvezőbb, mint a közönséges betoné, ahol már 200 °C-ot követően csökkent a szilárdság. A vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy 800 °C-on a habüveg tovább duzzadt, és a beton felületén kifolyt. 800 °C-on a kvarckavics adalékanyagú beton szilárdságcsökkenését mintegy 10%-kal haladta meg.

Az adalékanyag típusától függetlenül a hőterhelést követően szobahőmérsékletre visszahűtött állapotban, 150 °C körül lokális minimumérték figyelhető meg, amit kvarckavicsnál 200 °C-ig, habüvegnél 400 °C-ig, duzzasztott agyagkavicsnál 500 °C-ig szilárdságnövekedés követett. 500 °C felett minden esetben szilárdságcsökkenést tapasztalunk, amit a kvarchomok használata magyaráz, és a későbbiekben további vizsgálatot igényel.

A kísérleteink alapján új kutatási irányok is kijelölhetők, ahol a cementtartalom, az adalékanyag vízfelvétele és mennyisége is változóként szerepel, és ezzel kiegészíthetők jelen eredmények.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Geofil Kft.-nek a kísérletekhez szükséges habüveg adalékanyag, a Liabau Kft.-nek a duzzasztott agyagkavics adalékanyag és a Duna-Dráva Cement Kft.-nek a cement biztosításáért.

Irodalom

- [1] Hoffmann L. – Józsa Zs. – Nemes R.: Üveghulladékból könnyűbeton adalékanyag – Geofil-Bubbles – felhasználási lehetőségei. Építőanyagok, Budapest, 2003/1.
- [2] Schneider U. – Lebeda Ch.: Baulicher Brandschutz. Verlag von Kohlhammer, 2000.
- [3] Schneider U.: Properties of Materials at High Temperatures – Concrete RILEM Publ., 2nd Edition, Gesamthochschule Kassel – Universität Kassel, 1986.
- [4] Schneider U. – Diederichs U. – Weiß R.: Hochtemperaturverhalten vom Festbeton. SBF 148 Brandverhalten von Bauteilen, Teilprojekt B 3, Arbeitsbericht 1975-77, Teil 2 Braunschweig.
- [5] Hoj, N. P.: Keep concrete attractive – Fire design of concrete structures, Proceeding of fib Symposium Keep Concrete Attractive, Eds.: Balázs, L. Gy., Borosnyói, A., 23–25 May 2005, Budapest, Hungary.
- [6] Mészáros Gy.: Tartószerkezetek tűzállósági méretezése, 1990. Szakterületi tájékoztató adatgyűjtemény (ÉMI), Budapest.
- [7] Schneider U.: Verhalten vom Beton bei hohen Temperaturen. Deutscher Ausschluss für Stahlbeton, Heft 337, Verlag W, Ernst & Sohn, Berlin, 1982.
- [8] Nemes R.: Hulladékok felhasználásával készült könnyűbetonok zsugorodása. Anyagvizsgálók Lapja, 2004/1.
- [9] Nemes R.: Habüveg adalékanyagok könnyűbetonok, PhD-értekezés, BME, Budapest, 2006.
- [10] MSZ 595/1-7/86 Építmények tűzvédelme (1986).
- [11] ENV 1992 –1-2 Betonszerkezetek tervezése (1995).
- [12] Hinrichsmeyer, K.: Strukturorientierte Analyse und Modellbeschreibung der thermischen Schädigung von Beton, iBMB, Braunschweig, 1989.

A BME Építőmérnöki Kar Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke,
az MTA Építészettudományi Bizottsága,
a KTE Mérnöki Szerkezetek Szakosztálya,
az SZTE Beton Szakosztálya szervezésében
ünnepi ülést tartanak

Dr. Balázs György ny. egyetemi tanár
80. születésnapja tiszteletére
június 26-án 14 órakor
a Műgyetem dísztermében.

Az érdeklődőket szeretettel várják a szervezők.
Telefon: 1/463-3454, e-mail: zsjozsa@epito.bme.hu.

A taumazit-szulfátkorrózió (Monográfia és a szakirodalom kritikai elemzése)

Révay Miklós – Laczkó László

CEMKUT Kft.

revaym@mcsz.hu

The thaumasite sulphate attack (TSA)

In the last few years the technicians and experts could meet with a new sort of corrosion of concretes, so-called thaumasite-sulphate corrosion or thaumasite sulphate attack (TSA). The reason of this manifestation and phenomenon is the transmutation of calcium-hydrosilicates (C-S-H) of the solidified concretes into pulpy and pasty thaumasite ($\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$). At present the thaumasite is well-known as a mineral too. In spite of this unfortunately, by X-ray diffraction it is very difficult to distinguish thaumasites (TSA) from ettringites because of their similar morphology and crystal-structures.

In their article the authors show, that TSA-s can be appearance in concretes because of the followings reasons:

- Presence of SO_4^{2-} or S^{2-} ions in the ground solles or in ground waters;

- Presence of CO_3^{2-} in the cement or the additional materials of concretes;

- Presence of SO_4^{2-} or S^{2-} in the technological waters;

- Low temperature ($t < 15^\circ\text{C}$) of concrete.

On the basis of the registered several hundreds appearances of TSA, authors collected the thaumasites into following groups:

- Thaumasites as results of grounds with sulphates or sulphides around the concrete;

- Thaumasites, appeared in concretes because of exhaust or escape-gases, around the building construction made from concrete;

- TSA-s as results of streaming sea-water around the construction made from concretes;

- Thaumasites because of injured mortars used for concretes.

1. Bevezetés

Úgy tűnik, hogy a cementgyártás- és betontechnológia fejlődésével párhuzamosan a betonkárosodást okozó fizikai és kémiai folyamatok száma is növekszik.

Szózással csökkentjük útjaink téli síkosságát – megjelent az út menti vasbeton létesítmények korróziója. Sikeresen oldottuk meg a cementgyárak portalanításának akut problémáját – néhány év múlva megjelent az alkáliadálék-korrózió. Feltaláltunk egy olyan cementet (S-54 pc), amely védelmet nyújt a budai keserűvíz-hőforrásokból keletkező, a korabeli szakirodalomban „cementbacilus-ként” emlegetett ettringittel szemben – de már támad az új szulfátkórokozó („cementvírus”).

A múlt század végén ugyanis új típusú szulfátkárosodással ismerkedett meg Nyugat-Európa. Az új kórokozó neve **taumazit**. A kór pedig közép-angliai tömeges megjelenése óta „taumazit-szulfáttámadás” (angolul: Thaumasite Sulphate Attack, közkeletű rövidítéssel és a továbbiakban: TSA) néven vált Európa-szerte ismertté, s európaiságunk nem kívánt bizonyítékként hazánkban is.

Mindenekelőtt ismerkedjünk meg közelebbről ezzel rejtélyes ásvánnyal.

2. Mi a taumazit?

2.1. Taumazit a természetben

A taumazit nem tartozik az ősidők óta ismert ásványok közé. Mint már annyiszor leírták, váratlan felfedezése a

19. század végén egy norvég kutató nevéhez fűződik [1], aki meglepetésének kifejezésére a görög „θαυμαζειν”= „taumazein”= „meglepődni” ige alapján adott nevet az új ásványnak.

Természetes ásványként Magyarországon is előfordul, egyik legutóbbi erre utaló publikáció a mészkőbányájáról ismert devon kori polgárdi Szár-hegy szilikátos ásványai között, mintegy 2 mm-es, hatszögletű, hasáb alakú kristályokként azonosítja [2]. De előfordul bazaltbányákban is, például Veszprém megyében a Haláp-hegyi és Sarvaly-hegyi kőfejtőben. Ennél jóval fejlettebb példányait többek között a miskolci Herman Ottó, valamint a veszprémi Bakony Múzeumban is őrzik [4]. A 1. ábrán látható szép hexagonális kristály a Kalahári-sivatag egyik mangánbányájából származik. Esztétikus megjelenésé-



1. ábra. Jól fejlett taumazitkristály
Well-grown crystal of Thaumasite

nek köszönhetően néhány ékszerkatalógus is megemlíti azzal a megjegyzéssel, hogy kis keménysége miatt nem csiszolható [5]. Az 1. táblázatban néhány fizikai, kémiai és kristálytani jellemzőjét közöljük [6].

1. táblázat

A taumazit néhány jellemzője
Some characteristic data of Thaumasite

Megnevezés	Érték
Képlet	$\text{Ca}_3\text{Si}(\text{CO}_3)(\text{SO}_3)(\text{OH})_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ $(\text{CaCO}_3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15 \text{H}_2\text{O})$
Móltömeg	622,62
Kristályrendszer	Hexagonális dipiramid, P 6 ₃ /m
Elemi cella (Å)	a = 11.03; c = 10.4; Z = 2; V = 1,095.76
Sűrűség (g/cm ³)	1,89
XRD reflexiók (Å)	(I/I ₀): 9.56(1), 5.51(0.4), 3.41(0.2)
Hasadás	Gyenge
Szín	Szintelen, fehér

2.2. Taumazit a betonban

A betonban először 1965-ben az Egyesült Államokban, szennyvízvezető betoncsövekben, valamint járdaburkolat alatti ágyazóhabarcsban azonosították károsodást okozó termékként [7]. Majd Európában is feltűnt, először 1969-ben Angliában mutatták ki lakóházak válaszfalaiban, a mészkőtartalmú kőművescement-habarcs és a gipszvakolat érintkezési helyein, 6-8 hetes hűvös, nedves klíma hatására, mintegy 3 cm vastagságú, puha, porhanyós-pépes széttroncsolódott réteg alakjában. Azóta három kontinens számos országában azonosítottak olyan beton- vagy habarcskárosodást, amit a TSA okozott [8].

Mindezek ellenére általában különleges körülmények között jelentkező, meglehetősen ritka jelenséggént tartották számon [9].

A TSA akkor került az érdeklődés homlokterébe, amikor a múlt század 90-es éveiben Angliában néhány családi ház alapozásánál, majd egy autószeráda vasbeton hídoszlopainál tömegesen jelentkezett. Ennek hatására az Egyesült Királyság kormánya a Birminghami Egyetem professzorának, Les Clarknak a vezetésével szakértőcsoportot (Thaumasite Expert Group, a továbbiakban: TEG) bízott meg a jelenség kivizsgálásával és a szükséges intézkedések kidolgozásával [10]. A tapasztalatokat több helyi jellegű szeminárium után nemzetközi konferencián is értékelték [8].

A továbbiakban a legfontosabb tudnivalókat a TEG jelentéseire, valamint a konferencián elhangzott előadásokra alapozva foglaljuk össze.

2.2.1. A Taumazit Szakértői Csoport (TEG) jelentései (8–12)

A TEG első, 1999 januárjában közzétett jelentése elsősorban a közép-angliai Gloucestershire-nél, az M5 autószerá-

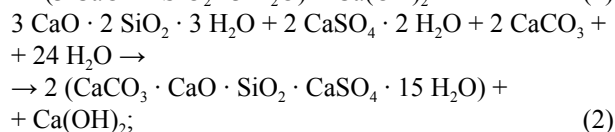
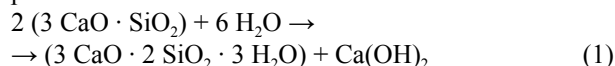
da vasbeton hídoszlopainak talajszint alatti részén észlelt károsodások tapasztalatait foglalta össze. A harminc évvel azelőtt épült létesítmény betonalapozását azért tárták fel, hogy megvizsgálják, a megnövekedett járműforgalom következtében nincs-e szükség annak megerősítésére. A feltárás után megállapították, hogy az oszlopok külső felületén a beton 30–50 mm mélységig főleg taumazitból álló, puha, fehér színű péppé alakult át. Ennek eredményeként a jégtelenítő sózás után leszivárgó víz kloridtartalma helyenként megtámadta a vasbetétet.

A TEG-jelentés mindenekelőtt tisztázta a taumazitképződés sztöchiometriáját.

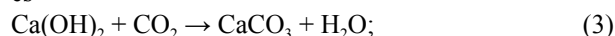
Megállapította, hogy a taumazit a betonban létrejöhet:

kalcium-szilikátokból („közvetlen út”),

például:

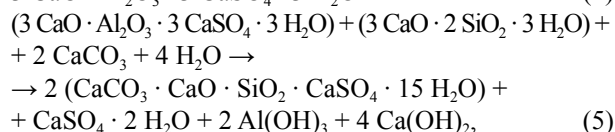
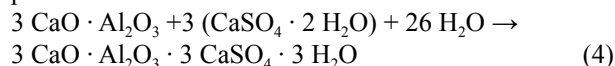


és

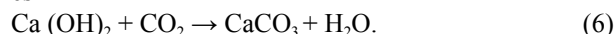


valamint

kalcium-aluminátokból ettringiten és vudforditon át (ettringit-taumazit elegykristály) közvetve („vudfordit út”),



és



A TEG-jelentés a folyamat veszélyességét figyelembe véve két „fokozatot” különböztet meg.

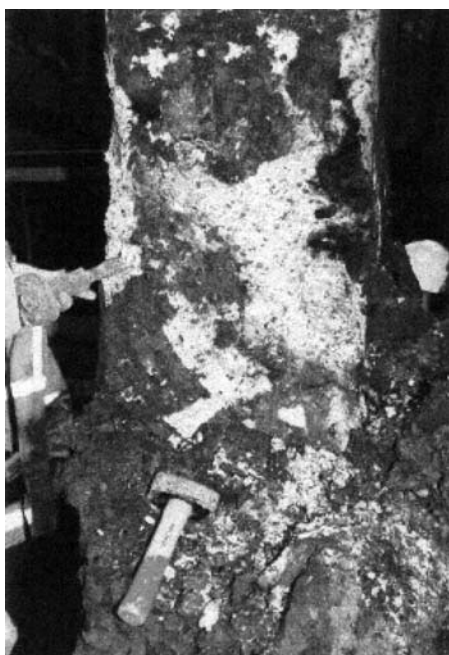
A *taumazitképződés* az elsődleges ettringitképződéshez hasonlóan a szabad szemmel nem látható mikropórusokat és repedéseket tölti ki. Bár önmagában veszélytelen, mégis figyelmet érdemel, mert gyakran a TSA előfutára.

A *taumazit-szulfátkorrózió* (TSA) szabad szemmel is megfigyelhető roncsolóhatása kettős: egyrészt a másodlagos ettringithez hasonlóan duzzadást és repedezést okoz, másrészt a szilárdsághordozó C-S-H vegyületek kötőerejét megszünteti.

A hídoszlopoknál ez először a beton és a talaj érintkezési helyein jelentkezett (2. ábra).

Az első TEG-jelentés a következő károsodásokat tárgyalja:

- szulfát- és szulfidtartalmú talajvíz hatásának kitett vasbeton hídalapozás – 50 helyszínen;
- betonalapozás – 6 épületnél;



2. ábra. Jellemző TSA egy vasbeton oszlopon
Typical TSA crystal inside of ferro-concrete column

- szulfátos talajjal érintkező beton burkolólap – 6 helyen;
- nagy szulfáttartalmú téglá falazóhabarcsa – 20 eset;
- a londoni metró alagútjában – 2 eset;
- tengervíz okozta korrózió kikötő lépcsőjén – 1 eset.

A TEG természetesen legtöbbet a leglátványosabb károsodást szenvedő vasbeton hídalapozással foglalkozott. Mindenekelőtt rögzítették a TSA-t előidéző kockázati tényezőket.

Elsődleges kockázati tényezők

- a) SO_4^{2-} vagy S^{2-} ionok jelenléte a talajban. Az M5 autószertráda közép-angliai szakaszának jellegzetes talajfőlése közép-liász kori agyag, melyben a talajvíz gyakran szulfátokkal (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) telített. De még ennél is gyakoribb, hogy a szulfáttartalom ugyan a TSA jellegzetes előfordulási helyein kisebb a megengedett limitnél ($SO_4^{2-} \leq 400$ mg/l), azonban a földmunkákkal „szellőztetett” talaj pirittartalmának (FeS_2) oxidálódása hatására e határértéket meghaladó mennyiségű szulfát keletkezik.
- b) CO_3^{2-} jelenléte. Ennek a betonadalék-anyagként vagy cement-kiegészítőanyagként alkalmazott mészkő vagy dolomit lehet a forrása. Az M5 autószertráda kérdéses szakaszán például leggyakrabban dolomitot alkalmaztak betonadalék-anyagként. Kedvezőtlen körülmények esetén azonban karbonátos kőzet jelenléte nélkül, a légkör vagy a talajvíz CO_2 -tartalma is okozhat TSA-t.
- c) Vízáramlás. Ez a feltétel a legtöbbször adott a talajba szivárgó csapadékvíz hatására vagy beton csővezetékben.
- d) Alacsony hőmérséklet. Elsősorban a $15^\circ C$ alatti hőmérsék-

let kedvez a taumazitképződésnek, e fölött inkább ettringit keletkezése a valószínűbb. Optimumként $t \leq 5^\circ C$ -t jelölik meg.

E feltételek jelenléte esetén a következő másodlagos kockázati tényezőknek is jelentős szerepe lehet.

Másodlagos kockázati tényezők

- a) A cement mennyisége és minősége. A TSA bekövetkezéséhez szükséges szilikátokat a megszilárdult cement C-S-H fázisai, illetve a hidratálatlan klinkerásványok (C_3S vagy inkább a lassabban hidratáló β - C_2S) szolgáltathatják. Következésképp ezek mennyiségének növekedésével nagyobb lesz a TSA bekövetkezésének az esélye is.
- b) A beton minősége, illetve tömörsége. A több cementet tartalmazó, nagyobb szilárdságú, jobban tömörített beton a többi külső korróziós hatással együtt a TSA-nak is jobban ellenáll.
- c) A talaj, illetve a talajvíz kémiai összetételének megváltozása. Ilyen például a talaj szulfidtartalmának oxidációja, a vízösszetétel megváltozása jégtelenítő sózás hatására, a szennyvízösszetétel módosulása a csővezetékben stb.
- d) A beton típusa, alakja, geometriája. Például a TF és a TSA mindig a sarkokon és éleken kezdődik.

Fontos megjegyezni, hogy a legjellegzetesebb károsodások akkor is felléptek, ha a betonozásnál minden olyan óvintézkedést betartottak, amelyet a hatályos szabványok és műszaki előírások megkövetelnek. Egy másik jellegzetesség, hogy a TSA leggyakrabban betemetett, mintegy 5 méterrel a talajszint alatt lévő betonokban jelentkezett.

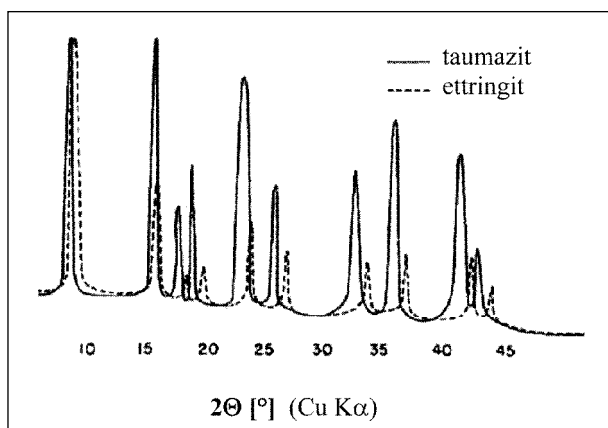
A TEG-jelentés nem zárja ki azt a lehetőséget sem, hogy ez a fajta korrózió a cementgyártás-technológia fejlődésével is összefügghet (pl. a telítési tényező, az őrlésfinomság vagy az alkálitartalom növekedése). Valószínűsíti a TEG-jelentés azt is, hogy a TSA korábban is létezett, csak nem ismerték fel.

Ez például azért is előfordulhatott, mert a szulfát-korrózió vizsgálatának szokásos hőmérséklete mellett a taumazitképződés korlátozott, általában inkább ettringit keletkezésével kell számolni.

Még inkább közrejátszhatott ebben, hogy az azonosításra leggyakrabban alkalmazott XRD vizsgálat esetén az ettringit és a taumazit egymás melletti kimutatása a két vegyület egymással csaknem fedésbe lévő reflexiói miatt megbízhatóan csak a technika fejlődésével vált lehetővé. Ez jól látható a 3. ábrán [13].

Mivel a talajszint alatt több méter mélységben lévő létesítmények vizsgálata igen körülményes és költséges, az is elképzelhető, hogy ma még kevés adat áll rendelkezésre, és a mélyben több helyen is ketyeghet a „taumazitbomba”.

A TEG javaslatai alapján a veszély minimalizálása érdekében több óvintézkedést javasoltak, illetve vezettek be.



3. ábra. XRD felvétel az ettringitről és taumazitról
XRD picture of Ettringite and Thaumasite

2.2.2. Első nemzetközi konferencia, „Taumazit a cement-tartalmú anyagokban” [8]

A 2001 májusában Londonban szervezett konferencián a 16 országból érkezett előadók 63 előadást tartottak. Ezek közül a legérdekesebbeket tekintjük át.

2.2.2.1. Alap kutatások

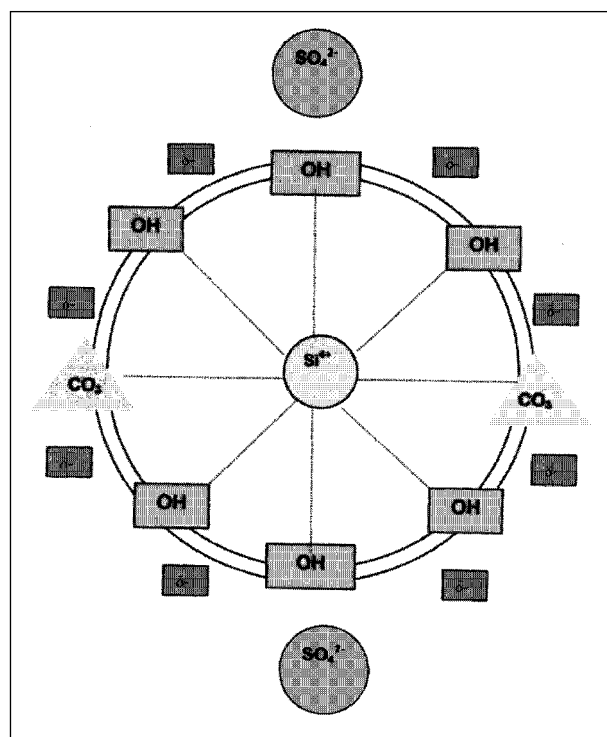
A taumazit stabilitásának kérdéseivel kapcsolatban figyelemre méltóak Bensted [1], valamint Barnet és szerzőtársainak kutatásai [16]. Megállapították, hogy bár a taumazit alacsony hőfokon képződik ($t < 15^\circ\text{C}$), stabilitását 110°C -on is megőrzi, tehát hőmérsékleti stabilitása nagyobb, mint az 50°C felett bomló ettringit [17, 18]. Ez valószínűleg azzal van összefüggésben, hogy a taumazit azon ritka vegyületek közé tartozik, amelyekben a Si-O kötések koordinációs száma nem a szokásos négy, hanem hat. (Ilyen tulajdonsággal közönséges hőmérsékleten és nyomáson a taumazit kromát és germanát analógján [19] kívül csak néhány szilícium-foszfát rendelkezik.) A hatos (oktaéderez) koordináció azért alakul ki, mert a CO_3^{2-} csoportok delokalizálják az erősen polarizált Si^{4+} kationokat, melynek hatására létrejön a $[\text{Si}(\text{OH})_6]^{2-}$ oktaéderez koordinációja (4. ábra). Mivel az ettringitben az alumínium oktaéderez koordinációjú $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$, a taumazit képződése „vudfordit úton” (3–6. egyenlet) könnyebben megy végbe, mint „közvetlen úton” (1–3. képlet).

Rámutatnak arra is, hogy a hexagonális taumazit és az alacsonyabb szimmetriájú (trigonális) ettringit kristályszerkezete az eltérő kristályosztály ellenére eléggé hasonló ahhoz, hogy szilárd oldatot (vudfordit-sor) képezhessenek. Az elegykristály azonban nem folytonos, ugyanis hiányoznak az elemi cella c-tengelye $11,11\text{--}11,17\text{ \AA}$ síkhálótávolságnak megfelelő XRD reflexiók. Ez fontos lehet a két fázis XRD reflexióinak azonosításakor.

Juel és szerzőtársai [19] nyolc (!) összetevős rendszer (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaSO_4 , CaCO_3 , H_2O) stabilitási körülményeit vizsgálták. Megállapították, hogy

abban primer kiválási tartománnyal rendelkező stabil fázisként C-S-H, portlandit, ettringit, brucit, monoszulfát ($\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_{12}$), monokarbonát ($\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_{12}$), kalcit, dihidrát és AFm-fázis (aluminát-ferrit-monoszubsztituált, pl. monoszulfát és -karbonát) keletkezhet.

Taumazit azonban csak akkor képződhet stabil vegyületté, ha a szulfátkoncentráció elegendő a primer gipszkiváláshoz. Ezért például AFm-fázisok jelenlétében, mivel elsődleges kiválási tartományuk ennél kisebb szulfáttartalomhoz tartozik, stabil fázisként nem lehet jelen taumazit.



4. ábra. A taumazitstruktúrát stabilizáló töltésselődés egyszerűsített szemléltetése (δ a negatív aniontöltés eltolódásának szóródását jelzi)
Schematic rendering of charge displacement stabilizer the material-structure of Thaumasite

Purnel és szerzőtársainak vizsgálatai [20] jó példái annak, hogyan lehet tipikusan alap kutatás jellegű vizsgálatoknak gyakorlati jelentősége. Bebizonyították ugyanis, hogy a taumazitképződést olyan másodrendűnek tartott tényezők is befolyásolják, mint az alit polimorfizmusa. Azt tapasztalták, hogy a MgSO_4 oldatban 5°C -on tárolt monoklin alit ($\sim\text{C}_{54}\text{S}_{16}\text{AM}$) – ($\beta\text{-C}_2\text{S}$) keverékben CaCO_3 és Al_2O_3 jelenlétében 100 nap után csak taumazit, ettringit és ezek szilárd oldata (vudfordit) van jelen. Ezzel szemben az ugyanilyen körülmények között tárolt triklin alit jelenlétében a szulfátvegyületek közül kizárólag dihidrát képződése ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) volt kimutatható. S mivel, mint Sas [21] vizsgálatai is igazolták, a klinkerégetés hatást gyakorol az alit polimorfizmusára, a cement „taumazitálóságának” befolyásolására már a kemencében is megvan az elvi lehetőség.

2.2.2.2. A cementfajta hatása a TSA-ra

A különböző cementfajták „taumazitállóságával” kapcsolatos véleményekben elég sok az ellentmondás. Sokan összefüggést látnak a cementgyártás-technológia fejlődésével párhuzamosan növekvő mésztelítés (C_3S -tartalom), valamint az alkálitartalom és a TSA megjelenése között [9-10, 22].

A mészkőtartalmú cementekkel kapcsolatban a TEG-jelentés [10] úgy foglal állást, hogy „a portlandcementben lévő kis mennyiségű (5%-ig) karbonát a kavics- vagy mészkőbetonok teljesítőképességét nem csökkenti”. Ezzel szemben Hill [22], Higgins [23], Crammond [24-25] és szerzőtársaik már ezt a mennyiséget is károsnak tartják, ezért az EN 197-1 szabvány felülvizsgálatát javasolják, elsősorban a mészkőportlandcementekre (CEM II/A-L, CEM II/B-L) vonatkozóan [25]. Ezzel kapcsolatban figyelmet érdemel Smallwood és szerzőtársainak [26] az a megfigyelése is, hogy az alkáli-karbonát-reakció okozta korrózió elősegíti a taumazit képződését.

De nem egységes a kis C_3A -tartalmú szulfátálló portlandcementek megítélése sem. Crammond és szerzőtársai [25-26, 28], valamint Lipus és Sylla [27] szerint jobban ellenállnak a TSA-nak, Nobst és Stark [29] viszont azt állítja, hogy már az e cementekben jelen lévő kisebb mennyiségű alumínát is elősegíti a taumazitképződést.

Megoszlanak a vélemények a pernye befolyásáról is. Crammond és szerzőtársai [24-25] szerint a nagy pernyetartalmú cementek erősen ki vannak téve a taumazit támadásának, Mulenga és Stark [30] viszont úgy találta, hogy még a kevésbé ellenálló mészkőportlandcementeknél is csökkenti a taumazitképződés veszélyét a pernye.

A kohósalak befolyását a kutatók többsége – különösen, ha nagy ez a részarány (30% klinker + 70% kohósalak) – kedvezőnek tartja [10, 24, 27], bár ellenvélemény e vonatkozásban is akad [29-30].

Érdekes, hogy a manapság igen divatos szilikapor hatását sem tartja mindenki kedvezőnek. Az esetenkénti kedvezőtlen viselkedést azzal magyarázzák, hogy a szilikapor puccolános hatása alacsony hőmérsékleten mérsékeltebb [30]. Ezzel ellentétben a nálunk ismeretlen metakaolin és nanoszilikát [30] megítélése egységesen pozitív.

2.2.2.3. Adalékanyag, betontechnológia

Mint erre utaltunk, a tömeges betonkárosodás mészkő- vagy még inkább dolomitbetonoknál jelentkezett [10], ezért az Egyesült Királyságban olyan műszaki irányelveket és szabványokat dolgoztak ki, amelyek a veszélyeztetett helyeken korlátozzák a karbonátos adalékanyagok alkalmazását.

Az sem lehet vita tárgya, hogy a nagyobb cementtartalmú, kisebb víz-cement tényezőjű, jobban tömörített beton a TSA-nak is jobban ellenáll.

Nem ennyire nyilvánvaló az a megfigyelés, hogy a beton előzetes levegőztetése növeli az ellenálló képességét

[10, 25], ami összefüggésben lehet a beton és a talajvíz érintkezési felületén kialakuló pH-val. Ugyanis a levegő szén-dioxid-tartalmának hatására csökkenő OH^- koncentráció növeli a beton ellenálló képességét az ugyanolyan töltésű anionokkal (SO_4^{2-} , CO_3^{2-}) szemben [9-10].

Összefoglalva és részben magyarázva az ellentmondásokat, a következőket szeretnénk megjegyezni.

- A vizsgálatok igen széles időskálára (pár héttől pár évtizedig) terjednek ki, holott természetesen nem mindegy, mennyi ideig érvényesült a szulfáthatás.
- Ugyancsak különbözött a korrózív hatás előtti szilárdulási idő (0-tól néhány hétig).
- Az eltérő körülmények hatására megváltozhat a pórusvíz pH-ja.
- A szulfátanion melletti kationok különbözősége (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ stb.) is jelentős befolyást gyakorolhat.

Ezért fontos a károsodások vizsgálata természetes körülmények között. E témakörben számos előadás hangzott el.

2.3. Esettanulmányok

A legrészletesebben természetesen a közép-angliai autószertráda műtárgyainak károsodását elemezték. Az erre vonatkozó legfontosabb adatokat a következőkben foglalkozunk össze.

2.3.1. TSA a közép-angliai autószertráda műtárgyain

Az Autószertráda Ügynökség felügyeletével feltárt előfordulásokról tartott előadások nyomán [31-36] még egyszer összegezzük a legfontosabb tudományos és műszaki információkat. (2. táblázat).

(2. táblázat)

TSA a közép-angliai autószertráda-műtárgyakon
Some characteristic data of TSA in concrete structures of highways at the Midland

Körülmények	Jellemzés
Helyszín	Közép-Anglia, M5 (M1, M4) autót
Épült	1968–71
A károsodást felfedezték	1989–91
A károsodás jellemzése	4-5 m mélyen híd vb. oszlop, cölöp, ~ 200 db
Beton	C35-40
Cement	CEM I 42,5 N
v/c	~ 0,4
Adalékanyag	Mészkő, dolomit
Talaj	Alsó-liász, mállott, oxidálódott pirites agyag
Talajvíz	Enyhén szulfátos, pH ~ 8–8,4
A kár jellege	A betonon a talajvíz alatt 30–45 mm fehér pépesedés
Intézkedések	Feltárás, javítás, műszaki irányelv, szabványmódosítás

Az autószertráda-műtárgyak alaposan feltárt példái kivül ismertetett további mintegy harminc károsodást – talán kissé önkényesen – a következők szerint csoportosítottuk.

- a) *Az angliaihoz hasonló „tipikus” TSA.* Ilyen esetek az északi félteke legészakibb országaiban a leggyakoribbak. Iden és Hegela [37] nyolc norvégiai károsodásban találta bűnösnek a TSA-t. A szerkezetek közül négy szulfátos (timsós) agyaggal körülvett acélszál-erősítésű löttbeton, mely 2–13 év elteltével szenvedett károsodást. Idesorolhatunk még néhány kanadai megfigyelést. Thomas és szerzőtársai [38–39] szulfátos talajban lefektetett vízvezetékcső és szulfidos agyagra épült járdakárosodásról tudósítanak. De ezekhez áll legközelebb a Stark [13] által legkorábban azonosított károsodások azon része, melyet szulfidos-szulfátos agyagtalajokban létrehozott műtárgyakon észleltek.
- b) *Alagutak, füst, kipufogógáz hatása.* Külön „családot” alkotnak a vasúti és közúti alagutakban jelentkező károsodások. Iden és Hagela [37] Norvégiában négy ilyen esetről számol be. De szép számmal találni erre svájci példát Rommer és munkatársai [38–39], valamint Németországban Freiburg [40] és Szlovéniában Strupi Šput [41] közleményeiben. Idesorolhatjuk a mi Népstadionunkat is [42], amit szintén megcsapott a mozdony füstje. Erről azonban egy későbbi közleményben részletesebben fogunk beszámolni.
- c) *Tengervíz, egyéb sóoldat hatása.* A sarkvidéktől a Földközi-tenger partjáig bőven találunk példát tengervíz okozta TSA-ra. Északról dél felé kezdjük a felsorolást egy Kanadában árapályhatásnak kitett betonlétesítménnyel [43]. Európában legészakabbra Norvégiában egy tengervízzel is érintkező 5 km-es fjordalagútban szilikapor-tartalmú beton szenvedett károsodást [37]. Már említettük a dél-walesi kikötő lépcsőburkolata ágyazóhabarcsának károsodását [44]. De idesorolhatjuk Németországban azt a sós vizet uszodát, amelynek közép-triász kagylóméshéjből készült fenékbetonját teljesen tönkretette a TSA [45].
Az 1728-ban épült amszterdami csatornahíd tönkremenet mészpuccolán habarcsának károsodásában pedig a szakszerűtlen habarcsjavítás legalább olyan fontos szerepet játszhatott, mint a szél hordta tengervíz sós permete [46]. Nagyjából ugyanez vonatkozik a néhány ezer kilométerrel délkeletre, az anconai (Olaszország) történelmi kikötőnegyedben szakszerűtlenül készített falazóhabarcs károsodására is [47].
- d) *Habarcskárosodások.* A TSA e típusával azért érdemes külön foglalkozni, mert valamennyi közül ezt tekinthetjük legkevésbé földrajzi helyhez kötöttnek. A néhány korábban említett eseten kívül [44, 46] megemlíthetünk még két-két olaszországi [47–48], kaliforniai [50–51] és dél-afrikai [52] példát is. Közöttük előkelő helyet foglalnak el a műemlék épületek falazatainak és habarcsainak szakszerűtlen javításai.

A kötelező objektivitás okán meg kell említenünk, hogy nem mindenki osztotta a TSA-veszéllyel kapcsolatos pesszimiztikus véleményeket. Kételyeit igen szenvedélyesen fogalmazta meg Fountain [53]. Az előadás lakonikus rövidségű címválasztása is sokat sejtet: „*A TSA mítosza*” („*The Mith of TSA*”).

Majd lényegében azt fejté ki, hogy TSA nincs, ugyanis a taumazit csupán a kénsavkorrózió során szélsőséges körülmények közt, másodlagosan, véletlenszerűen keletkező vegyület, az egész kérdés csak akadémikus jellegű, és az 5 cm mélységű pépesedés 30 év alatt nem is olyan sok.

(Két megjegyzés: attól, hogy kénsavkorrózió hozza létre a taumazitot, azért még létezik. Másrészt pedig: hol marad a 10 mm-es vastakarás?)

Majd így folytatja: „A véleményem tehát az, hogy a TSA valójában nem egyéb mítosznál.” Előadását pedig a TEG-jelentésekre célozva így zárja: „A TSA-val kapcsolatos előterjesztések és javaslatok feleslegesek és hatástalanok, hosszabb távon nem hatékonyak, viszont súlyosan megterhelik az ország költségvetését.”

2.4. Összegzés

Ilyen markáns vélemény után nehéz végszót találni saját véleményünk megfogalmazására. Maradjunk talán annyiban: az esetleges TSA miatt nem kell pánikba esni, azonban az európai betonszabványban megkövetelt 50 éves garanciára való tekintettel nem szabad a kérdést a szőnyeg alá söpörni. Már csak azért sem, mert negatív hazai tapasztalataink is vannak. Ezekről és az eddigi kutatási eredményeinkről hamarosan beszámolunk.

Irodalom

- [1] Bensted, J.: ZKG International. 53. k. (12. sz.) 706. old. (2000).
- [2] Fehér B. – Sajó I.: Topographia Mineralogica Hungariae. 8. k. 87. old. (2003).
- [3] Koch S.: Magyarország ásványai. Bp., 1985.
- [4] Herman Ottó Múzeum ásványtára. www.mineral.hermuz.hu/fajok_9.htm - 20k
- [5] www.staffs.ac.uk/schools/sciences/geography/links/IESR/Publications.html - 104k
- [6] www.crystalstar.org/bbs/New%20Minerals%20abstracts.htm - 75k
- [7] Erlin, B. – Stark, D.: Highway Research Record. 113. sz. 108. old. (1965).
- [8] 1st International Conference on Thaumassite in Cementitious Materials. London, 2001.
- [9] Crammond, N. J.: 1st International Conference on Thaumassite in Cementitious Materials. London. (2001), továbbiakban: 1st Conf.
- [10] Clark, L. A.: Report of the Thaumassite Expert Group, DETR. London, (1999).
- [11] Révay M.: Beton. 9. k. 6. sz. 6. old. (2001).
- [12] Révay M.: Beton. 13. k. 1. sz. 3. old. (2005).
- [13] Stark, D. C.: 1st Conf.
- [14] Clark, L. A.: Thaumassite Expert Group One Year Review. London (2000).
- [15] Clark, L. A.: Thaumassite Expert Group Report: Review after three years experience. London (2002).

[16] *Barnet, S. J. és tsai:* 1st Conf.
 [17] *Révay M. – Nagy A.-né:* Építőanyag. 30, 473. old. (1968).
 [18] *Bensted, J. – Varma, S. P.:* Silicates Industry. 39. k. 11. old. (1974).
 [19] *Juel, D. és tsai:* 1st Conf.
 [20] *Purnel, P. és tsai:* 1st Conf.
 [21] *Sas L:* 21st. International Conference on Cement Microscopy, Las Vegas, 1999.
 [22] *Hill, J. és tsai:* 1st Conf.
 [23] *Higgins, D. D. – Crammond, N. J.:* 1st Conf.
 [24] *Crammond, N. J. és tsai:* 1st Conf.
 [25] *Crammond, N. J. – Collet, G. W.:* 1st Conf.
 [26] *Smallwood, I. és tsai:* 1st Conf.
 [27] *Lipus, K. – Sylla, H. M.:* 1st Conf.
 [28] *Crammond, N. J. és tsai:* 1st Conf.
 [29] *Nobst, P. – Stark, J.:* 1st Conf.
 [30] *Mulenga, D. M. – Stark, J.:* 1st Conf.
 [31] *Wallace, J.:* 1st Conf.
 [32] *Slater, D. és tsai:* 1st Conf.
 [33] *Floid, M. – Wimpenny, D. E.:* 1st Conf.

[34] *Gorst, N. S. J. – Clark, L. A.:* 1st Conf.
 [35] *Collard-Jenkins, S. J., és tsai:* 1st Conf.
 [36] *White, S. J. és tsai:* 1st Conf.
 [37] *Iden, I. K. – Hagela, P.:* 1st Conf.
 [38] *Romer, M. és tsai:* 1st Conf.
 [39] *Romer, M.:* 1st Conf.
 [40] *Freiburg, E. – Berninger, A. M.:* 1st Conf.
 [41] *Strupi Šuput, J és tsai:* 1st Conf.
 [42] *Révay M. – Gábel V.:* 1st Conf.
 [43] *Thomas, M. D. A és tsai:* 1st Conf.
 [44] *Sibbick, T. és tsai:* 1st Conf.
 [45] *Freiburg, E. – Berninger, A. M.:* 1st Conf.
 [46] *van Hees és tsai:* 1st Conf.
 [47] *Corinaldesi, V. és tsai:* 1st Conf.
 [48] *Veniale, F. és tsai:* 1st Conf.
 [49] *Thomas, M. D. A. és tsai:* 1st Conf.
 [50] *Diamond, S.:* 1st Conf.
 [51] *Oberholster, R. E. és tsai:* 1st Conf.
 [52] *Fountain, E. J.:* 1st Conf.

* * *

SZAKHÍREK

Tetőakadémia 2006

Nagy sikerrel zárult a TONDACH kezdeményezésére második alkalommal életre hívott rendezvénysorozat. Négy városban összesen mintegy nyolcszáz építész szakember vett részt az egész napos konferenciákon, ahol naprakész információhoz juthattak a tetőtér magas színvonalú kialakításával kapcsolatban.

Elsősorban a tető, illetve a beépítésre váró tetőtér értékes, esztétikus és időtálló kivitelezésének fontos pontjairól esett szó a pécsi, a zalaegerszegi, a miskolc-lillafüredi és a budapesti helyszíneken. A rendezvénysorozatot öt, a saját területén piacvezetőnek számító gyártó jegyzi. A TONDACH, a Velux, a Rheinzink, a Bachl és a Graphisoft CAD Stúdió elismert szakelőadói rávilágítottak az építészek által problémásnak talált tetőmegoldások helyes kialakítására. Az előadások tematikája logikusan követte a tetőtervezés minden lépését az eresztől a tetőgerinc felé haladva.

Már tavaly is nagy érdeklődés kísérte a Tetőakadémia rendezvényeit, akkor közel ötszáz építész hallgatta végig az előadásokat, ám idén minden várakozást felülmúlt a nyolcszáz résztvevő. A 2006-os Tetőakadémián újdonságnak számító szekcióülések is beváltották a hozzájuk fűzött reményeket, s óriási érdeklődéssel zajlottak a kiscsoportos beszélgetések, melyeken olyan témákat érintettek, mint a tervező felelőssége a költségvetési kiírásban tetőtervezés esetén, de megvizsgálták a hamarosan életbe lépő energiatanúsítvány számítását a gyakorlatban, valamint az értéknövelő épületfelújítás kérdését is.

A tavalyi konferenciák sikere az idei Tetőakadémián érződik igazán, ezt mutatja a megnövekedett részvételi arány is. Az építészekből kapott visszajelzésekből kiderül, hogy a hallottakat kiválóan tudják hasznosítani a gyakorlatban. A budapesti helyszínen több mint 400 szakember

volt kíváncsi az előadásokra. A hatás azonban nem egyirányú, hiszen a szekcióüléseken felmerülő újabb kérdéseket a következő évi Tetőakadémia tematikájába tudják beépíteni a szervezők, így évről évre valóban naprakész problémamegoldásokkal találkozhatnak a résztvevők.

A Tetőakadémia létjogosultsága tehát kétségtelen, az építész tervezőknek igényük van arra, hogy a piac legújabb anyagaival, eljárásaival és az akadályt jelentő pontokkal megismerkedjenek, hogy munkájukba beépítve a tanultakat minőségi terveket tegyenek le a megrendelő asztalára.

* * *

Az **Építőanyag 2006/1. számában** megjelent „*BAT technológiai ajánlások a kerámiaipar számára*” c. írással kapcsolatban – a szerző kérésére – megjegyezzük, hogy a cikkben idézett, a munka indításakor érvényes 193-as helyett új jogszabály jelent meg: a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról.

A 2006. évi Építők Napja alkalmából
Miniszeri Elismerő Oklevél kitüntetést kaptak
az SZTE felterjesztésére:

**Gál László, Haraszi László,
Lázár Vendel, Dr. Szaladnya Sándor,
Szarkándi János;**

az ÉVOSZ felterjesztésére:

Regenhart Péter;

a MÉASZ felterjesztésére:

Kiss Róbert, Lippay Péter

SZTE-tagok;

valamint az ÉVOSZ felterjesztésére a

Magyar Építéstechnika főszerkesztője, **Máté Klára.**

Gratulálunk és további jó egészséget kívánunk!

Az SZTE vezetősége és tagsága

ÉPÍTŐANYAG-IPAR

A szilikátipar 2005. évi növekedési ütemének jelentős iparági differenciálódása

Kunvári Árpád

2005-ben a szilikátipar egészének („26 Nemfém ásványi termék gyártása” ágazatnak) az értékesítése ugrásszerűen, 18,1%-kal nőtt, ezen belül a belföldi eladás 17,7%-kal, az export pedig 19,2%-kal bővült. A más ágazatba sorolt homok-, kavicsbányászat értékesítése még ennél is nagyobb ütemben, 32%-kal növekedett.

A bővülés ütemében látszólag döntő szerepet játszott a fő felhasználó, az építőipar szintén ugrásszerű, 16,6%-os felfutása. Ténylegesen azonban a nagy építőipari növeke-

dés olyan struktúrában valósult meg, mely csak néhány építőanyag-csoportnál hozott ugrásszerű értékesítésbővülést, sőt a nagyobb növekedések egy része sem építési célú felhasználási területeken realizálódott, miközben jelentős részarányt képviselő iparágak értékesítése csökkent vagy az előző évi szinten maradt, más iparágak, fő termékcsoporthoz az átlagosnál kisebb mértékben nőttek, azaz az iparágak növekedési üteme – az 1. táblázatban foglaltak szerint – nagymértékben differenciálódott.

1. táblázat

A 2005. évi értékesítés alakulásának üteme szerinti iparági csoportosítás

Ágazat, ill. alágazat	Értékesítés (milliárd Ft)		Index (előző év: 100%)	
	Belföldi	Export	Belföldi	Export
26 Nemfém ásványi termék gyártása (ágazat összesen)	326	98	117,7	119,2
I. Nagy ütemben nőtt				
2611 Síküveggyártás	5,7	10	261	153
2615 Műszaki és egyéb üvegtermék gyárt.	3,2	6,7	213	105
2670 Építőkő, díszítőkő megmunkálása	8,4	0,1	211	129
2682 Egyéb (főleg aszfalttermék) gyártása	52	11,6	196	286
2626 Tűzálló kerámiák gyártása	4,1	10,9	193	99
2652 Mészgyártás	4,4	0,6	183	79
1421 Kavics-, homokbányászat	39,5	1,2	130	211
II. Az átlagosnál kisebb ütemben nőtt				
2661 Építési betontermék gyártása	61,8	5,5	113	205
2651 Cementgyártás	56,7	2,9	107	85
2612 Síküveg továbbfeldolgozása	10,6	5	105	120
2663 Előre kevert beton gyártása*	32	0,9	101	230
III. Az értékesítés csökkent vagy lényegében szinten maradt				
2640 Téglá- és cserépipar	37	6,4	99	159
2664 Habarcsgyártás	19,3	2,4	98	166
2613 Öblösüveggyártás	7,3	7,3	98	88
2630 Kerámiacsempe és -lap gyártása	6,8	1,1	93	78
2621 Háztartási kerámia gyártása	4,2	7	87	93

* Csak az ágazatba sorolt gyártókra vonatkozóan.

Forrás: KSH

Elemzésünk szerint a 2005. évi növekedési ütemnek szakágazati differenciálódását meghatározó fő tényezők a következők voltak.

- A hagyományos építőanyag-kereslet alakulását meghatározó építési struktúra lényeges változása, főleg azáltal, hogy
 - egyrészt elsősorban a mélyépítés jellegű egyéb építmények (utak, vezetékek stb.) építése nőtt, mégpedig a statisztika szerint 21,4%-kal;
 - másrészt az épületek építése nemcsak kisebb mértékben (12,5%-kal) bővült, hanem a fő építőanyag-keresleti tényezőt képező lakásépítés lényegében az előző évi szinten maradt, sőt a kész lakásokat illetően csökkenés jelentkezett (2004-ben felfutott 42 913 lakással szemben 2005-ben 41 084 kész lakást vettek át);
 - harmadrészt a más ágazatok, iparágak olcsóbb, helyettesítő versenytermékeit előtérbe állító építési struktúraváltozások fokozódtak.
- Az olcsóbb importtermékek értékesítés-csökkentő hatása egyes iparágaknál erőteljesebben jelentkezett.
- A nem építőanyagot gyártó iparágak termékei iránti kereslet néhány iparágnál csökkent vagy stagnált, miközben más iparágak, termékcsoportok értékesítése nőtt.
- Egyes termékcsoportok értékesítésére átmenetileg lényeges befolyást gyakorolt a gyári rekonstrukciók, felújítások időbeni alakulásának termelési hatása.

A fenti és még további tényezők differenciáló hatását a felsorolt iparágakra vonatkozóan – az 1. táblázat sorrendjében – röviden a következőkben konkretizáljuk.

A síküveggyártás belföldi értékesítésének 161%-os, exportjának 53%-os növekedése lényegében a rekonstrukciós bővítést követő termelésfelfutásra vezethető vissza. Ezen belül a belföldi értékesítés bővülésében szerepet játszott az építőipari felhasználás növekedése is, de az értékesítés növekedésének döntő része nem építési célú felhasználás területén realizálódott.

A műszaki üveg gyártása belföldi értékesítésének megduplázódását jórészt a gyógyszeripari, laboratóriumi felhasználásbővülés eredményezte, mely részben importkiváltással volt összefüggésben.

Az építőkö, díszítőkö belföldi felhasználásának megduplázódása főleg az igényesebb épület- és építményrekonstrukciók felfutásának, valamint az értékesebb termékfelék részaránya növekedésének az eredménye.

A 2682 egyéb termékcsoport belföldi értékesítésének – az ágazati bővülésben jelentős szerepet játszó – megduplázódásában a döntő tényezőt az útépítés felfutásához igényelt aszfaltburkolati termékek iránti felfokozott kereslet képezte.

A tűzálló kerámiák gyártásának 93%-os belföldi értékesítésbővülésében a különböző ipari kemencerekonstrukciók beindulása játszott fő szerepet.

A mészgyártás belföldi értékesítésének 83%-os növekedésében csak kis részarányt képviselt az építési célú felhasználás. A fő tényezőt az ipari célú felhasználás ugrásszerű bővülése képezte.

A 2661 építési betontermék gyártásának, belföldi értékesítésének 13%-os bővülése elsősorban a vízépítési, csatornázási betonelemek, valamint az útépítési betonelemek, továbbá az épületszerkezeti elemek keresletének növekedésén alapult.

A cementgyártás mennyiségileg – a növekvő olcsóbb import következtében – csak 3%-kal haladta meg az előző évi szintet. Az értékesebb cementek arányának növekedése hozta a 7%-os belföldi értékesítésbővülést.

A síküveg továbbfeldolgozása 5%-os belföldi növekedésében a fő tényezőt a nyílászárók szerkezeti rekonstrukciójának fokozódó hőszigetelőüveg-igénye jelentette.

Az előkevert beton (transzportbeton) értékesítése – a mélyépítés felfutásával összefüggésben – országos szinten meghaladta 14%-ot. Ezen belül az ágazat keretében nyilvántartott betonüzemeknél azonban csak 1%-os növekedést mutatott ki a statisztika.

A tégl- és cserépipar belföldi értékesítésének az előző évi szinten maradását döntően a lakásépítés felfutásának megtorpanása, részben pedig az olcsóbb helyettesítő termékek részarányának növekedése és az import határozta meg.

A habarcsgyártás belföldi értékesítésének 2%-os csökkenése szintén döntően a lakásépítés felfutásának megtorpanására és az import növekedésére vezethető vissza.

A kerámiaacsempe és -lap gyártásának, értékesítésének csökkenése az importtúlsúlyon túlmenően a belföldi kereslet (talán átmeneti) visszaesésével is összefügg. A belföldi csempekereslet csökkenése karakterisztikusan jelentkezett a lakásépítés alakulásának (megtorpanásának és összetételi változásának) kihatásaként.

A háztartási kerámia gyártása és az öblösüveggyártás visszaesésének egyaránt fő tényezője a fogyasztási, vásárlási és az ajándékozási szokások változásával előállott keresleti struktúraváltozás. A hazai gyártásban domináns középkategóriás termékek iránti kereslet világszerte csökken, az igénybővülés mindinkább az olcsó, keleti tömegtermékekre korlátozódik.

Mindezek alapján milyen tanulságokat vonhatunk le az iparágak 2005. évi növekedésének nagymértvű differenciálódásából? Mindenekelőtt azt, hogy a hagyományos építőanyagok iránti kereslet növekedése legalább annyira függ az építési struktúra alakulásától, mint az építési felfutás globális ütemétől. Továbbá azt, hogy az importtal és a más ágazatok, iparágak helyettesítő termékeivel folyó versenyben mind meghatározóbb tényezővé vált a kínálati árszint, mivel a kereslet bővülése nagyrészt az olcsóbb termékek vásárlásának fokozódásában realizálódik.

EGYESÜLETI ÉS SZAKHÍREK

A Szilikátipari Tudományos Egyesület XXIX. Küldöttgyűlése 2006. május 17., MTESZ Budai Konferencia Központ

A küldöttgyűlést *Riesz Lajos* levezető elnök nyitotta meg. A hivatalos program előtt *Nagy Gábor Miklós*, a Nemzeti Fejlesztési Hivatal kommunikációs főosztályvezetője tartott előadást „Az építőipar lehetőségei a II. Nemzeti Fejlesztési Tervben” címmel.

Az éves munkáról írásos beszámoló készült, amelyet *Asztalos István* főtitkár szóban kiegészített. Kiemelten fontos feladatként jelölte meg:

- az egyéni és a pártoló tagvállalatok létszámának bővítését,
- a rendezvények szervezését és
- a szakoktatás és továbbképzés területén való tevékenységet.

Lippay Péter, az Ellenőrző Bizottság tagja elmondta, hogy az Egyesület mérlegét, eredménykimutatását és közhasznúsági jelentését megvizsgálva megállapítja a bizottság, hogy a pénzügyi működés a jogszabályoknak megfelelően történt.

Az Egyesület gazdálkodásáról, a 2005. évi költségvetés teljesítéséről és a 2006. évi költségvetési tervekről *Koska János* főtitkárhelyettes számolt be. Megállapította, hogy az Egyesület a 2005. évet eredménnyel zárta. A 2006. évi költségvetés tervezete veszteséggel számol. Felhívta a figyelmet a takarékos gazdálkodásra.

A küldöttgyűlés az előterjesztett napirendi pontokat elfogadta:

- 1/K/06. sz. határozat: a küldöttgyűlés az Egyesület 2005. évi tevékenységéről és a 2006. évi terveiről szóló beszámolót elfogadta.
- 2/K/06. sz. határozat: a 2005. évi Közhasznúsági jelentést a küldöttgyűlés elfogadta.
- 3/K/06. sz. határozat: a küldöttgyűlés az Ellenőrző Bizottság jelentését elfogadta.



Dr. Szépvölgyi János, Dr. Balázs György



Dr. Gálos Miklós

- 4/K/06. sz. határozat: a küldöttgyűlés a 2005. évi költségvetés teljesítéséről szóló beszámolót elfogadta.
- 5/K/06. sz. határozat: a küldöttgyűlés a 2006. évi költségvetés-előirányzatot elfogadta.

A küldöttgyűlésen három tagtárs kapott *Szilikátiparért Emlékérem* kitüntetést:

Dr. Szalóki Gyuláné, az SZTE ügyvezető titkára 1992-től 2006-ig,

Dr. Balázs György, a műszaki tudomány doktora, professor emeritus, az SZTE Beton Szakosztályának tiszteletbeli elnöke,

Dr. Gálos Miklós egyetemi tanár, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, az SZTE Kő- és Kavics Szakosztályának elnöke.

Az *Örökös Tagok* avatásával zárult a küldöttgyűlés. Az Egyesület Örökös Tagja lett:

Dr. Kolostori János, Cement Szakosztály,

Kóti Imre, Téglá- és Cserép Szakosztály,

Dr. Soóki-Tóth Gábor, Finomkerámia Szakosztály,

Dr. Svoboda Vilmos, Finomkerámia Szakosztály.

* * *

Közhasznú jelentés

a Szilikátipari Tudományos Egyesület 2005. évi beszámolójához és eredménylevezetéséhez

Az SZTE mint közhasznú szervezet gazdálkodását

- a közhasznú szervezetekről szóló 1997. évi CLVI. törvény,
- a 114/1992. (VII. 23.) Kormányrendelet a társadalmi szervezetek gazdálkodási tevékenységéről;

a beszámoló készítését

- a számvitelről szóló módosított 2000. évi C. törvény,
- az egyéb szervezetek beszámolóképzési és könyvvezetési kötelezettségéről szóló 224/2000. (XII. 19.) Kormányrendelet szabályozza.

1. Kettős könyvvitelt vezető egyéb szervezetek közhasznú egyszerűsített beszámolójának mérlege, eredménykimutatása

(1. és 2. sz. melléklet)

2. Költségvetési támogatás felhasználása

2005. évben az Egyesület direkt költségvetési támogatásban nem részesült.

3. Kimutatás a vagyon felhasználásáról

A kimutatás elkészítéséhez tartalmi előírások nem állnak rendelkezésre, így az Egyesület vagyonának felhasználását illetően csak a mérleg forrásoldalának elemzésére szorítkoztunk. Az Egyesület vagyonát a tőkéje testesíti meg. A saját tőke 2005-ben összesen 716 E Ft-tal növekedett, ami a közhasznú tevékenységből származó 481 E Ft és a vállalkozási tevékenység folyó évi 235 E Ft összege.

	Előző év, E Ft	Tárgyév, E Ft
Saját tőke	5453	6169
Induló tőke	1995	1995
Tőkeváltozás	2703	3458
Tárgyévi eredmény alaptevékenységből	294	481
Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	461	235

4. Cél szerinti juttatások

Az Egyesület valamennyi tagja – a tagsági viszony alapján – célszerinti juttatásként kapta meg:

- az Építőanyag c. szakmai folyóirat 2005. évi számait,
- az Egyesület működésének nyilvánosságát szolgáló egyesületi „Eseménynaptár”-t,
- az egyesületi rendezvénytermet és technikai szolgáltatást térítésmentesen – szakmai rendezvények alkalmával.

Pénzbeli juttatás:

- Szilikátiparért Emlékérem kitüntetésre 75 000 Ft
- Diplomadíj pályázatra 170 000 Ft

5. Kapott támogatások

2004. évi SZJA 1%-ból származó felajánlások 357 160 Ft

2003. évi SZJA 1%-ból származó, de 2005. évre tartalékolt 311 653 Ft

Központi költségvetési szervtől:

Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma 157 040 Ft

Gazdasági és Közlekedési Minisztérium 1 940 000 Ft

(támogatási szerződés alapján előírva, pénzügyileg 2006 első negyedévében realizálódott)

Pályázati úton kapott támogatás:

Nemzeti Civil Alapprogram
Működési célú támogatás 600 000 Ft
1%-os kampány támogatása 500 000 Ft

Egyéb költségvetési forrásból:

Iparfejlesztési Közalapítvány
Díszítőkő Konferenciára 200 000 Ft
Téglás Napok Konferenciára 50000 Ft

Egyéb közcélú felajánlásból:

„Az építés fejlődéséért” Alapítvány
Építőanyag című folyóiratra 250 000 Ft
Külföldi támogatás
Üvegipari Konferenciára 218 944 Ft
249 028 Ft

6. Vezető tisztségviselőknek nyújtott juttatások

A választott vezető tisztségviselőink tevékenységüket társadalmi munkában látják el, amelyért semmiféle külön juttatásban nem részesülnek, igazolt költségeik kerültek megtérítésre.

7. Beszámoló a közhasznú tevékenységről

A tudományos tevékenység és kutatás területén a tudományos eredmények közzétételének, azok megvitatásának színteret adó tudományos konferenciák, előadódulések, valamint más tudományos rendezvények szervezését és lebonyolítását emeljük ki.

Az év folyamán a következő nagy rendezvényeket tartottuk:

- XXII. Cementipari Konferencia, 2005. október 17–19.
- IV. Díszítőkő Konferencia, 2005. június 15.
- XX. Téglás Napok, 2005. október 20–21.
- Betonipari Konferencia „Új eljárások, új technológiák alkalmazása a közlekedés építésében” címmel, 2005. június 2.
- Üvegipari Konferencia, 2005. április 12.
- Üvegipari Konferencia, 2005. október 18.
- Kárpátaljai Integrációs Felkészítő Konferencia „Az EU házhoz jön” program keretében – magyar-ukrán építőipari tudományos konferencia és üzletember-találkozó, 2005. október 24–27.

A környezet- és természetvédelem témakörével foglalkozott:

- a Cementipari Szakosztály országos konferenciája,
- a Téglá- és Cserép Szakosztály országos konferenciája,
- az Üveg Szakosztály szakmai konferenciája.

Az Építőanyag című folyóirat megfelelően szolgálta az Egyesülethez tartozó szakmák tudományos területei iránt érdeklődők igényeit.

Összefoglalva rögzíthető, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesület 2005. évben megfelelt az Alapszabályában rögzített közhasznúsági feltételeknek.

SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
1027. Budapest, Fő utca 68.
Adószám: 19815943-2-41

1. melléklet

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ
EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK EREDMÉNYKIMUTATÁSA
2005. ÉV

adatok E. -forintban

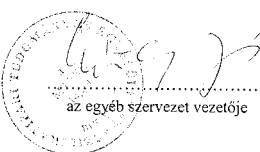
Sor szám a	A tétel megnevezése b	Előző év c	Előző év(ek) helyesbítései d	Tárgyév e
1	A. Összes közhasznú tevékenység bevétele (1.+2.+3.+4.+5.)	21 061	0	23 666
2	1. Közhasznú célú működésre kapott támogatás	1607	0	4719
3	a) alapítótól	0		0
4	b) központi költségvetéstől	157		2 497
5	c) helyi önkormányzattól	0		0
6	d) társadalombiztosítótól	0		0
7	e) egyéb, ebből 1% 669 EFT	1450		2 222
8	2. Pályázati úton elnyert támogatás	2039		1 600
9	3. Közhasznú tevékenységből származó bevétel	12359		11 997
10	4. Tagdíjból származó bevétel	4860		5 132
11	5. Egyéb bevétel	196		218
12	B. Vállalkozási tevékenység bevétele	851		434
13	C. Összes bevétel (A.+B.)	21 912	0	24 100
14	D. Közhasznú tevékenység ráfordításai (1.+2.+3.+4.+5.+6.)	20 767	0	23 185
15	1. Anyagjellegű ráfordítások	16930		17 329
16	2. Személyi jellegű ráfordítások	3038		4 688
17	3. Értéksökkenési leírás	48		108
18	4. Egyéb ráfordítások	744		1 060
19	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	7		0
20	6. Rendkívüli ráfordítások	0		0
21	E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai (1.+2.+3.+4.+5.+6.)	390	0	199
22	1. Anyagjellegű ráfordítások	231		107
23	2. Személyi jellegű ráfordítások	104		59
24	3. Értéksökkenési leírás	2		2
25	4. Egyéb ráfordítások	53		31
26	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	0		0
27	6. Rendkívüli ráfordítások	0		0

28	F. Összes ráfordítás (D.+E.)	21 157	0	23 384
29	G. Adózás előtti eredmény (B.-E.)	461	0	235
30	H. Adófizetési kötelezettség	0		0
31	I. Tárgyévi vállalkozási eredmény (G.-H.)	461	0	235
32	J. Tárgyévi közhasznú eredmény (A.-D.)	294	0	481

TÁJÉKOZTATÓ ADATOK

33	A. Személyi jellegű ráfordítások	4 747
34	1. Bérköltség	2 175
35	ebből - megbízási díjak	
36	- tiszteletdíjak	
37	2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	1 776
38	3. Bérjárulékok	796
39	B. A szervezet által nyújtott támogatások	510
40	C. Továbbutalási céllal kapott támogatás	0
41	D. Továbbutalt támogatás	0

Budapest, 2006. március 08.


az egyéb szervezet vezetője

SZILIKÁTIPI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
1027. Budapest, Fő utca 68.
Adószám: 19815943-2-41

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ
EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE
2005. ÉV

adatok E. -forintban

Sor szám a	A tétel megnevezése b	Előző év c	Előző év(ek) helyesbítései d	Tárgyév e
1	A. Befektetett eszközök (2.-5. sorok)	18	0	95
2	I. Immateriális javak			
3	II. Tárgyi eszközök	18		95
4	III. Befektetett pénzügyi eszközök			
5	IV. Befektetett eszközök értékhelyesbítése			
6	B. Forgóeszközök (7.-10. sorok)	7 248	0	5 401
7	I. Készletek			
8	II. Követelések	1 324		1 856
9	III. Értékpapírok			
10	IV. Pénzeszközök	5 924		3 545
11	C. Aktív időbeli elhatárolások	126	0	2 255
	ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN			
12	(1.+6.+11. sor)	7 392	0	7 751
13	D. Saját tőke (14.-19. sorok)	5 453	0	6 169
14	I. Induló tőke	1 995		1 995
15	II. Tőkeváltozás	2 703		3 458
16	III. Lekötött tartalék			
17	IV. Értékelési tartalék			
18	V. Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	294		481
19	VI. Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	461		235
20	E. Céltartalékok	0	0	0
21	F. Kötelezettségek (22.-23. sorok)	399	0	864
22	I. Hosszú lejáratú kötelezettségek			
23	II. Rövid lejáratú kötelezettségek	399		864
24	G. Passzív időbeli elhatárolások	1 540	0	718
	FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN			
25	(13.-20.+21.+24. sor)	7 392	0	7 751

Budapest, 2006. MÁRCIUS 08..

az egyesület vezetője

MSZT-ELISMERÉSEK

A Magyar Szabványügyi Testület a szabványosítás területén végzett több évtizedes munkákat ismert el. „Szabványosításért” emléklapok és oklevelet kapott:

Illés Ferenc minőségirányítási vezető, a CEMKUT Kft. dolgozója. 1972-től foglalkozik a cement- és mészipar szabványosításával. A szabványosítás területén végzett sokéves tapasztalatával és gyakorlatával, valamint a szakmai terület ismeretében 1992 óta képviseli hazánkat a CEN/CT 51 Cement és mész építési bizottságban, és aktívan részt vesz a WG15 munkacsoport munkájában.

Juhász Gábor vezető szaktanácsadó, XELLA Magyarország Kft. Már 1986-ban, az ÉMI munkatársaként kezdett foglalkozni szabványosítási tevékenységgel. A szabványosításban szerzett gyakorlatát a XELLA Magyarország Kft. képviselőjében kamatoztatja, 2000 óta tagja és aktív munkatársa az MSZT/MB 108 Falazat műszaki bizottságnak. A

CEN/TC 125 Falazat európai műszaki bizottság munkáját segíti a szabványtervezetek, munkajavaslatok véleményezésében, az európai műszaki bizottság plenáris üléseire készítendő magyar állásfoglalások kialakításában.

Tóth Balázs termékfejlesztési vezető, Wienerberger Téglaiipari Zrt. Cége megbízottjaként 1997 óta kapcsolódott be a nemzeti szabványosítási munkába. Számos műszaki bizottság munkáját segíti aktív részvételével: az MSZT/MB 108 Falazat műszaki bizottság elnökhelyetteseként, az MSZT/MB 114 Kémények bizottság tagjaként. A CEN/TC 125 Falazat európai műszaki bizottság munkáját segíti a szabványtervezetek, munkajavaslatok véleményezésében, az európai műszaki bizottság plenáris üléseire készítendő magyar állásfoglalások kialakításában. Összefogja és irányítja a Wienerberger Téglaiipari Zrt. által rendezett szakmai fórumokon a szabványosítási feladatok és a velük kapcsolatban felmerülő kérdések megvitatását.

„Kiemelkedő pénzügyi támogató” elismerésben részesült a **TONDACH Magyarország Rt.** Az égetett agyag szakterületen 1995 óta anyagilag támogatja a területére vonatkozó

európai cserépszabványok magyar nyelvű kidolgozását. Fő szponzora volt a CEN/TC 128 Átfedéses elhelyezési tetőfedő termékek és falburkoló termékek műszaki bizottság 2006. március 20-21-én Budapesten tartott plenáris ülésének. Rendszeresen támogatja a szakértők kiutazásának költségeit a CEN/TC 128 műszaki bizottság üléseire. Munkatársai aktívan segítik az MSZT/MB 111 Átfedéses elhelyezési tetőfedő termékek műszaki bizottság munkáját.

Mattyasovszky Zsolnay Eszter

FOLYÓIRATSZEMLE

Válogatás a Cement International folyóirat cikkeiből

Rövid áttekintés a 2006. évi első két szám publikációiról

Roppelt, T. Dienemann, W. és társai: Alternatív nyersanyagok alkalmazása cementklinker gyártáshoz.

C. I. 4. k. 1. sz. 54–63. old. (2006)

A múlt század nyolcvanas éveitől a természetes környezet megőrzésére való törekvés az átlagosnál is nagyobb hatást gyakorolt a cementiparra, melynek nyomán felértékelődött a klinkerégetésnél a legkülönbözőbb alternatív tüzelő- és nyersanyagok használata. Az újabb és újabb nyersanyagforrások közt – mint a cikkben olvasható – kuriózumként hat a tojáshéj alkalmazása cementipari nyersanyagként. Ez azért érdekes, mert a mésztartalmú hulladék anyagok meglehetősen ritkák. A magam részéről már készülök is a szelektív tojáshéjgyűjtésre. S megpróbálom kiszámítani azt is, vajon hány tojásrántottával lehetne kiváltani, mondjuk a nagyharsányi mészkőbányát...

Bodendiek, N. – Hoenig, V.: NO_x-csökkentés az előkalcinálóban való lépcsőzetes égetéssel – új megoldások.

C. I. 4. k. 1. sz. 65–75. old. (2006)

A Düsseldorf Cementipari Kutatóintézet hat cementipari forgókemencén végzett kísérletei szerint az előkalcinálóban megvalósított lépcsőzetes égetéssel jelentősen csökkenthető a nitrogén-oxid-kibocsátás. A csökkenés annak köszönhető, hogy a köztes vegyületként keletkező hidrogén-cianid (HCN) a mészkő okozta katalitikus konverzió hatására ammóniává (NH₃) alakul át. Ehhez 0,8 légfelesleg tényezőt kell alkalmazni, ami lényegesen kisebb a szokásosnál.

Lutter, Th.: Korszerű láncolajozás a gyakorlatban.

C. I. 4. k. 1. sz. 76–83. old. (2006)

Ismerteti egy dél-bavariai cementgyár lemezes láncok alkalmazásával kapcsolatos ötéves üzemelési tapasztalatait. A megfelelő minőségű olaj kiválasztásával a kedvezőtlen körülmények ellenére is jelentősen meg tudták növelni a láncok tartósságát

Chromý, S.: Néhány gondolat az alittartalomról és a klinker fázisösszetételének helyes kiszámításáról.

C. I. 4. k. 1. sz. 85–89. old. (2006)

Törvényszerűségként mondható ki, hogy a portlandcementklinker tényleges alittartalma (~C₃S) mindig nagyobb, mint a hagyományos Bogue-módszerrel kapott érték. A különbséget az alit kristályszerkezetébe épülő másodlagos elemek és a klinkerégetés körülményei okozzák. A beépülő elemek ugyanis befolyásolják a klinkerásványok stabilitási tartományát. Ezenkívül a SiO₂-tartalom lokális megnövekedése miatt az alittartalom rovására nő a belittartalom (C₂S). Másrészt a SiO₂ kinetikus blokkolóhatása egyes helyeken a telítési tényező lokális megnövekedését eredményezi, ami viszont az alittartalom növekedését segíti elő. E hatások figyelembevételével, regresszióanalízis segítségével olyan klinkerásvány-összetétel számítási módszert sikerült kidolgozni, amellyel a kapott eredmények jó egyezést mutatnak a mikroszkopikusan mért értékekkel.

Chromý, S.: Betonkárosító taumazit képződés? – Egy károsodás vizsgálata.

C. I. 4. k. 2. sz. 85–89. old. (2006)

Egy 30 éves németországi alagútban a lőtt betonban, de egyéb betonfeléekben is jelentős károsodásokat tapasztaltak. Az okok kiderítésére a Müncheni Műszaki Egyetem átfogó vizsgálatokat végzett. Ennek érdekében XRD, nukleáris mágneses rezonancia (NMR), spektroszkópiai, környezeti elektronmikroszkópos (ESEM) és hagyományos kémiai analitikai vizsgálatokat végeztek. Az eredmények alapján megállapították, hogy a betonokban alacsony (mintegy 10 °C) hőmérsékleten a szivárgó és kondenzvíz hatására bekövetkező kioldódási és karbonátosodási folyamatok eredményeképpen, vagy kombinált kioldódási és taumazitképződési folyamatok hatására „szulfátáttámadás” lép fel annak ellenére, hogy viszonylag kevés a szivárgó víz szulfát- és mész által oldódott szénsavtartalma. Tanulság: tovább gyarapszik a taumazit szulfátroham (TSA) okozta károsodások listája s ezen belül is a nem szokványos esetek száma. Épp ideje összefoglalni a hazai tapasztalatokat is.

Rickert, J. – Thielen, G.: A foszfonsavalapú, hosszú kötésioldószer hatására a klinker és a cement hidratációjára.

C. I. 4. k. 2. sz. 103–108. old. (2006)

A foszfonsavalapú, hosszú kötésioldószer hatásmechanizmusával kapcsolatos ellentétes nézetek tisztázását tűzték ki célul a Düsseldorf Cementipari Kutatóintézet munkatársai. A tiszta klinkerásványokkal (C₃S, C₂S, C₄AF) végzett kísérletek szerint a késleltetést a kalcium-szilikátokra gyakorolt blokkolóhatás okozza. Ezek felületén ugyanis korlátozott oldhatóságú kalcium-foszfónát-réteg képződik, ami elnyújtja a kötési folyamatot. Tervezett mértékű késleltethetőséget azonban csak optimalizált szulfáttartalmú cementekkel sikerült biztosítani. Túl kis szulfáttartalom esetén ugyanis a kötésioldószer adagolása ellentétes hatást vált ki, a C₃A hidratációja felgyorsulva gyors kötést és merevedést eredményez. Ugyanakkor a szilárdulás is erősen gátolt.

Dr. Révay Miklós

Déry Attila 80 éves

Déry Attila „beleszületett” az üvegyiparba. Édesapja 40 évig dolgozott a Sajószentpéteri Üvegyárban, és a fia ott született a gyár lakótelepén. Egyetemi tanulmányait a Műegyetemen kezdte, amit megzavart a háború. Három és fél évig volt orosz hadifogságban. A Műegyetemet 1951-ben fejezte be, ahol gépészmérnöki oklevelet szerzett. Az üvegyiparban helyezkedett el, és rögtön, már az 50-es évek elején komoly feladatokat kapott az üvegyipar háború utáni rekonstrukciójában.

Az országban először ő dolgozta ki az üvegolvasztó kemencék hőtechnikai számítási módszerét, és megszervezte az üvegolvasztó kemencék és az üvegtechnológiai tervezést. Később az Iparterv technológiai irodájában az üvegtechnológiai osztályon dolgozott, amelynek 1957-től vezetője lett. Miután az egész technológiai irodát 1966-ban áthelyezték a SZIKKTI-be, munkáját ott folytatta.

A hazai feladatok csökkenése után külföldi tervezéseket is vállalt az osztályával. Ehhez nagy segítséget nyújtott német, angol és orosz nyelvtudása, amely később a spanyollal is bővült. 1957-ben egy komplett üvegcsőgyár terveit készítette Kína részére Nankingban, ahol két hónapot töltött. Jugoszlávia részére a bánáti Alibunárba terveztek egy kis díszmű-üvegyárat és a lengyelek részére egy ólomüveg-csőhúzó kemencét. Az 1960-as években a magyarok által szállított Kubai Üvegkombinát tervezését vezette, és utána másfél évig a szerelést, majd az üzembe helyezést irányította a helyszínen. Ezzel párhuzamosan készítették – az időközben 30 fős osztályával – az Orosházi Öblösüvegyár, majd később az Orosházi Síküvegyár

terveit. Az 1970-es években egy lámpagyárhoz tartozó üvegyárat terveztek Indonéziába, majd Indiába Hyderababba egy háztartási üvegyárat.

Az új gyárak tervezésének csökkenése után személyes kapcsolatait kihasználva az NDK-beli Glasinvest alvállalkozójaként az ottani üvegyárak földgázra való átállítását és a kemencék áttervezését végezték. Emellett több ottani üvegyár komplett rekonstrukcióját is tervezték. Később, jó hírnevük alapján, a legnagyobb NSZK-beli üvegyipari tervező- és kivitelező iroda, a SORG cég részére terveztek kemencéket alvállalkozóként egy kooperációs szerződés alapján.

Munkája mellett már az 1950-es évek elején bekapcsolódott az SZTE munkájába. Először az Üveg Szakosztályon belül, majd a külügyi bizottságban dolgozott, és később (több mint egy évtizeden át) annak vezetője volt. Ő szervezte meg, hogy az SZTE Üveg Szakosztálya tagja legyen a Nemzetközi Üvegyipari Bizottságnak, az ICG-nek.

Munkáját az akkori ÉVM több kitüntetéssel és a Munka Érdemrend bronz fokozatával ismerte el. Az SZTE az érdemeit a Szilikátiparért Érdeméremmel jutalmazta. A Műegyetemen 2001-ben Arany Oklevelet kapott.

Nyugdíjba vonulása után még 15 évig szaktanácsadóként dolgozott hazai és főleg külföldi cégek részére. Emellett részt vett a Magyar Üvegyipari Szövetség megszervezésében, amelynek több évig elnöke volt, és ma is tiszteletbeli elnöke.

Isten éltesse sokáig jó erőben, egészségben!

KÖNYVAJÁNLÓ

A vegyipar stratégiai kérdései

A XXI. század elején a vegyipar számos, jövőjét alapvetően befolyásoló gonddal szembesül. A vezető amerikai vegyipari szakmai szervezetek által összeállított „Technology Vision 2020” című tanulmány szerint a következő években a vegyipar mozgásterét alapvetően a következő tényezők határozzák meg: a gazdaság globalizálódása, a társadalom igénye a vegyipari technológiák és termékek környezeti hatásainak mérséklésére, a pénzpiac nyomása a haszontermelő képesség növelésére, a változó fogyasztói elvárások, a munkaerővel szembeni követelmények növekedése.

Az alkotói közösség arra vállalkozott, hogy a fenti megfontolásokból kiindulva áttekintse a magyar vegyipar helyzetét és ezzel összefüggésben a hazai vegyipar stratégiai

kérdéseit, amellyel meglehetősen nagy feladatot vállalt magára. Tekintettel a kérdéskör összetettségére és szerteágazó voltára, három fontos kérdéskörben (a vegyipar és a gazdaság kapcsolata, a vegyipar környezetvédelmi kérdései, valamint a vegyipari kutatás és fejlesztés) foglalmazták meg a jelennel és a jövővel kapcsolatos gondolataikat.

A zárszóban hangsúlyozzák, hogy a magyar vegyipar csak akkor őrizheti meg gazdasági súlyát, ha élenjár az újszerű technológiai megoldások létrehozásában, a fogyasztói igényeket messzemenően figyelembe vevő korszerű, nagy használati értékű termékek kidolgozásában. Ennek eléréséhez szükség van mind az alapkutatásokra, mind az alkalmazott kutatásokra.

A könyvet összeállította és szerkesztette *Dr. Szépvölgyi János*, 2006-ban kiadta az MTA Társadalomkutató Központja.

Márta Lajos 1937–2006



Meghalt egy jó kolléga, egy jó barát. Szinte hihetetlen. Egyik héten még közöttünk volt, szórta a humorát, együtt nevetgeltünk, jókedvűen adomáztunk. Aztán panaszkodott ugyan erre-arra, hogy az orvosok eltolták a legjobb falatoktól, de ezt mi komolyan sem vettük, hiszen ebben a korban már ez természetes is lehet. Valamennyien így vagyunk, de azért még sokáig élhetünk, vagy nem?

Meglátogattuk a kórházban, ott már látszott, hogy komolyabb a baj, de nem gondoltunk még akkor sem a legrosszabbra. Szerettük volna, ha még közöttünk marad. Szükség is lett volna rá.

Jó szakember volt. Pályája kezdete óta a szakipari műanyagokkal foglalkozott. A szilikátanyagú termékek vizsgálatában is teljesen otthon volt, hiszen feladata a két termékcsoporthoz harmonikus együtthasználata, alkalmazástechnikájának művelése volt. Ő volt azon kevesek egyike, aki több szakma határmezsgyéjén tudott működni. Alapvégzettsége vegyészmérnök volt, de alkalmazástechnikai szinten jól ismerte az építő- és építészsakmák vonatkozó területeit.

1960-ban végzett a BME Vegyészmérnöki Karán. Aztán az Építéstudományi Intézetben tudományos segédmunkatársként alkalmazták, majd korán, 1963-ban tudományos munkatárs lett. Megalakulása óta, 1963-tól az Építésügyi Minőségellenőrző Intézetben dolgozott. Mindent tudott az ÉMI-ről! Igen sok fejlesztő- és vizsgálófeladatot oldott meg. A műanyagok elterjedésének időszakában dolgozták ki az építőipari alkalmazások követelményrendszerét. Az építőanyagok időjárás-állósági vizsgálatainak kidolgozásában nagy szerepe volt. Fejlesztési feladatként több mint 50 szabvány kidolgozásában volt irányadó szerepe.

Sokat publikált folyóiratokban, a Műszaki Kiadónál, az ÉTK keretein belül. Rendszeresen szerepelt a szakmai konferenciákon, kb. 20 alkalommal vett részt a KGST-tagállamok szabványtárgyalásain.

1980–1992 között közvetlenül az iparban is tevékenykedett az ORSZAK-nál, ahol a szakipari szervezetek szabályozási és technológiai kérdéseivel foglalkozott. Itt kezdett el tevékenykedni a már olyan fontos minőségbiztosítási kérdések területén. 1994 óta újra az ÉMI-ben dolgozott nyugdíjazásáig, 2004-ig.

Nyugdíjazása után is hetenként meglátogatta volt munkahelyét, és hasznos tapasztalatait önzetlenül átadta kollégáinak. Rendkívül jó memóriája volt, s ez számtalan esetben segített a problémák megoldásában.

Haláláig aktívan részt vett a Magyar Szabványügyi Testület munkájában, a Műanyagipari és a Hajlékony Padlóburkolatok Munkabizottságának elnöke volt. Szívesen végzett szakmai

társadalmi munkát is. A SZTE Beton Szakosztályának tagja, az ÉTE Szakipari Szakosztályának titkára, a Mérnök Kamara tagja és szakértője volt. 1995-ben ÉTE-érdeméremmel tüntették ki.

Összegezve tevékenységét most jövőnk rá, hogy milyen sokféle feladatot oldott meg, melyek beépültek a művelt szakmaterületbe, és az utódok nem is gondolnak rá, hogy mindehhez Márta Lajosnak milyen sok köze volt.

*Dr. Kovács Károly
és az ÉMI Kht. munkatársai*

Kispál Károly 1927–2005



Az építési szakma nagy tudású és szorgalmas egyénisége, kedves régi barátom, Kispál Károly építészmérnök elhunyt.

A Miskolc város építésében és a háború utáni újjáépítésében példamutatóan tevékenykedő építész apja – emberségből, segítőkészségből, önzetlenségből példát mutató – nyomdokaiba lépve 1949-ben a budapesti József Nádor

Műszaki és Közgazdaságtudományi Egyetemen szerezte meg építészmérnöki diplomáját. A családi hagyomány szerint a kivitelezésben kamatoztatta tudását a Miskolci Magasépítési Nemzeti Vállalatnál, majd a 28. sz. Állami Építőipari Vállalatnál. Később, 1955-től a Miskolci Tervező Vállalat, illetve az ÉSZAK-TERV irányító tervezőjeként dolgozott.

A sokrétű, pontos, megbízható szakember szakági főmérnöki beosztásában segítette az építőipar fejlődését, a szakma megbecsülését. A felettes szervek a tudását elismerve kérték fel szakvélemények, bírálatok készítésére, szaktanácsadásokra.

Szakmai tudását mint társadalmi munkás 1951-től az ÉTE keretében is hasznosította, ahol a helyi szervezet alapító tagjaként, majd 15 évig titkárként is dolgozott, amely időszakban dinamikus fejlődés jellemezte a miskolci ÉTE-csoportot.

Munkásságát kitüntetésekkel is elismerték: 1974 – Építőipar Kiváló Dolgozója, 1978 – Alpár-érem, 1984 – Borsod megyei MTESZ-díj, 2000 – ÉTE Érdemérem.

Nyugdíjazása után, 1986-tól továbbra is aktívan tevékenykedett a tudományos egyesületekben, jelentős szerepe volt az ÉTE és a Szilikátipari Tudományos Egyesület Szigetelő Szakosztálya együttműködésének létrejöttében is.

1998-ban maradandó, súlyos hallássérülést okozó bal esetet szenvedett a lakásában, amely után nagy önuralomról, megható emberi akaratáról és családjára szeretetéről tett tanúbizonyságot. Halála napjáig szakmai tudásának folyamatos átadásával segítette fiait, a geodéta Istvánt és az építészmérnök Károlyt.

Emlékét szeretettel megőrizzük.

Dr. Rudnyánszky Pál