

# SZILIKÁTTUDOMÁNY

## Kerámiaszemcsék gömbösítése termikus plazmában

Károly Zoltán\* – Szépvölgyi János\* – Farkas Zsuzsanna\*\*

\* MTA Kémiai Kutatóközpont, Anyag- és Környezetkémiai Kutatólaboratórium

\*\* Veszprémi Egyetem, Szilikát- és Anyagmérnöki Tanszék

### Bevezetés

A gömbszerű szemcsékből álló kerámiaporok – kedvező tulajdonságaik miatt – előnyösen alkalmazhatók egyes korszerű szerkezeti és funkcionális kerámiák gyártására. Szélesebb körű felhasználásukat azonban gátolja, hogy ezek az anyagok csak különleges eljárásokkal állíthatók elő. A gömbszemcsés fémporok készítésénél alkalmazott, viszonylag egyszerű módszer, nevezetesen a megfelelően homogenizált olvadékok porlasztása, a korszerű kerámiai anyagok esetében általában nem használható.

A néhány ezer fok átlag-hőmérsékletű, ún. termikus plazmákban viszont a mikroméretű kerámiaszemcsék is megolvadhatnak. Ráadásul az olvadt anyag ezekben a rendszerekben nagyon gyorsan – mintegy  $1000 \text{ K} \cdot \text{ms}^{-1}$  sebességgel – hűl le, ebből eredő energetikai okok miatt, kedvezményezetten, gömbszerű szemcsék alakulnak ki. A termikus plazmák egyik válfaját alkotó induktív kicsatolású plazmák további előnye, hogy bennük nagyon tiszta reakciókörülmények és viszonylag hosszú átlagos tartózkodási idők biztosíthatók.

Közleményünkben különböző összetételű és szemcseméretű, gömbszemcsés kerámiaporok induktív kicsatolású, termikus plazmában történő előállításával kapcsolatos kutatásaink néhány eredményét mutatjuk be. Kísérleti munkánk során különös figyelmet fordítottunk annak vizsgálatára, hogy a kiindulási anyagok tulajdonságai és a plazmakezelés körülményei miként befolyásolják a kialakuló szemcsék mikroszerkezetét és morfológiáját.

### Kísérleti rész

Kísérleteinket a TEKNA cég által gyártott PL-035 2S típusú plazmaégővel felszerelt berendezésben végeztük. A 25 mm belső átmérőjű plazmaégő egy saválló acélból készült, 200 mm belső átmérőjű, dupla falú, vízűtéses reaktorhoz csatlakozott. A reaktorból kilépő gázelegyet porleválasztó ciklonon és zsákos porszűrőn keresztül vezetjük keresztül a környezetbe történő kilépés előtt. A plazmaégőre – indukciós úton – 21 kW teljesítményt csatoltunk ki egy 3 MHz frekvencián működő, RF generá-

torból. Plazmagázként és az égő hűtőgázaként is nagy tisztaságú argont használtunk. A plazmagáz térfogatára ma  $20 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , a hűtőgázé  $60 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  volt. A plazmaláng hőtartalmának és hővezető képességének javítására a hűtőgázhoz esetenként 10 ttf% hidrogéngázt adagoltunk.

A kezelendő porokat PRAXAIR gyártmányú, kevert fluidágyas poradagolóból,  $3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  térfogati sebességű argon vivőgázzal, vízűtéses szondán keresztül közvetlenül a plazmaláng tetejére adagoltuk. Az adagolási sebesség minden kísérletben  $10 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$  volt. Kísérleteinkben a következő kerámiaporok gömbösítését vizsgáltuk:

- kereskedelmi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  porok (Ajakai Timföldgyár Rt.);
- kereskedelmi, kicsapatott, illetve agglomerált  $\text{SiO}_2$  porok (SIFRACO, Franciaország).

Valamennyi vizsgált kiindulási anyagban 0,5%-nál kevesebb volt a szennyezők koncentrációja. Az agglomerált  $\text{SiO}_2$  por 3% Na-szilikát kötőanyagot tartalmazott.

Mind a kiindulási anyagoknál, mind a plazmakezelés során kapott termékeknel meghatároztuk a sűrűséget, a szemcseméret-eloszlást, a fajlagos felületet, a fázisviszonyokat és a mikroszerkezetet. A sűrűséget piknométerrel, a szemcsék térfogat szerinti méreteloszlását Malvern Master lézerdiffrakciós készülékkel mértük. A fajlagos felületet az oxigén adszorpciós izotermákból, BET-módszerrel állapítottuk meg. A fázisviszonyokat röntgen-pordiffrakciós módszerrel, PHILIPS Xpert XRD készülékkel vizsgáltuk. A porok mikroszerkezetének tanulmányozásához pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételeket készítettünk JEOL JSN50A készülékkel. A részecskék keresztmetszetéről gyantába történő beágyazás és gyémánttárcsás vágás után készítettünk SEM-felvételeket.

### Kísérleti eredmények és értékelésük

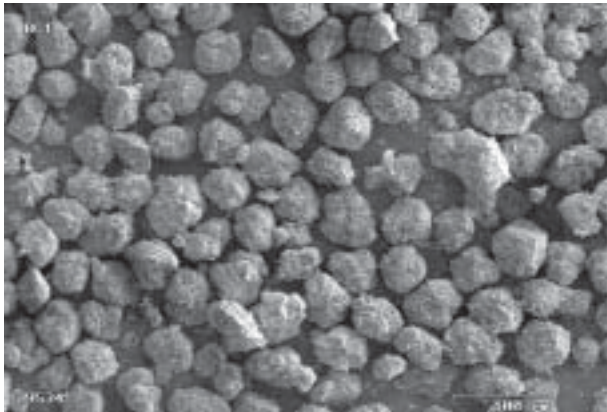
A kiindulási porok és a plazmakezelés után kapott termékek fontosabb jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  porok kezelésekor az átlagos szemcseméret némileg nőtt, míg a sűrűség jelentősen csökkent (1. táblázat). A kapott termékek sűrűsége 19-27%-kal volt kisebb az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  elméleti ( $\rho_{\text{th}} = 3,95 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) sűrűségénél. SEM-vizs-

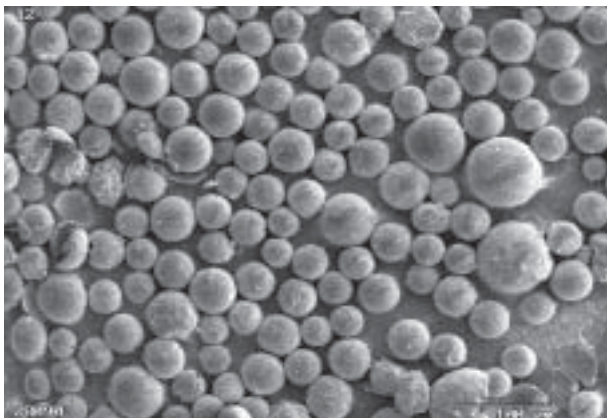
A kiindulási porok és a plazmakezelt termékek fontosabb jellemzői

Kísérlet száma	Kiindulási anyag	Átl. szemcseméret ( $\mu\text{m}$ )		Sűrűség ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )		Fajl. felület ( $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ )
		Kiindulási	Kezelt	Kiindulási	Kezelt	
1	$\text{Al}_2\text{O}_3$	30	38	3,60	3,20	<1
2	$\text{Al}_2\text{O}_3$	45	66	3,40	2,80	<1
3	$\text{Al}_2\text{O}_3$	70	80	3,30	2,90	<1
4	Kicsapott $\text{SiO}_2$	12	17	2,10	2,34	11,2
5	Kicsapott $\text{SiO}_2$	18	22	2,10	2,27	6,9
6	Kicsapott $\text{SiO}_2$	40	38	2,10	2,15	6,1
7	Agglomerált $\text{SiO}_2$	50	55	2,20	1,17	<1

gálataink szerint (1. ábra) a kezelt porok gyakorlatilag teljes tömegükben gömbszerű részecskékből állnak. Ezzel magyarázható, hogy a fajlagos felületük  $< 1 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (1. táblázat).



(a)



(b)

1. ábra. A  $45 \mu\text{m}$  átlagos szemcseméretű  $\text{Al}_2\text{O}_3$  por (a) és az abból plazmakezeléssel kapott termék (b) SEM-felvétele

A plazmakezelt  $\text{Al}_2\text{O}_3$  porok mért sűrűségei arra utalnak, hogy ezek az anyagok üreges szemcséket tartalmaznak. Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálataink ezt megerősítették: a plazmakezeléssel kapott termékek va-

lóban nagyobb részét üreges szemcsékből állnak (2. ábra). Az üregek kialakulása annak tulajdonítható, hogy a megolvadt szemcsék belsejében fejlődő gáz – az olvadékcseppek nagyon gyors lehűlése, ezáltal egy vékony, külső szilárd réteg kialakulása miatt – visszamarad a szemcsék belsejében.

A kialakuló üregek méretét az oxidos olvadék dermedéspontja ( $T_F$ ) határozza meg. Ez gyorsfűtés esetén a tapasztalatok szerint a következőképp számítható [2, 3]:

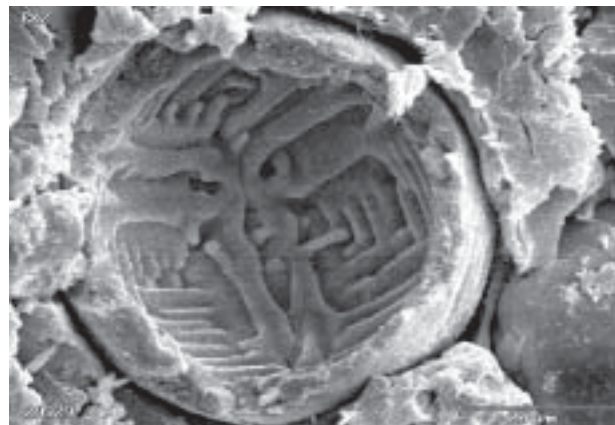
$$T_F = 0,8 \cdot T_M \quad (1)$$

ahol  $T_M$  az adott oxid olvadáspontja. Az üregekben kialakuló túlnyomás pedig az alábbi összefüggésből határozható meg:

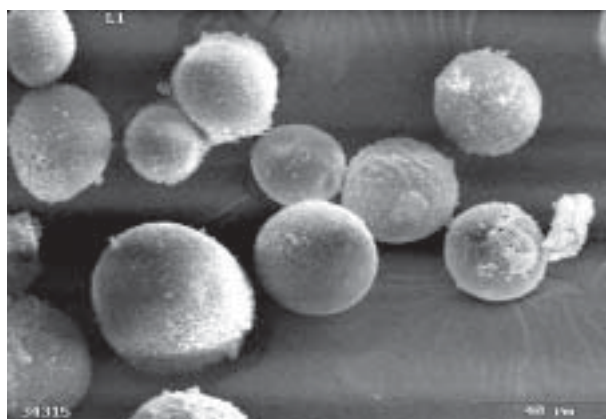
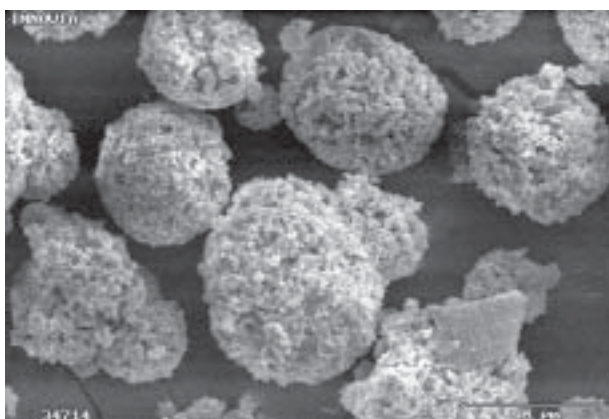
$$\Delta P = \frac{2\sigma}{r} \quad (2)$$

ahol  $\sigma$  az olvadék felületi feszültsége,  $r$  pedig az üreg sugara. Az (1) és (2) egyenlet szerinti számításokat elvégezve megállapítottuk, hogy az adott modellanyagnál az üregekben a plazmakezelés után „befogott” gáz mennyisége közel azonos a kiindulási  $\text{Al}_2\text{O}_3$  szemcsék pórusaiban levő gáz mennyiségével.

Amennyiben a részlegesen megolvadt  $\text{Al}_2\text{O}_3$  szemcsék nagyon gyorsan hűlnek le – és esetünkben ez történik –,



2. ábra. A  $45 \mu\text{m}$  átlagos szemcseméretű  $\text{Al}_2\text{O}_3$  porból előállított üreges szemcsé keresztmetszeti képe



(a) (b)  
 3. ábra. A 18  $\mu\text{m}$  átlagos szemcseméretű, kicsapással előállított  $\text{SiO}_2$  por (a) és az abból plazmakezeléssel kapott termék (b) SEM-felvétele

a szilárd fázisban nem a termodinamikailag legstabilisabb  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , hanem a kevésbé stabilis  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  módosulat alakul ki [4]. Ezt annak tulajdonítják, hogy a kialakuló szilárd anyag fázisösszetételét az elméletileg lehetséges kristálymódosulatok magképződési szabadentalpiáinak sorrendje határozza meg. Ezért nem meglepő, hogy az általunk előállított, gömbszerű szemcséket tartalmazó porok nagyoobrrészt  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ból, illetve más, metastabilis fázisokból (így  $\delta$ - és  $\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ból) állnak. Utóbbiak a  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ból alakulnak ki, az  $\text{Al}(\text{OH})_3$  kalcinálásakor megszokott fázisátalakulásokon keresztül, már amennyiben a részecskék termikus „élettörténete” ezt lehetővé teszi.

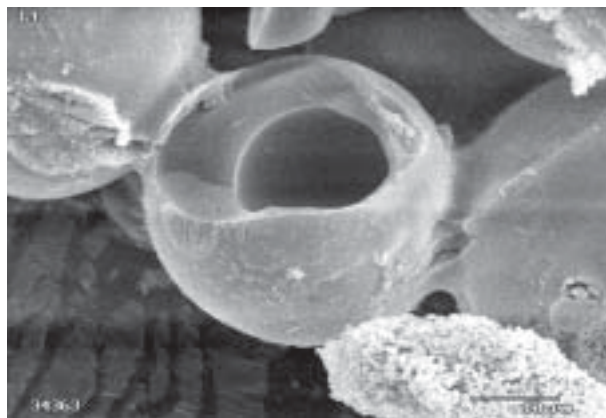
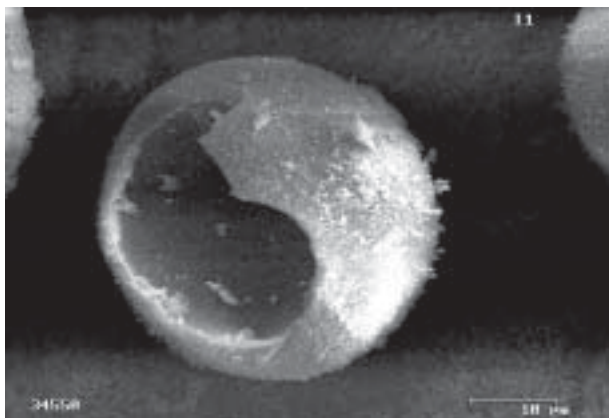
Az általunk biztosított kísérleti feltételek között a kicsapással készített, 100%-ban kvarcot tartalmazó  $\text{SiO}_2$  porok is hatékonyan gömbösíthetők (3. ábra). SEM-vizsgálataink szerint a szemcsék több mint 90%-a szabályos gömbalakot vesz fel a kezelés után. A kiindulási anyagok viszonylag alacsony átlagos szemcseméretéből adódóan a szemcsék teljes tömegükben megolvadnak, és – lehűlés

után – az elméleti sűrűséget ( $\rho_{\text{th}} = 2,32 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) jól közelítő termékeket kapunk (1. táblázat).

Irodalmi adatok [5] szerint a porok beadagolási sebességének, azaz a plazmareaktor terhelésének növelésekor csökken a gömbösítés hatékonysága. Ez a jelenség a kiindulási porok szemcseméretének növelésekor is megfigyelhető. Azt tapasztaltuk, hogy a kiindulási szemcseméretet növelve a kezelt termékek sűrűsége egyre kevésbé változik, egyre inkább a kiindulási sűrűség közelében marad (1. táblázat, 4-6 kísérletek).

A jelenség oka, hogy a nagyobb szemcsék – részben méretük, részben amiatt, hogy a magas hőmérsékletű zónában rövidebb ideig tartózkodnak mint a kisebbek – nem olvadnak meg teljes tömegükben, és belsejük gyakorlatilag érintetlen marad a kezelés során.

A termékek fajlagos felülete annál nagyobb, minél kisebb a kiindulási anyag átlagos szemcsemérete. Ez arra utal, hogy a kisebb szemcsék egy része plazmakezeléskor elpárolog, és a gyors lehűlés eredményeként nanoméretű részecskék alakjában válik ki a gőzfázisból.



(a) (b)  
 4. ábra. Az 50  $\mu\text{m}$  átlagos szemcseméretű, agglomerált, 9%  $\text{NaNO}_3$ -tal adalékolt  $\text{SiO}_2$  porból készített vékony (a) és vastag falú üreges gömbök (b) SEM-felvétele

Ilyen részecskék fedik be a 3b ábrán is megfigyelhető nagyobb szemcséket.

A kicsapással előállított SiO<sub>2</sub> porokból szintén készíthetők üreges szemcsék. Ugyanakkor, ha főként üreges szemcsékből álló SiO<sub>2</sub> port kívánunk előállítani, célszerű gázképző segédanyagot is alkalmaznunk. Olyan anyagra van szükség, amely adott hőmérsékleten termikusan elbomlik, és közben gázállapotú bomlástermék képződik. Esetünkben ilyen a segédanyag volt az agglomerált SiO<sub>2</sub> porhoz 9%-ban adagolt NaNO<sub>3</sub>, amely 720 °C-on, NO<sub>2</sub> fejlődése közben bomlik.

Az 1. táblázatban szereplő, NaNO<sub>2</sub> adalék jelenlétében végzett 7. kísérlet során jelentősen, közel felére csökkent az anyag sűrűsége. Az ok: gömb alakú, üreges és változó falvastagságú szemcsék alakulnak ki plazmakezeléskor (4. ábra).

A plazmakezelés megváltoztatja a SiO<sub>2</sub> porok fázisviszonyait is. A kiindulási minták minden esetben kristályos, 100%-ban kvarcot tartalmazó anyagok voltak. A kezelés után, a kiindulási szemcsemérettől gyakorlatilag függetlenül, fő tömegében amorf termékeket kapunk; kristályos fázisként mindössze 2-10% kvarc marad a mintákban.

## Következtetések

Bizonyítottuk, hogy induktív kicsatolású, rádiófrekvenciás termikus plazmákban mind Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> porokból, mind SiO<sub>2</sub> porokból előállíthatók tömör és üreges, gömb alakú szemcsékből álló termékek.

A termékek mikroszerkezetét alapvetően a kiindulási anyag morfológiája, kisebb mértékben a plazmakezelés körülményei határozzák meg. Nagy porozitású kiindulási anyagok és/vagy gázképző adalékok bevitelkor döntően üreges szemcsékből álló termékek állíthatók elő.

## Irodalom

- [1] Károly Z.– Szépvölgyi J.: Proc. ISPC 15, GREMI/CNRS, Orleans, 2001. 2775.
- [2] McPherson R.: J. Mater. Sci. 8 (1973) 851.
- [3] Florian P.– Massiot D.– Poe B.– Farnan I.– Coutures J-P.: Solid State Nucl. Mag. 5 (1995) 233.
- [4] Ishigaki T.– Bando Y.– Moriyoshi Y.– Boulos M. I.: J. Mater. Sci. 28 (1993) 4223.
- [5] Dignard N.M.–, Boulos M. I.: Proc. ISPC 14, Institute of Plasma Physics AS CR, Prague, 1999. 2211.

\* \* \*

## SAJTÓTÁJÉKOZTATÓ

### A Construma és Hungarotherm szakkiallításokról

2003. április

2003. április 8–12. között a Hungexpo Rt. 22. alkalommal szervezte meg a Construma Nemzetközi Építőipari Szakkiallítást. Hazánkban a legnagyobb, Közép-Európában pedig az építőipar egyik legjelentősebb szakmai fórumaként nyilvántartott Construma ebben az évben a Hungarotherm Nemzetközi Fűtés-, Szellőzés-, Klíma- és Szanitertechnikai Szakkiallítással együtt került megrendezésre. Az építőipar teljes keresztmetszetét felvonultató szakkiallításokon összesen 1152 kiállító vett részt a Budapesti Vásárcsopont kiállítási területének egészét elfoglalva.

A sajtótájékoztató keretében került sor a Construma és a Hungarotherm nagydíjak átadására. A Construma 2003 Nagydíj nyertesei:

- Mediterrán Betoncserepgyártó Kft. Mediterrán Coppo termékrendszere;
- Mapei Kft. Fürdőmedence szigetelési és burkolási ragasztórendszere;
- Kunság Fenster Kft. KUNSÁG LUX homlokzati nyílászáró-család;
- Internorm Ablak Kft. INTERNORM DIMENSION PVC nyílászáró rendszer;

- Schindler Tetőablakgyártó Kft. SCHINDLER műanyag billenő tetőtéri ablak;
- Crawford Hafa Kft. CRAWFORD 242/542 ipari szekcionált kapu;
- Schiedel Kéménygyár Kft. SCHIEDEL AVANT-MULTI levegő-füstgáz kéményrendszer;
- Rigips Hungária Kft. Gyptone rendszer;
- Baltavári Kft. B-REKORD redőnyszekrényes áthidaló zsaluzat és beleépíthető redőny-szűnyogháló.

A Hungarotherm 2003 Nagydíj nyertesei:

- Viessmann Fűtéstechnika Kft. Vitocrossal 300 kondenzációs gázkazán + Proflame Matrix égő;
  - Marketbau-Remeha Kft. Remeha Gas 210/6 ECO kondenzációs gázkazán;
  - Vaillant Hungaria Kft. Vaillant VUI 280-7 XE VUI 282-7 E AquaPLUS lakásfűtő kombikészülék;
  - Stiebel Eltron Kft. WPF 13 víz/víz talaj/víz hőszivattyú;
  - IMI International Kft. Tour and Anderson STAP nyomáskülönbőség-szabályozó szelepek;
  - Geberit Kft. Geberit Pluvia csapadékvíz-elvezető rendszer;
  - Wilo Magyarország Kft. Wilo-Stratos nagy hatásfokú szivattyú;
  - Thermotrade Kft. HOVAL Roofvent LHW típusú decentralizált csarnokfűtő, hűtő- és szellőztetőrendszer.
- Hungarotherm Legjobb Magyar Termékdíj:
- Termomax Kft. Termomax GIMAX 18-, 24- 24K öntöttvas tagos, zárt égésterű, atmoszférikus fali gázkazánok.

Bálint Pál

# Kerámia- és porcelánmázak karcvizsgálata

**Puskás Nikoletta**

**Miskolci Egyetem Nemfémek Anyagok Technológiája Tanszék**

## 1. Bevezetés

A kerámia az emberiség fejlődése szempontjából meghatározó szerepet játszó egyik legősibb anyag. Ezt igazolja a mai Kína területén archeológusok által feltárt, közel 24 000 évvel ezelőtt égetett agyagból készült [1] kerámia emberi test torzója. Hobson R. L. szerint [2] időszámítás előtt mintegy 6000 évvel a különböző használati és kultikus célokat szolgáló kerámiatermékek „iparszerű” gyártása a kínai falvaknak integrált része volt. Terry A Ring szerint [3] a kínaiak időszámítás előtt 4000 körül a kerámia- és félporcelán termékeiket már nem csak mázalták, hanem a mázas termékeket különböző fejlett technikákkal (The Genius of China) és színekkel (vörös, fekete, fehér) dekorálták, festették.

Gömze szerint [4] Európában a mázas használati kerámiatermékek „iparszerű” gyártásának mintegy 2500 éves hagyományai vannak, és hasonlóan nagy múlttal és hagyományokkal bír a mázas építészeti kerámiák – padlólapok, csempék – gyártása és kereskedelme is [5]. A több évezredes gyártási kultúra ellenére a kerámia- és porcelánmázakat egészen a XX. század végéig csupán esztétikai megjelenésük – színhatás, mázhiány, tűszúrás, mázhólyagosodás – alapján osztályozták, minősítették [6]. A tűszúrásos mázfelület kialakulásának technológiai és kémiai okait csak 1990 után kezdték el kutatni [7]. A Hollóházi Porcelángyár az 1980-as években – Európában az elsők között – ismerte fel a porcelánmázak minőségének jelentőségét. Ezt olyan nemzetközi elismerések igazolják, mint a *Héliá* porceláncsomagoló tégelyre 1986-ban kapott „World Star” díj, vagy a *Pannónia* termékcsaládra kapott „World Selection Trophy 1988” világrófea [8]. Az „új” menedzsment és mérnökgárda labor-, máz-, termék- és technológiai fejlesztésre irányuló törekvéseit a piac is elismerte, hiszen a gyár 1989. I. félévi nyeresége elérte a bruttó termelési érték 12-15%-át [9].

## 2. Kerámia- és porcelánmázak keménysége, tapadószilárdsága

A nagy mechanikai szilárdságú keményfém és kerámiabevonatú evőeszközök tömeges elterjedésével a porcelánmázak keménységének és tapadószilárdságának növelése napjaink egyik legaktuálisabb műszaki kérdése az étkezési porcelánt gyártó európai porcelángyáraknak [10, 11, 12]. Itt célszerű megjegyezni, hogy a nagy mechanikai szilárdságú keményfém cipősarkak megjelenése hasonló kihívást jelent a padlólapot, falicsempét gyár-

tó kerámiaüzemeknek is. Európában a nem megfelelő mázkeménység és tapadószilárdság miatt a 2000 és 2002 közötti 3 évben az olasz és a spanyol padlólap-, illetve csempegyártó cégek több mint 10%-a ment csődbe [4].

Gömze szerint [4]: „Napjainkra a különböző bevonatok, vékonyrétegek és filmek tapadószilárdságának meghatározására számos módszert és készüléket fejlesztettek ki. Ezek közül néhány jól alkalmazható a kerámia- és porcelánmázak tapadószilárdságának meghatározására is, melynek jellegére és nagyságára az alkalmazott módszertől függően minőségi (Qualitative) és mennyiségi (Quantitative) információkat kaphatunk. Maga a mérési módszer lehet mechanikai és nem mechanikai.”

A tapadószilárdság mechanikai mérési módszerei [4]:

- „Direct pull-off method” – közvetlen szétfeszítő (visszahúzó) módszer,
- „Laser spallation test” – lézerforgácsolás,
- „Indentation test” – bemetszéses módszer,
- „Ultracentrifuge test” – ultracentrifugálás,
- „Scratch test” – karcvizsgálat,
- „Scotch tape test” – tépőszalagos módszer,
- „Abrasion test” – kopásvizsgálat,
- „Blend and stretch test” – hajlító- és nyújtóvizsgálat.

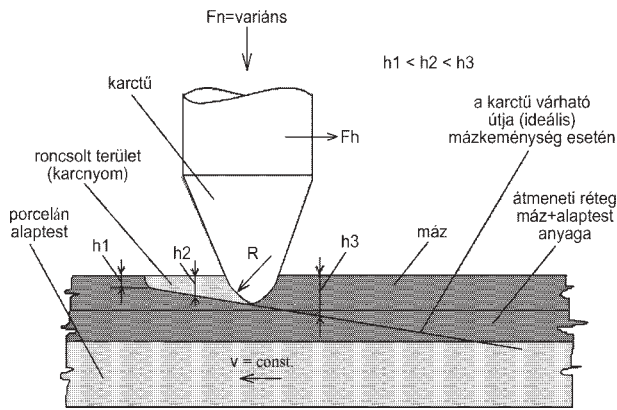
A bevonatok, mázak tapadószilárdságának nem mechanikai úton történő mérési módszerei [4]:

- „Thermal method” – termikus módszer,
- „Nucleation test” – atomabszorpciós vizsgálat,
- „Capacity test” – kapacitív vizsgálat,
- „X-ray diffraction” – röntgendiffrakciós módszer.

A porcelánmázak tapadószilárdságának meghatározására a karcvizsgálat a legmegfelelőbb eljárás.

## 3. Porcelánmázak karcvizsgálata

A porcelánmázak tapadószilárdságának meghatározására azért a karcvizsgálat a legmegfelelőbb módszer, mert ez a roncsolásos mechanikai eljárás hasonló a tányérok mindennapi használatából eredő károsodások megjelenéséhez. Míg a tányér használatkor az evőeszközök roncsolják a mázat, addig itt a karcfej hozza létre a károsodást. A karcfej egy Rocwell C keménységmérő gyémántkúp, melynek a lekerekítési sugara  $R = 0,2$  mm. Ezt a karcfejet lehet a mázba nyomni lépcsőzetesen vagy folyamatosan növekvő terhelőerővel, hogy a vizsgálandó karcnyomot kialakítsa. A karcvizsgáló berendezés elvi működését szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra A karcvizsgálat elvi vázolata

A karcnyom létrehozásához a befogófejben rögzített próbatest egy meghatározott sebességgel mozdul el. A növekvő terhelőerő ( $F_n$ ) hatására a gyémántfej egyre mélyebbre hatol a mázban, az átmeneti rétegen keresztül egészen az alapanyagig. A mázleválás egy kritikus normálerőértéket mutat ( $F_k$ ). A karcvizsgáló berendezés a behatolás irányára merőleges erőt is méri ( $F_h$ ). A két meghatározott erő hányadosából adódik a súrlódási tényező minden egyes mért helyen:

$$\mu = \frac{F_h}{F_n} \quad \text{és} \quad \mu_k = \frac{F_h}{F_k} \quad (1)$$

A karc húzása közben számítógép segítségével követhetjük nyomon – grafikus úton is – a súrlódási tényezőt, és a növekvő nyomóerőt a távolság függvényében. A számítógép segítségével rögzíthetjük a mért adatokat a későbbi kiértékeléshez. Így a vizsgálat eredménye a folyamatot jellemző három adatsor, mely lehetőséget ad a károsodás elemzésére.

A tapadószilárdság meghatározásához szükséges a bevonat keménységének ismerete is. Ezt a máz vékonysága miatt mikrokeménységmérővel célszerű meghatározni, amely tízed N nagyságrendű terheléssel működő Vickers-keménységmérő. Makrokeménység mérésénél ugyanis könnyen megeshet, hogy a mázon kívül az alapanyag keménysége is befolyásolja a mért értékeket. Jelölésben is különbséget teszünk, ha mikrokeménységről van szó. Jele: HVM. A pontos jelöléshez az alkalmazott terhelőerő feltüntetése is hozzátartozik, pl.  $HVM_{0,5N}$ . A mérés kezdetén szükséges jól megválasztani az alkalmazandó terhelést. Ez a mérés pontossága érdekében fontos, ugyanis ha túl kicsi terhelést választunk, a mérés helyén keletkező lenyomat kiértékelése nehézséget okozhat. A túl nagy terhelőerő is kerülendő, mert ekkor a máz berepedezhet, lepattanhat, téves eredmények adódhatnak. A lenyomatot egy  $136^\circ$  csúcsszögű, négyzet alapú gyémántgúla hozza létre, és a négyzetes lenyomat átlóit lehet mérni. A mikrokeménység értékét az alkalmazott terhelőerő:  $F$  (N) és a benyomódási felület:  $A$  ( $\text{mm}^2$ ) hányadosával határozhatjuk meg.

Az  $A$  benyomódási felület meghatározása a lenyomat  $d$  átlójának ismeretében:

$$A = \frac{d^2}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}} = \frac{d^2}{1,8544} ; (\text{mm}^2), \quad (2)$$

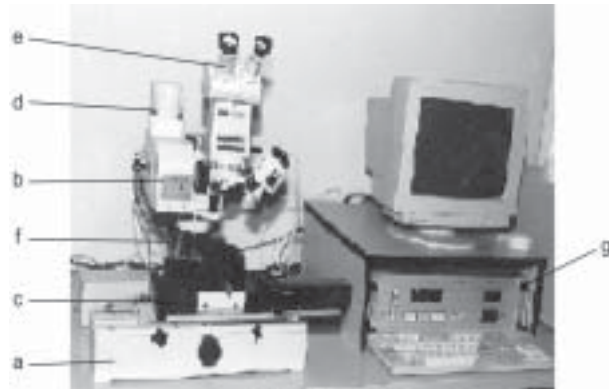
ahol:  $d$  a benyomódás  $d_1$  és  $d_2$  átlójának számtani középértéke mm-ben.

Esetünkben a porcelánmáz Vickers-mikrokeménysége a

$$HVM = \frac{0,102 \cdot 2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} = 0,189 \frac{F}{d^2} ; (\text{mm}^2) \quad (3)$$

összefüggés alapján határozható meg.

Vizsgálataimhoz a 2. ábrán bemutatott SP-15 jelű karcvizsgáló berendezést használtam.



2. ábra. Az SP-15 jelű karcvizsgáló berendezés fényképfelvétele

a – gépalap; b – motoros mozgatósi felépítmény; c – XY asztal, befogófejfel; d – oszlop; e – Zoom mikroszkóp – Zeiss sztereomikroszkóp; f – merőleges irányú terhelőfej; g – vezérlőegység

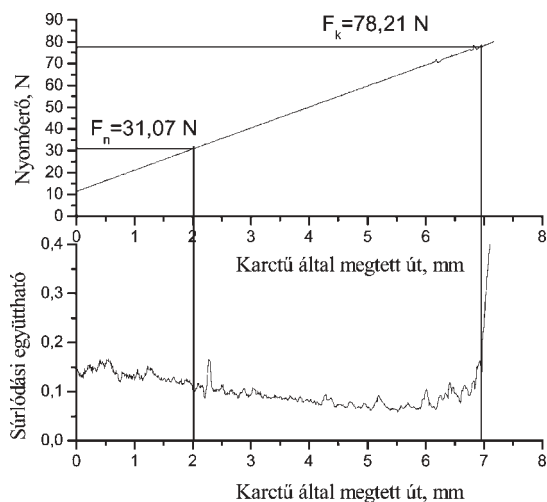
A berendezés fontosabb műszaki adatai:

- a karcot létrehozó karctű: Rockwell C 120°  
R = 0,2 mm gyémántkúp;
- terhelőerő: 2–150 N között  
tetszőlegesen növelhető;
- asztalmazás sebessége: 4–150 mm/min között  
tetszőlegesen beállítható.

A vizsgálathoz folyamatosan növekvő terhelést választottam. A terhelési mód mellett fix értéken tartott egyéb paraméterek:

- induló terhelés: 10 N,
- nyomóerőgradiens: 10 N/mm,
- asztalsebesség: 10 mm/min,
- maximális terhelőerő: 90 N.

A próbatest alsó és felső oldalán egyaránt 9-9 értékelhető karcot húztam, melyek mért adatait számítógép segítségével rögzítettem. Az adatok kiértékelését az Origin 6.0 program segítségével végeztem el úgy, hogy az adatsorokból kettős diagramot szerkesztettem (3. ábra), melyből az egyik a súrlódási tényező ábrázolása a karctű által megtett út függvényében, a másik a normálerő ábrázolása a távolság függvényében.

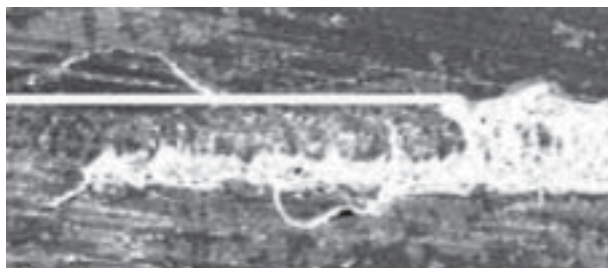


3. ábra. Karcvizsgálati diagram a kezdeti károsodás legnagyobb értékéről

A máz kezdeti károsodásához tartozó súrlódási együttható és a hozzá tartozó nyomóerőértékek ( $F_n$ ) meghatározásához szükségessé vált a karcnyomok fénymikroszkóppal és scanning elektronmikroszkóppal (SEM), valamint mikrométerrel történő vizsgálata is. Ezek segítségével lehetett megmérni azt a távolságot, ahol a karcfej már jelentős mértékben károsította a mázréteget. Pásztázó elektronmikroszkóppal készített felvételt mutat a 4. ábra egy karcnyom kezdetéről, valamint a jelentős károsodás kezdetét szemlélteti az 5. ábra.



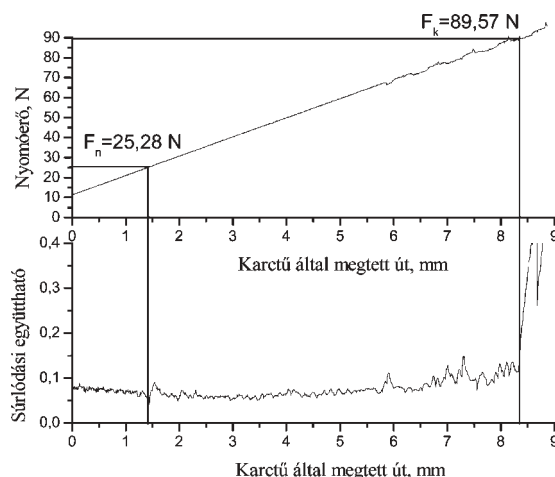
4. ábra. SEM-felvétel egy karcnyomról a károsodás kezdetéig, a jelzett szakasz 1,82 mm



5. ábra. SEM-felvétel egy karcnyomról a károsodás kezdetén

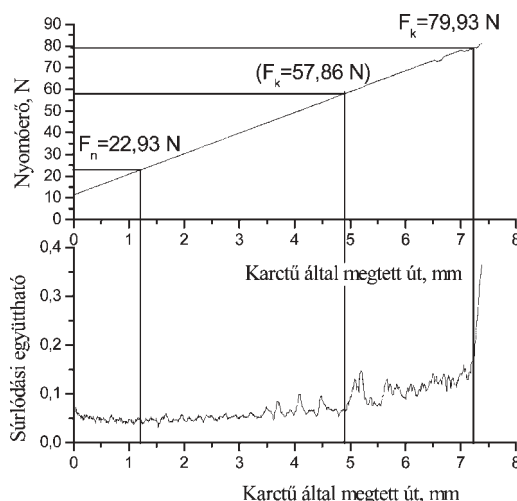
Tehát fordítva történt a karcnyomok kiértékelése. Nem a diagramokon ábrázolt adatokból határoztam meg a kritikus normálerő értékét, hanem a mikrométer segítségével leolvasott távolságértékeket vettem figyelembe, és ezeket felmérve olvastam le a diagramról a hozzájuk tartozó nyomóerőket.

A máz teljes leválásához tartozó nyomóerőértékeket ( $F_k$ ) ott olvastam le (6. ábra), ahol a súrlódási együttható értéke ugrásszerűen megváltozott.



6. ábra. Karcvizsgálati diagram a legnagyobb kritikus normálerőjű karcról

A máz leválásához kapcsolódóan érdemes megemlíteni, hogy néhány esetben több helyen is történt kisebb ugrásszerű változás a súrlódási együttható értékénél. Ezeket a kiugrásokat indokolhatja valamiféle lokális hiba. Ilyen „rendellenességre” mutat példát a mintadarab alján húzott kilencedik karcnyom karcvizsgálati diagramja (7. ábra).



7. ábra. A mintadarab alján készített 9. karcnyom karcvizsgálati diagramja

A külön-külön elemzésre került karcok eredményeit átlagolva kaptam meg a darab két oldalára jellemző kritikus normálerőértékeket.

A keménységmérés pontossága érdekében egy korszerű, MVK-H1/H2/H3 jelű mikrokeménységmérő berendezéssel határoztam meg a máz keménységét. A gyémántgülla által létrehozott négyzetes lenyomat értékelhetőségéhez 0,5 N-os terhelést választottam. Ez az erő már kezelhető

A vizsgált minta alsó oldalának mért és számított értékei

Alsó	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Átlag
$F_n$	26,01	29,36	31,93	27,85	31,21	28,71	30,21	27	22,93	28,357
$F_k$	81,88	–	72,64	74,14	75,86	76,71	82,28	80,78	79,93	78,028
HVM	617	695	687	684	659	–	–	–	–	681,25
$\sigma_m$	392,18									
$\sigma_n$	650,55									

2. táblázat

A vizsgált minta felső oldalának mért és számított értékei

Alsó	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Átlag
$F_n$	23,78	28,71	27,85	25,28	31,07	30,21	27,85	25,28	25,28	27,257
$F_k$	–	–	88,93	84	78,21	79,93	–	–	89,57	84,128
HVM	883	691	715	707	–	–	–	–	–	704,33
$\sigma_m$	390,96									
$\sigma_n$	686,85									

méretű nyomot hagyott, és nem történt a mázban repedés, lepattanás. A terhelés ideje 15 s volt.

A technika fejlődésének köszönhetően a berendezés az átlók rögzítése után automatikusan kiszámította a mért keménység értékét.

A mintadarab alján 4, a tetején pedig 3 használható keménységmérési adatból adódtak az átlagos mikrokeménységértékek.

#### 4. A tapadószilárdság meghatározása

A karcvizsgálat és a keménységmérés eredményeit felhasználva határoztam meg a máz tapadószilárdságát a következő összefüggések [4] segítségével:

$$\sigma_m = [F_n(\text{HVM}) / \pi R^2]^{1/2}, (\text{N/mm}^2) \quad (4)$$

$$\sigma_n = [F_k(\text{HVM}) / p R^2]^{1/2}, (\text{N/mm}^2) \quad (5)$$

ahol:  $\sigma_m$  a máz tapadószilárdsága a kezdeti károsodásnál;

$F_n$  a karctű által a mázfelületre ható normál-erő a máz kezdeti károsodásnál;

HVM Vickers-féle mikrokeménység értéke;

$R$  a karcfej lekerekítési sugara,  $R = 0,2$  mm;

$\sigma_n$  a máz tapadószilárdsága a máz leválásánál;

$F_k$  kritikus normál-erő a máz leválásánál.

A vizsgált porcelán próbatest alsó felületén (hátlapján) mért és számított értékeket az 1. táblázat foglalja össze, míg a próbatest felső (tükrös) felületén mért és számított értékeket a 2. táblázat ismerteti.

#### 5. Az eredmények összegzése

Az elvégzett vizsgálatok alapján a következők állapíthatók meg:

- új porcelánmáz kifejlesztésekor az esztétikai megjelenésen és területes tulajdonságokon túl célszerű az új máz mikro- és makrokeménységét, valamint tapadószilárdságát még a bevezetés előtt megvizsgálni, mert ezzel elkerülhetők a technológiai folyamatok során (termék mozgatása, tárolása) keletkező nemkívánatos mázkárosodások;
- csak karcvizsgálatokkal előzhető meg olyan mázak kifejlesztése és technológiai bevezetése, amelyek ugyan esztétikailag tetszetősek, de a porcelán-termékek funkcionális használatakor az esztétikai értéket is jelentős mértékben lerontó, maradandó mázkárosodást – esetleg végleges selejteződést – szenvednek;
- a vizsgálatok ebben az esetben is igazolták azt az állítást [4], hogy a porcelán alaptest és a máz között olyan „átmeneti” réteg jön létre, amelynek tapadószilárdsága a porcelán alaptesthez (szubsztátumhoz) lényegesen nagyobb, mint a máz és az átmeneti réteg között ébredő tapadószilárdság.

#### Irodalom

- [1] Smith B. – Weng W. Go: China – A History in Art. Gemini Smith Inc., Doubleday, New York, 1972.
- [2] Hobson R. L.: Chinese Pottery and Porcelain. Dover, New York, 1976.
- [3] Terry A. Ring: Fundamentals of Ceramic Powder Processing and Synthesis. Academic Press, New York, 1993.
- [4] Dr. Gömze A. László: A karcvizsgálat szerepe és jelentősége porcelán- és kerámiamázak, valamint mázazási technológiák fejlesztésénél. microCAD 2003, Anyagtechnológiai Szekció kiadványa, Miskolc, 2003.
- [5] Dr. Gömze A. László: Az építészeti kerámia-termékek alapanyagai és előállításuk technológiai műveletei. Kerámiaipari Évkönyv I. Budapest, ÉTK Kft., 2001. 30-51. old.
- [6] Dr. Gömze A. László – Nagy Endréné: Fehérru minőségi osztályba sorolásának szabályzata a Hollóházi Porcelángyárban. Igazgatói utasítás, Hollóháza, 1987. 1-12. old.



- [7] *Minner K – Berger I.*: Lokale Krater und Blasenbildung in Porcellanglasuren. *Keramische Zeitschrift* 45. Jahrgang, No. 6. 1993. 328-330. p.
- [8] *Dr. Gömze A. László*: A gyártmányfejlesztés lehetőségei és korlátai a Hollóházi Porcelángyárban. *Építésügyi Szemle*, 1988. 7. szám, 205-209. old.
- [9] ÉGSZI: *Építőanyagipari gyorsjelentés* 1989. II. negyedév. Budapest, ÉVM, 1989.
- [10] Bauscher AG: *The Hallmark of Professional Quality – The Innovative Tableware Range for Demands of a New Generation*. Wieden, Germany, 2001.
- [11] *Puskás Nikoletta – Dr. Gömze A. László – Kocsisné dr. Baán Mária – Csányi Judit*: Porcelán mázvizsgálat. TDK-dolgozat, Miskolc, 2002.
- [12] *Puskás Nikoletta – Dr. Gömze A. László*: Porcelánmázak karc- és keménységvizsgálata. XX. Finomkerámiai Nap, szakmai tudományos konferencia kiadványa, Miskolc, 2002. 19-25. old.

\* \* \*

## BESZÁMOLÓ RENDEZVÉNYRŐL

### Kerámia- és szilikátipari kutatások és mérnökképzés a Miskolci Egyetemen Szakmai tudományos konferencia

Miskolc, 2003. május 20-21.

A szakmai rendezvényt a Miskolci Egyetemen tartották. Főrendezője a Miskolci Egyetem Nemesfém Anyagok Technológiája Tanszék volt. Társrendezőként részt vett a Szilikátipari Tudományos Egyesület, a Magyar Építőanyagipari Szövetség és a Magyar Üvegipari Szövetség is.

A rendezvényt *Lukács László* rektorhelyettes nyitotta meg. Üdvözölte a jelenlévőket és ismertette az egyetem fejlődését. Elmondta, hogy az utóbbi években az egyetemen a műszaki tudományi karok mellett jogi és bölcsész kar, valamint zeneművészeti intézet is működik.

*Kovács Károly* SZTE-főtitkár az előadásában szövegezte az egyesület integráló szerepéről és feladatairól, ill. tevékenységéről. Az SZTE tevékenyen részt vesz a szakmai továbbképzésben, a különféle rendezvények szervezésében és az EU-szabványok bevezetésében. Az egyesület vezetősége az egykori szilikátipari konferenciák (SILICONF) felújítását tervezi.

*Gömze A. László* tanszékvezető ismertette a Miskolci Egyetemen folyó kerámiai és szilikátipari mérnökképzést. Az egyetemen 30 évvel ezelőtt végeztek először szilikátipari mérnökök. Napjainkban az ilyen irányú mérnökképzést már három egyetemi karon végzik.

*Tóth A. Levente* dékánhelyettes előadásában az Anyag- és Kohómérnöki Kart mutatta be. Ezen a karon az oktatás négy intézetben és tizenkét tanszéken folyik.

*Schwartzmüller Norbert* vezérigazgató a „Magyar téglaiipar fejlődése és tendenciái” című előadásában a Wienerberger Téglaiipari Rt. meghatározó szerepéről beszélt. Elmondta, hogy a Wienerberger a világon a legnagyobb téglagyártó cég, és 27 országban 245 gyárral rendelkezik. Hazánkban, ahol 14 éve működik, a cég a téglagyártás piacvezető vállalata. Magyarországon a Wienerberger Rt. 15 gyárral rendelkezik. Legfontosabb termékei között a Porotherm téglák szerepelnek. Például a Porotherm 38 N+F, amelynek piaci részaránya 45%-ot ér el.

A cég jövőbeni elképzelései között az ún. kapacitás-növelő beruházások és a minőségi termékek gyártása szerepel, így a „Terca” nevű színes, strukturált téglatermék homlokzatokhoz, továbbá a perlitkitöltésű téglák, valamint az ún. „csiszolt téglák”. A cég kínálata között szerepel a különféle „kész ház” program is, amely magában foglalja a családi házak elkészítését a tervezéstől a kulcsátadásig.

*Mikó József* egyetemi docens „Olajjal szennyezett föld termikus tisztítása és a képződött olajgőzök felhasználása kerámiaégető alagútkemencében” címmel tartott előadást. Elmondta, hogy az olajtartalmú földet forgó kemencében max. 500 °C-on kezelik, és a képződött olajgőzöket a tégláégető kemencében hasznosítják.

*Gömze A. László* egyetemi docens „Műanyag hulladékok téglaiipari hasznosíthatóságának néhány kérdése” című előadásában a polietilénhulladék téglaiipari hasznosításáról beszélt. A hasznosítás során a termékminőség javítását és az energia megtakarítását tűzték ki célul. Üzemi kísérleteikhez, amelyet a Mályi Téglagyárban végeztek el, a polietilénhulladék 3-5 mm-es granulátumát használták. Ezt az agyagba 1-1,5%-os arányban keverték be. A tégláégetéshez pótfűtés nem volt szükséges, mert a bekevert polietilén ún. önfenntartó égetést biztosított.

Délután még a következő előadások szerepeltek:

*Cselényi József* egyetemi tanár – *Illés Béla* egyetemi docens – *Német János* egyetemi docens: „A cementgyártás kiserelési folyamatai teljesítőképességének értékelésére szolgáló szimulációs számítás alapjai”.

*Török Ferenc* egyetemi hallgató – *Gömze A. László* egyetemi docens – *Óvári Albert* osztályvezető: „A finomra őrölt mészkölszt hatása a beton bedolgozhatóságára és minőségére”.

*Takács János* egyetemi docens: „A perlit az egyik legfontosabb természetes eredetű szennyvíztisztítási segédanyag”.

*Hans-Dieter Schmidt* ügyvezető igazgató (Max Aicher Recycling GmbH): „CLEAN-BED CLEAN-BED eljárással kezelt salak építőipari hasznosítási lehetőségei”.

*Grega Oszkár* egyetemi docens: „CLEAN-BED CLEAN-BED salakkezelési eljárás megvalósítása a Max Aicher Vállalat-csoportnál”.

*Bálint Pál*

(A második nap előadásairól az Egyesületi és szakhírek rovatban számolunk be.)

# SZILIKÁTTECHNIKA

## Közetszilárdsági tulajdonságok meghatározása roncsolásmentes vizsgálati módszerrel

Gálos Miklós

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

### 1. Bevezetés

A kőzetek szilárdsági tulajdonságait kifejező anyagjellemzők a műszaki gyakorlat számára nagyon fontosak. Sok esetben minősítő szerepük van. Ha egy-egy kőzetről beszélünk, az első információk között bizonyosan a kőzet szilárdsági tulajdonságai közül a nyomószilárdságát közöljük. Ezeket az alap kutatások eredményeként megjelenő anyagjellemzőket természetesen, egyértelműen, legtöbbször magától értetődően használjuk, pedig tudjuk, hogy használhatóságukat aprólékos kutatási, vizsgálati munka alapozza meg.

Az építési kőanyagok szilárdsági tulajdonságainak meghatározásánál két kérdésre várunk választ, nevezetesen:

- melyek a teherviselő képesség határai, mik a feltételei annak, hogy a kőzet szerkezete tönkremegy és további terhelés felvételére alkalmatlanná válik;
- milyen a feszültségek és az alakváltozások közötti függvénykapcsolat, hogyan viselkedik a kőzet a terhelés folyamán.

A törést előidéző feszültségállapot tényezőit használjuk a teherviselő kőszerkezetek méretezésénél, teherviselő képességük ellenőrzésénél az igénybevehetőség határértékének felvételéhez, megengedett vagy határfeszültségkénti megadásával.

A kőzet mechanikai hatásokra bekövetkező tönkremenetele húzó-, nyíró- vagy csavaró igénybevételre következik be. Ezért tűnik ellentmondásnak, hogy a szilárdsági viselkedés minősítő határértékének rideg anyagoknál, így a kőzeteknél is a nyomószilárdsági vizsgálattal meghatározott nyomószilárdságot (törőszilárdságot) használjuk. Az igénybevételekhez rendelhető feszültségi és alakváltozási határértékek a kőzetek anyagszerkezeti tulajdonságainak függvényei. Az anyagszerkezeti tulajdonságokat természetesen az adott kőzet kőzetfizikai állapotának figyelembevételével lehet és kell értelmezni.

A feszültségek és alakváltozások közötti függvénykapcsolat a terheletlen állapottól a tönkremenetelig mutatja a kőzet viselkedését. A függvénykapcsolat a kőzet anyagszerkezetének sajátosságait hordozza. A viselkedést

idealizáló feltételezésekkel tesszük kezelhetővé. Alapvetően rugalmas, viszkózus és plasztikus viselkedésről beszélünk. A tényleges függvénykapcsolatot ezeknek a mechanikai viselkedésformáknak a kombinációival írjuk le. A mérnöki gyakorlatban az építési kőanyagoknál a rugalmas viselkedés feltételezésével élünk addig a határig, amíg a kőzetet mechanikai igénybevételnek óhajtjuk kitenni. Fordítottan is megfogalmazható ez a kitétel. Olyan alakváltozásokat engedünk meg szerkezeteinkben, amelyek a feszültségek és alakváltozások közötti rugalmas viselkedés feltételezésével számíthatók.

Mindkét kérdésre adott választ hordozó kőzetjellemzők csak a kőzetek vizsgálati eredményeivel alátámasztottan hitelesek és használhatók a gyakorlati életben. Ezen a területen nagy szükség van az alap kutatásokra, hiszen olyan tényezők egymásra gyakorolt hatását kell számításba venni, amelyek szerteágazó anyagszerkezeti, mechanikai, energetikai tulajdonságok időbeni változását hordozzák.

### 2. A szilárdsági tulajdonságok meghatározásának laboratóriumi módszerei

A kőzetek szilárdsági tulajdonságait a laboratóriumi vizsgálatokkal tudjuk meghatározni. A kőzetek szilárdsági és alakváltozási tulajdonságait meghatározó laboratóriumi vizsgálatok során a vizsgálatra kiválasztott próbatesteket minden esetben a kőzetre jellemzően ún. „elemi cella”-ként kezeljük. Elfogadjuk, hogy a minta olyan nagyságú, hogy térfogata megfelel a vizsgálati gyakorlatban megfogalmazott „minimál térfogat”-nak. Tehát a minta viselkedése minden tekintetben megfelel a műszaki kőzetten értelmezése szerinti közzétömb, azaz „kőzet” fogalomnak.

A szilárdsági viselkedés anyagjellemzőit egyszerű feszültségi, mechanikailag egyszerűen kezelhető főfeszültségi állapotot leképező laboratóriumi vizsgálatokkal határozzuk meg. Ez a gyakorlat nemcsak a kőzeteknél, hanem minden építési anyagnál általánosan honos.

A laboratóriumi vizsgálatok egységes szemléleti rendjét a hazai és nemzetközi szabályozások, szabványok biztosítják. A minősítő szilárdsági vizsgálatok alkotják a legrégibb idők óta szabványosított vizsgálatokat. Az építési kőanyagokra vonatkozó szabványsorozatnak, de a folyamatosan megjelenő harmonizált európai szabványoknak is fontos részét képezik a szilárdsági vizsgálatok szabványai (MSZ 18285/1, MSZ EN 1926).

Közeteknél, a különböző építőkövek termékek minősítésénél az egyirányú nyomószilárdsági, a húzószilárdsági – vizsgálattechnikai okokra visszavezethetően a hasító húzószilárdsági (ún. Brazil-vizsgálat) –, valamint a hajlítószilárdsági vizsgálatok szabványosítottak. Ezek azok a vizsgálatok, amelyek a termékszabványokban a szilárdsági és időállósági kőzetfizikai termékosztályok minősítő értékeit szolgáltatják. A minősítés a különböző kőzetfizikai állapotban – légszáraz, vízzel telített, különböző ciklusszámú elvégzett fagyasztráti terhelés után – meghatározott szilárdsági anyagtulajdonság megadásával és az elvárt határértékekkel történő összevetés szerint készül.

### 3. Szilárdsági tulajdonságok meghatározásának helyszíni vizsgálati módszerei

Beépített kőzetanyagok utólagos minősítése vagy szilárdsági tulajdonságaiknak ellenőrzése már bonyolultabb feladat. Abban az esetben, ha a kőzetanyagból laboratóriumi vizsgálatra alkalmas minta vehető, úgy a feladat a laboratóriumi vizsgálatok problémakörére szűkül le. Természetesen felmerül az, hogy a mintavételezés mennyire volt reprezentatív, nem befolyásolta-e a mintavételezést a mintavétel helyének kijelölését meghatározó adottságok sora. Beépített kövekből nagyon nehéz a reprezentatív mintavétel, hiszen a laboratóriumi vizsgálatok megbízhatósága megfelelő ismétlési számú vizsgálatokhoz kötött, ennek megfelelően kell a szerkezetből több próbatétel kialakítására alkalmas mintát venni, ami figyelembe véve a kőzetek heterogenitását, nem könnyű feladat.

A roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatok alkalmasak arra, hogy kivett minta nélkül határozzuk meg az anyag szilárdsági és alakváltozási tulajdonságait. Ez esetben a szerkezet kijelölt, vizsgálatra használt felületét mint mintafelületet tekintjük próbatestnek. A roncsolásmentes vizsgálatok olyan vizsgálati módszerek, melyek közvetett információkat szolgáltatnak a vizsgált anyagról, a mi esetünkben a kőzetekről. A vizsgálati berendezés által kibocsátott jel a vizsgált anyag anyagszerkezetének megfelelő válaszcsele ad, amelyből a kívánt tulajdonság meghatározható.

Többfajta roncsolásmentes anyagvizsgáló módszer ismert. Az egyes eljárások abban különböznek egymástól, hogy a vizsgálat során milyen fizikai jellemzőt határoznak meg. A különböző fizikai jellemzők mérésére egyedi műszertechnikai megoldások lehetségesek. Az egyes vizsgáló módszerek fizikai alapjai ismertek, matematikai összefüggésekkel is leírhatók.

A roncsolásmentes betonvizsgálatokra kifejlesztett Schmidt-kalapács a rugalmas visszahatás mérésén alapuló felületi keménységet mérő vizsgálati berendezés. A vizsgálat során a mozgási energiával rendelkező tömeg és a vizsgált anyag kölcsönhatását, ütközési viszonyait méri. A Schmidt-kalapácsos vizsgálat elterjedését egyszerűsége, könnyen kezelhetősége, valamint mobilitása biztosítja. A különböző betonok helyszíni vizsgálatára a bázeleli E. Schmidt mérnök által kifejlesztett műszercsalád szinte egyeduralmukodóvá vált. A vizsgálati módszer megszilárdult betonok roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatára hazánkban szabvánnyal, illetve az útépités területén szakmai műszaki előírással egységesítetten szabályozott.

A kőzetek szilárdsági tulajdonságainak megítélésére a Schmidt-kalapácsos vizsgálatot a múlt század hetvenes éveiben Kleb B. már használta, mérnökgeológiai térképezési munkáknál a pincefalak riolittufa kőzetváltozatainak szilárdságát értékelte, felhasználva Marek I. laboratóriumi vizsgálatának eredményeit.

A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén, a nyolcvanas évek elejétől, az egyre növekvő számban végzett épületdiagnosztikai munkáknál Gálos M., Kertész P., Marek I. alkalmazta a Schmidt-kalapácsos vizsgálatot meglévő épületek, építmények, műemlékek, műemlék jellegű épületek építési kőanyagának vizsgálatára, állapotértékelésére. A vizsgálati módszer használhatóságát mutatja, hogy az igények és elvárások a vizsgálatokkal szemben megnövekedtek. A BME Ásvány- és Földtani Tanszékének – későbbi nevén BME Mérnökgeológiai Tanszékének – kőzetvizsgáló laboratóriumában megindult kutatási munka az egyetem szervezeti változásai következtében a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék kőzetvizsgáló laborrészlegében folytatódott és folytatódik.

A Schmidt-kalapácsos vizsgálati berendezéssel végzett roncsolásmentes kőzetvizsgálathoz nyilvánvalóvá vált, hogy a betonok vizsgálatára kidolgozott mérőberendezések – különböző típusjelű (L, N és M) kalapácsok, amelyek az ütés energiájának nagyságában térnek el egymástól – szilárdság becslésére adott összefüggései betonokra kimunkáltak.

A mérési eredmény leolvasása a műszer dinamikus együtthatójának (k) függvényében:

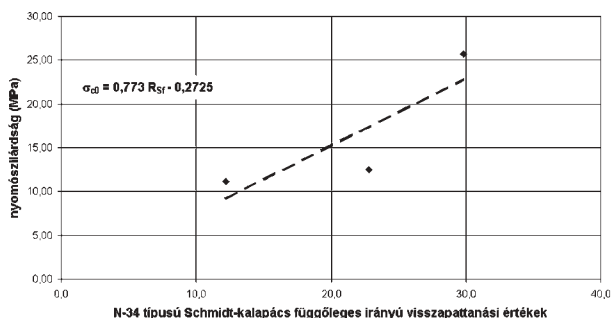
$$R = 100 k,$$

ahol k értéke 0–1 között van.

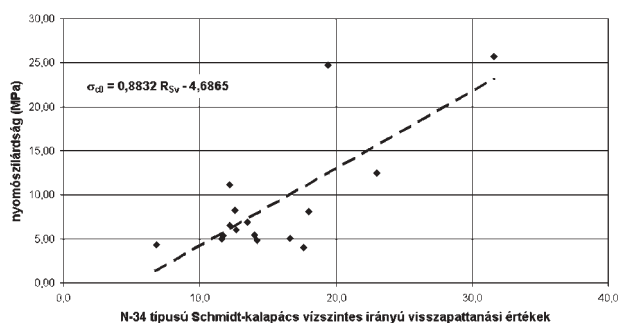
Teljesen rugalmatlan ütközés esetén  $k = 0$ . Helyesen beállított Schmidt-kalapács a műszer hitelesítő etalonján (üllőjén) 78–82 közötti visszapattnási értéket (R) mutat.

Természetes igényként jelentkezett, hogy a kővizsgálatokhoz is kidolgozásra kerüljenek azok az összefüggések, amelyek a gyakorlati élet számára a Schmidt-kalapács visszapattnási értékeit a minősítő kőzetszilárdsági értékek meghatározására használhatóvá teszik.

A roncsolásmentes vizsgálatok alkalmazása esetén is az építőanyagokra tett általános feltételezésekkel élünk.



1. ábra. Összefüggés a Schmidt-kalapácsos vizsgálat visszapattanási értékei és a légszáras nyomószilárdság között durva mészkő esetében



2. ábra. Összefüggés a Schmidt-kalapácsos vizsgálat visszapattanási értékei és a légszáras nyomószilárdság között durva mészkő esetében

Nevezetesen a homogén, izotróp, minden irányban végtelen kiterjedésű anyag idealizálásával. Tudjuk, hogy ez a feltételrendszer csak a vizsgálati eredmények képzését megalapozó elméletek használatát igazolja. A vizsgálat során az eredmények értékelésénél legtöbb esetben az idealizált feltételrendszertől való eltérésre hivatkozunk.

#### 4. Összefüggések a laboratóriumi és a helyszíni szilárdsági vizsgálatok között

A gyakorlatban a szilárdsági jellemzők és a roncsolásmentes módszerrel meghatározott jellemzők között kimunkált összefüggéseket tudjuk a minősítési munkában használni. Mind a nyomószilárdsági vizsgálatok, mind a roncsolásmentes mérések eredményei számos vizsgálattechnikai tényezőtől függenek. Ezekben a tényezőkben az anyagszerkezeti adottságok sokrétűsége és kölcsönhatása jelenik meg. Ezért a nyomószilárdság és a roncsolásmentes vizsgálat eredményei csupán sztochasztikus kapcsolatban vannak egymással. Matematikai szempontból korrekt módon, a mérési eredmények által meghatározott pontokra, a regressziós elemzés módszereivel szerkeszthetünk középgörbét.

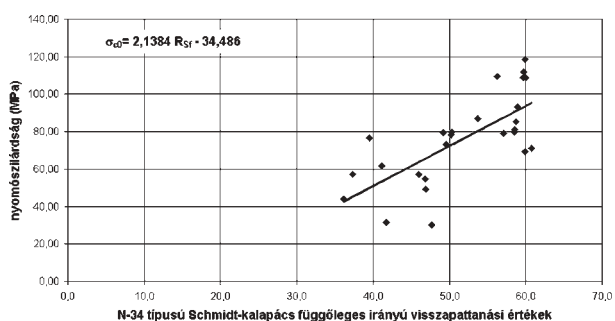
Az építőkként leggyakrabban használt durva mészkövekre és forrásvízi mészkövekre mutatjuk be a kimunkált regressziós összefüggéseket az 1–4. ábrákon. Ezek

az eredmények az általános trendeket szemléltetik. További elemzés, a közettani és a közetcsöveg szerinti változottság figyelembevétele egy-egy tulajdonságcsoporthoz a pontosságot, a regresszió „élességét” eredményezheti.

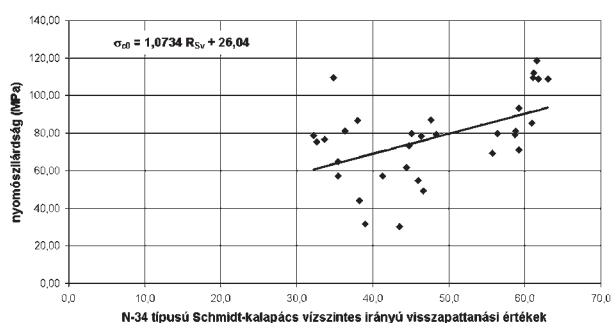
#### 5. Összefoglalás

A laboratóriumi és helyszíni szilárdsági vizsgálatok közötti összefüggések a gyakorlati élet számára nagyon fontosak. Beépített közetek szilárdsági tulajdonságainak minősítése a regressziós összefüggések használatával megoldott feladat. A közeteket minősítő egyirányú nyomószilárdság alapját képezheti a további szilárdsági anyagjellemzők és az ezekhez köthető határfeszültségek meghatározásának. Így a teherviselő kőszerkezetekbe beépített kőzetanyagok ellenőrzése, új szerkezet esetén méretezése elvégezhető.

A laboratóriumi és helyszíni szilárdsági vizsgálatok közötti összefüggések kutatási munkáihoz járult az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA) T 026 393 témaszámú támogatása, amely biztosította a laboratóriumi és helyszíni szilárdsági vizsgálatok együttes kutatását a pályázat célkitűzései során megfogalmazottak szerint, megteremtve azokat az anyagi és személyi feltételeket, amelyek egy soktényezős, interdiszciplináris kutatási munkához szükségesek.



3. ábra. Összefüggés a Schmidt-kalapácsos vizsgálat visszapattanási értékei és a légszáras nyomószilárdság között forrásvízi mészkő esetében



4. ábra. Összefüggés a Schmidt-kalapácsos vizsgálat visszapattanási értékei és a légszáras nyomószilárdság között forrásvízi mészkő esetében

## Zsolnay Vilmos „a legnagyobb magyar fazekas”

### Sediánszky János

A magyar iparművészet kettős jubileumot ünnepel az idén: Zsolnay Vilmos születésének 175. és pécsi gyára megalapításának 150. évfordulóját.

Ha valakire, rá és munkásságára igazán illenek napjaink divatos, már-már elkoptatott szavai: kreativitás és európai-ság.

Életművét mutatta be, illusztrálta az Iparművészeti Múzeumban rendezett nagyszabású kiállítás korabeli dokumentumokkal, leírásokkal, fényképekkel, a róla szóló publikációkkal, Csenkey Éva rendezésében.

Zsolnay Vilmos 1828. április 19-én született Pécsen, kereskedő családból származik, az általa később megnagyobbított házuk ma is ott áll a Széchenyi tér sarkán.

A család szerény köedény- és terrakottaüzemét a bátyjától vette át, és 1868-ban jegyeztette be „Első Pécsi Cement, Chamott és Tűzálló Agyagáruk Gyára” néven. Ebből, az akkor hűsznál kevesebb munkással dolgozó kisüzemből fejlődött ki a 19. század végére a nagy gyár, már mintegy 700 alkalmazottal, tervező-, festő-, mintázóműhelyekkel, irodákkal, égetőkemencékkel. „Örökrszemet megszázsoroztam” vallotta később öntudatosan; leánya, Teréz családtörténeti könyvében pedig így jellemezte:

„Atyánk csordultig töltött kehely volt kitűnő megfigyelő, kutató elmével merült el a természet titkaiban. 37 éves korában, minden képzettség és szaktudás nélkül vette át a kis üzem vezetését.”

Bár Vilmost is kereskedőnek nevelték, minden vágya az volt, hogy festő lehessen. Leánya szerint: „ha ezt a pályát választja, bizonyára nagy művész lett volna belőle.”

Festményei a családi otthon díszítették, s a korunkbeli híres pécsi festőművész, Martyn Ferenc is így vélekedett róla: „Bár nem tanult rajzolni, festői képességei rendkívüliek voltak.”

Zsolnay Vilmos a családi kisüzem átvétele után a kerámiagyártás fejlesztése érdekében hazai nyersanyag-lelőhelyek után kutatott, telkeket vásárolt, bányákat nyitattott. 300-féle agyagfajtát vizsgált meg Pécs környékén, majd az egész Nagy-Magyarországon veje – Teréz lányának a férje –, Mattyasovszky Jakab geológus segítségével. Munkásai, a korongozók, festők, égetők, formaöntők először Cseh- és Németországból jöttek, de a század végére már túlnyomórészt magyarok voltak. Tanoncainak saját iskolát létesített, ahol öt évig tanulták a mesterséget. Teréz és Júlia lányai voltak művészi tervezői, Miklós fia lett az utóda, a gyár vezetője. Júlia tervezte egyébként a gyár öttornyos, Pécs német, Fünfkirchen nevére utaló emblémáját, alatta az apa és gyermekei neveinek kezdőbetűivel.

Teréz írja, hogy édesapja esténként a kémiai szakkönyveket bújtja, és kísérletek százait végezte el, amelyekről az anyagfajtákat felsoroló receptkönyve is tanúskodik. A próbadarabokat is maga készítette, ahogy elsőként érkezett és utolsóként távozott a gyárból, ahol a munkaidő reggel héttől este hét óráig tartott.

Dr. Wartha Vince, a tudós kémikus együttműködésével született meg a gyár leghíresebb találmánya, az eozinmáz, az ebből készült cseréptetőzetek legnevezetesebb középileteinket borítják, az Országháztól a Mátyás-templomig, az Országos Takarékpénztártól a kecskeméti vagy a szabadkai városházáig.

A művészi kerámiagyártás mellett az 1880-as évektől, a Bécs–Budapest távbeszélő vonal kiépítése után, a Magyar Postával és Államvasutakkal kötött szerződés alapján a Zsolnay-gyár ipari porcelán gyártására is berendezkedett, szigetelőcsigákat, vízvezetékcsöveket, háztartási berendezéseket is készítettek.

Egy koronás-címeres szigetelőcsigát Baross Gábor miniszternek „a magyar ipar hathatós előmozdítójának” ajánldékoztak egy látogatásakor, feltüntetve, hogy „magyar anyagból” készült.

1895-től, a technika fejlődését, a villamosság feltalálását követően már elektrotechnikai cikkeket is gyártottak.

Zsolnay Vilmos fáradozásait, gyár- és kereskedelemfejlesztő munkásságát sorra díjazták a nemzetközi kiállításokon. Bécsben 1873-ban, majd 1878-ban Párizsban termékeit aranyérmekkel, őt pedig a francia Becsületrenddel tüntették ki. A király a pécsi látogatásakor a számára készített porcelántollal írta be a nevét a vendégkönyvbe, Zsolnay Vilmos pedig Ferenc József-érdemrendet kapott. Pécs városa díszpolgárává választotta.

De azért sok nehézséggel, ellenlábassal kellett megküzdnie, amikor a francia sevres-i porcelánmanufaktúra, a londoni British Museum, a berlini, a zürichi, a drezdai múzeum is sorra rendelt termékeiből, nem beszélve a nagy kereskedő cégekről, amelyek ugyancsak megrendelésekkel árasztották el, még a japán Yokohamából is. Zsolnay Vilmos mégis ezt írta: „Ideje lenne megértetni a kormánnyal, hogy nem közömbös, külföldre vándorol-e a pénzünk, vagy az országban marad. Lehetővé kell tenni adóízető hazai vállalatok alapítását, mert nyereségük is a nemzeti vagyont gyarapítja.”

Jutalma, elismerése lehetett az is, hogy kora legnagyobb magyar építőművészeivel, Schulek Frigyessel, Lechner Ödönnel, Ybl Miklóssal dolgozhatott együtt legszebb középületeink díszítésében.

Az 1896-os millenniumi kiállításon bemutatott kollekcióját a fényes ünnepek után az épp új, fényűző otthon kapott, általa is ékesített Iparművészeti Múzeumnak ajánldékozta.

Végezetül említsük meg, hogy milyen otthon teremtett ez a nagy magyar polgár, ahol ugyancsak Teréz lánya leírása szerint együtt tanultak, olvastak, zenéltek, kirándultak, eszmecserét folytattak irodalomról, filozófiáról, mintegy megvalósítva apjuk hitvallását: „Az emberiség célja az eszmei tisztaság és tökéletesség.”

Tanuljunk, okuljunk hát Zsolnay Vilmos életművéből, őrizzük értékeit, e páratlan „hungaricumot”, nemzeti örökséget.

## Vizsgálólaboratóriumok akkreditálása

Az MSZ EN ISO/IEC 17025:2001 szabvány bevezetésével kapcsolatos tapasztalatok

### Tóth Dezső akkreditáló mérnök

Úgy gondolom, nem lesz haszontalan, ha közreadom azokat a tapasztalatokat, amelyeket az építőipar területén működő laboratóriumok minőségirányítási rendszerének vizsgálata, akkreditálási eljárása során szereztem. Időszerű lehet ez azért is, hogy a rendszer további finomítása, megszilárdítása során figyelembe lehessen venni a tapasztalatokat, másrészt azért is, hogy akik most tervezik laboratóriumuk akkreditálását, felhasználhassák.

### Néhány gondolat általában a rendszer bevezetéséről

Az új szabványra való áttérés során *azok a laboratóriumok voltak a sikeresek*, amelyek vezetői nem becsülték le az új követelményekre való áttérés nehézségét, időigényét, a szabvány mondanivalójának elsajátítását, megértését, ezeknek a laboratóriumra való testreszabását.

A szabvány részletesen előírja, magyarázza, hogy a laboratóriumok minőségirányítási rendszerének milyen elemekből kell állnia, ugyanakkor *viszonylagos szabadságot* ad a megvalósítás módjára. Ez a szabadság a laboratóriumvezetők számára azonban nagyobb felelősséget is jelentett, hiszen bizonyítani kellett, hogy az alkalmazott megvalósítási mód megfelel a szabvány célkitűzésének, követelményeinek.

Az új követelmények az alkalmazás első fázisában a *minőségirányítási kézikönyv* összeállításával valósulnak meg. Tapasztalataim szerint az a jó kézikönyv:

- amely pontosan rögzíti a működés alapjait;
- *áttekinthetően, érthetően, követhetően* mutatja be a minőségirányítás rendszerét;
- a részletes eljárási rend (utasítás), a formanyomtatvány-minták, kimutatások, az egyes munkaköri leírások mellékletként kapcsolódnak a kézikönyvhöz.

*Kiegészítés a kézikönyvvel szemben támasztott szempontok részletes magyarázatához*

Az áttekinthetőséget biztosítja:

- ha a tartalomjegyzék és a kézikönyv fejezetekre, szakaszokra, alszakaszokra bontva mutatja be a mondanivalót. Célszerű, ha a hangsúlyos részeket eltérő betűtípusok használatával emeljük ki a szövegkörnyezetből.

Az érthetőség követelményét teljesíti:

- ha pontosan, szabatosan, félre nem érthetően írja le a tevékenységet.

A követhetőséget biztosítja:

- ha a fejezetekhez, szakaszokhoz tartozó eljárási rendek és egyéb mellékletek pontosan jelölten, jól kapcsolódnak, illeszkednek a minőségirányítás alapja-it tartalmazó kézikönyvhöz.

Mindezek előrebocsátása után megkísérlem áttekinteni az irányítási rendszerrel, valamint a műszaki követelmények teljesítésével kapcsolatos elemeket, amelyek sikeresek vagy hiányosak voltak, továbbá azokat, melyek nem kaptak megfelelő hangsúlyt, valamint értelmezésük tartalma nem követte megfelelően a szabvány célkitűzéseit.

### Az irányítási rendszerről

– A laboratóriumnak, ha olyan szervezetnek a része, amely nem vizsgálati tevékenységet végez, akkor a szervezeten belül meg kell határozni annak a kulcsszemélyzetnek a felelősségét, amely a laboratórium tevékenységében részt vesz, vagy befolyásolja azt.

– A laboratóriumnak rendelkeznie kell olyan eljárásokkal, amelyek biztosítják az ügyfeleinek *bizalmas információkkal* és a tulajdonosi jogokkal kapcsolatos *védelmét*. A kézikönyvnek meggyőzően kell bemutatni, hogy ezeket a jogokat hogyan védik.

– Ki kell nevezni a személyzet tagjai közül a *minőségügyi megbízottat*, pontosan megjelölve a feladatát, felelősségi körét, hatáskörét és közvetlen bejárásai lehetőségét a legmagasabb szintű vezetőhöz.

A vizsgálólaboratóriumnak meggyőzően kell dokumentálnia üzletpolitikáját, *minőségirányítási rendszerét*, alrendszerait, eljárási rendjét. Mindezeket ismertetni kell a munkatársakkal, és gondoskodni kell, hogy ezt megértsék. A tapasztalat azt bizonyítja, hogy ez a tevékenység ott volt sikeres, ahol konzultációk, megbeszélések keretében történt.

– A *dokumentumok kezelési* eljárásában gondoskodni kell azok rendszeres, időszakos felülvizsgálatáról annak érdekében, hogy kizárja az érvénytelenek vagy elavultak használatát. A dokumentumok módosításával kapcsolatban fontos elv, hogy ugyanazon részleg vagy személy végezze, aki az eredeti átvizsgálást végezte.

– Az *ajánlatok, szerződések* átvizsgálása során figyelembe kell venni a pénzügyi, jogi és ütemezési szempontokat, vonatkozásokat. Továbbá meg kell őrizni azokat a feljegyzéseket, amelyek az ügyféllel folytatott megbeszélésekről a szerződés végrehajtása során keletkeztek. Ez esetben is érvényes lehet az a mondás, hogy „nem káptalan a fejünk”.

– A szabvány új eleme, hogy kívánatosnak tartja az ügy-

felekkel való kapcsolattartás tekintetében, hogy *vissza-jelzést* kapjanak munkájukról, szolgáltatásaik fogadásáról akár pozitívak, akár negatívok.

– Bár a laboratóriumokhoz kevés panasz, reklamáció érkezik, mégis figyelmet kell fordítani arra, hogy korrekten módon szabályozzuk a *helyesbítő eljárásokat*, valamint a nem megfelelő vizsgálatok lelkiismeretes, gondos kezelését.

– Fel kell hívni a figyelmet a *megelőző tevékenységre*. Egyes laboratóriumok a panaszok felfedését követő tevékenységnek tekintették, holott ez előremutató folyamat. Azok a laboratóriumvezetők járnak el jól, akik a munkatársak bevonásával igyekeznek feltárni a hibák, a tévedések lehetséges forrásait, majd meghatározzák a prevenció módját.

– Előrelépés történt a belső auditok, a vezetőségi átvizsgálás szerepének, fontosságának felismerése tekintetében. Az erre vonatkozó eljárásrendek szabályozzák az *auditálási* folyamatot, az ellenőrzendő területet, a megállapítások írásba foglalásának módját, valamint a hibajavítás határidejét, de több esetben nem rendezik a hibajavítás jelentésének módját.

A belső audit eredményességének, hatékonyságának feltétele az auditvezető képzettsége, laboratóriumi gyakorlata és annak tudata és ismertetése, hogy munkája nem a laboratóriumvezető vagy a laboratórium személyzete ellen, hanem a hibák felismerésére, a laboratóriumi munka megbízhatóságának az erősítésére irányul. Kerülni kell tehát az ellenőrzés formális jellegét, és megerősíteni a célra tartó hibafeltárást.

– A *vezetőségi átvizsgálás* rendszerbe állítása, kötelezettsége és lehetősége a szervezet vezetőjének a laboratóriumi munka szerepének, helyzetének jobb megismerésére, ha azt jól készítik elő, és bevonják a vezetőség ülésére azokat is, akik támogatják, segítik a laboratórium munkáját.

A vezetőségi ülés értékelheti a minőségpolitikai célkitűzések megvalósítását, a munka hatékonyságát, a szervezet továbbfejlesztési irányainak meghatározását. Nagyobb cégek esetében jó gyakorlat, ha a vezetőség nem szűkül le az első számú vezető és helyettese személyére, hanem az ülésre bevonják a pénzügyi, gazdasági vezetőt, a minőségügyi vezetőt, a minőségügyi megbízottakat, esetenként és szükség szerint a jogtanácsost is.

## A műszaki követelményekről

– A szabvány az általános intézkedések között sorolja fel azokat a tényezőket, amelyek a laboratórium munkájának megbízhatóságát befolyásolják. Célszerű rendszeresen értékelni ezeknek a tényezőknek a szerepét és hatását. A laboratóriumvezetőnek számba kell vennie ezeket a tényezőket a vizsgálati módszerek alkalmazása, továbbá a munkatársak képzése, minősítése, valamint a berendezések kiválasztása, a berendezések modernizálása során. Fontos figyelembe venni ezeket a tényezőket a mérési

bizonytalanság megállapítása során is. Ezek különbözőek lehetnek a vizsgálatok típusától függően.

– Előrehaladás tapasztalható – bár még nem általánosan – a munkaköri leírások tartalma, pontossága, a felhatalmazások munkaköri leírásokra történő beépítése tekintetében. A vezetésnek gondoskodnia kell a személyzet sokoldalú szakmai, minőségügyi továbbképzéséről, ismereteinek bővítéséről. Célszerű képzési programot készíteni, eredményét rendszeresen értékelni, a továbbképzés hatását a résztvevők munkájában figyelemmel kísérni.

– A laboratóriumokban – néhány kivételtől eltekintve – a *vizsgálati feltételek* jók, megfelelőek az intézkedések a tiszta, rendezett környezet biztosítására.

– A *mérési bizonytalanság becslése*, megállapítása tekintetében a szabvány részletesen leírja a követelményeket. Ennek kimunkálása, a módszer meghatározása lényegében új feladatot jelentett a laboratóriumok számára. Tehát rendelkezniük kell olyan eljárásokkal, módszerekkel, amelyek alkalmasak a mérési bizonytalanság becslésére. A mérési bizonytalanságra vonatkozó információkra különösen olyan vizsgálat esetében van szükség, ahol ez a vizsgálati eredmények érvényessége szempontjából lényeges, és azt a megrendelő igényli.

A bizonytalanság forrásai lehetnek a referenciaetalonok, az alkalmazott vizsgálati módszerek, a berendezések, a vizsgálati tárgy tulajdonságai és állapota, maga a vizsgálat, a mérést végző személy stb. Jelentős segítséget nyújthatnak a jártassági vizsgálatok eredményei, tapasztalatai.

Az alkalmazott vizsgálati módszer jellege eleve kizárhatja a mérési bizonytalanság szigorú és statisztikai szempontból is érvényes kiszámítását, ilyen esetekben a laboratóriumnak ésszerű becslést kell végeznie. A mérési bizonytalanság módszerének meghatározása tekintetében jó szolgálatot tehetnek az egyes szakmai szervezetek, szövetségek, ahol áttekinthetik az alkalmazható eljárásokat, és ajánlásokat tehetnek tagjaik, valamint a hozzájuk fordulók számára.

– Az útépités területén működő laboratóriumok körvizsgálatai 14 éve folynak, gazdag tapasztalatokkal rendelkeznek.

– A kalibrálást igénylő *berendezések* címkével való ellátása sajnos még nem teljes körű, pedig ezek a címkék jó szolgálatot tehetnek a laboratóriumban folyó vizsgálatok során a kalibráltsági állapot megállapítására, a berendezés pontosságának figyelemmel kísérésére.

– A laboratóriumoknak rendelkezniük kell *minőségszabályozási eljárásokkal* a végzett vizsgálatok megbízhatóságának ellenőrzésére.

Hangsúlyt kell helyezni az építőanyagok vizsgálata területén a jártassági vizsgálatok megszervezésére, a megismételt vizsgálatokra, a megőrzött tárgyak, anyagok új-ravizsgálására, párhuzamos vizsgálatokra.

– A *vizsgálati jegyzőkönyvek*, ha szükség van rá és értelmezhető, akkor véleményeket és értelmezéseket is tartalmazhatnak. Megjegyzi a szabvány, hogy ezeket sok esetben célszerű közvetlen beszélgetés útján közölni az

ügyféllel, és az ilyen beszélgetésekről készüljön feljegyzés is. Úgy gondolom, hogy jól bevált az a gyakorlat, ha a véleményeket a vizsgálati jegyzőkönyvtől elkülönítetten adják meg.

E dolgozat közreadásával, a terjedelem korlátozott volta miatt, nem törekedhettem teljességre az eddig szerzett

tapasztalatok teljes körű részletes értékelésével. Az egyes hiányosságok, eredmények, sikeres megoldások bemutatásával igyekeztem rámutatni azokra a feladatokra, melyek teljesítésével a minőségirányítási rendszer további erősítését, a szabvány filozófiájának megismerését, a laboratóriumi munka színvonalának emelését lehet elősegíteni.

\* \* \*

## SAJTÓTÁJÉKOZTATÓ

### A Wienerberger Téglaiipari Rt. éves gazdasági sajtótájékoztatója

2003. március

Sikeres évet zárt a Wienerberger Téglaiipari Rt. 2002-ben. A nettó árbevétel a 2001. évi 17,49 milliárd Ft-ról 21,17 milliárd Ft-ra nőtt, ami 21,1%-os növekedésnek felel meg. A cég adózott eredménye az elmúlt évben 5,7 milliárd Ft-ot tett ki, ami az előző évihez képest 39%-os javulást jelent.

Az elmúlt év legfontosabb fejlesztése volt, hogy a romániai exportpiac magasabb színvonalú ellátása érdekében 563 millió Ft-os beruházással a békéscsabai gyár kapacitását 90 millióról 130 millió kisméretű téglagységre növelték.

A Wienerberger Rt. 13 magyarországi téglagyárában az elmúlt évben 952 millió km. téglát gyártottak, mintegy 7%-kal többet, mint egy évvel korábban. A kőszegi gerenda- és áthidalógyár kibocsátása 17%-kal, 5,238 millió folyóméterrel nőtt. Az év folyamán fokozatosan emelkedett az ócsai panelfödémgyár teljesítménye és megrendelésállománya. A Profipanel márkanévű födémrendszert előállító üzem első teljes évében 100 000 m<sup>2</sup> födémeket gyártott.

A Wienerberger Rt. magyarországi gyáraiban ez évben 830 millió Ft értékben terveznek beruházásokat. A cég továbbra is fenntartja azt a szándékát, hogy amennyiben a lakáspiac tartósan 33 000 egység fölé emelkedik, zöldmezős beruházással Tiszavasváriban 140 millió kmté kapacitású téglagyárat épít.

2003-ban tovább növekszik a Wienerberger gyártó teljesítménye. A tervek szerint 992 millió kmté téglát, 5,47 millió folyóméter gerendát, ill. áthidalót és 200 ezer m<sup>2</sup> Profipanelt gyártanak majd.

A beruházások célja a kapacitásbővítések mellett a fajlagos energiafelhasználás csökkentése volt. További fontos fejlesztési cél a környezetvédelmi szempontok magas szintű betartása a termelési folyamatban. Az ISO 14001 környezetirányítási rendszert már a csoport 6 gyárában auditálták, és a tervek szerint az idén erre további három üzemben kerül sor. Az elmúlt évben a környezetvédelmi jellegű beruházásokra 46,2 millió Ft-ot költöttek, s az idei évre a tavalyi összeg dupláját irányozták elő.

A Wienerberger Rt. legfontosabb terméke továbbra is a Porotherm rendszer, amely elsősorban a lakásépítkezésekhez készül, ezért a cég számára döntőek a piacon bekövetkező változások.

A Wienerberger Rt. szakembereinek véleménye szerint a magyar éghajlati adottságokhoz kiválóan megfelel a téglá, ill. a belőle készült épület, amely télen megfelelően szigetelt, ugyanakkor nyáron biztosítja a kellemes hőviszonyt is.

Jól mutatják ezt azok a lakások, amelyeket a cég leányvállalata, a Wienerberger Házak Kft. kivitelezésében készítettek. Piliscsabán és Herceghalmon már hat mintaházat építettek meg, és a további házak építésére is nagy az érdeklődés. A Wienerberger célja, hogy bemutassa: minőségi, kész házakat lehet építeni téglából, rövid határidővel és elfogadható áron.

*Bálint Pál*

### Már tizenhárom OBI-áruház Magyarországon

2003. március

Veszprémben nyitotta meg a tizenharmadik OBI-áruházat az OBI Systemzentrale Magyarország Kft. A 8200 négyzetméteres területtel rendelkező, 80 főt foglalkoztató áruház Veszprém megye lakberendezési és barkácsközpontjává kíván válni. A beruházás értéke megközelíti a 2 milliárd forintot. Erivan Haub, a Tengelmann Csoport és egyben az OBI Áruházlánc tulajdonosa arról tájékoztató, hogy a csoport tulajdonában lévő 7000 üzlet számát a jövőben további áruházak megnyitásával kívánja növelni.

A veszprémi áruház legtöbb termékére érvényes, hogy előtérbe helyezi a környezetbarát megoldást. Az OBI az alap-termékkínálaton túl olyan termékeket is bemutat és forgalmaz, amelyek környezetbarát anyagokból készültek. Különösen érvényes ez a festékekre és lakkokra. Fából készült termékek esetén az OBI kizárólag erdőgazdasági telepítésből származó fát értékesít, és teljes mértékben lemond a trópusi fák használatáról.

2002-ben az OBI Áruházlánc 12 magyarországi áruháza közel négy milliárd vásárló kiszolgálását tette lehetővé. Ennek eredményeként 27 milliárd forint bevételt realizált, mellyel továbbra is a piacvezetők között szerepel. Az OBI magyarországi hálózata jelenleg 78 000 négyzetméter eladótéren 1000 fővel működik.



## A téglagyártás története Vas megyében II.

Kovács Ferenc

### A szombathelyi agyagtelepülés

Szombathely *tégla- és agyagipara* az egész országban talán a legjelentősebb ipartörténeti emlékekkel rendelkezik a római kortól napjainkig. Két évezrede folyik a város agyaglelőhelyeinek kihasználása, téglá- és agyaggyártmányok égetése történelmi folyatólágossággal. A város fennállásának jelentősebb szakaszaiban mindig ez képezte egyik fontos iparágát. A város érdekelt területein kitűnően megfigyelhető lelőhelyek fokozatos kiaknázásában látható, hogy a történeti korok folyamán az üzemek elhelyezkedése fokozatosan távolodik a városközponttól. Különösen érdekes a téma az ókori időkben és a XVIII. század végén mutatkozó virágzás korában.

A rómaiak Sabariának nevezték a termékeny medence szélén alapított várost, mely rövidesen a provincia székhelye lett. Geológiai viszonyai jó minőségű agyaglelőhelyeket biztosítanak a város különböző részein. A minőségre jellemző a magas  $\text{SiO}_2$ - és alacsony mésztartalom. Nagy mennyiségű római emlék maradt fenn, nemcsak téglagyártmányok, hanem az agyagipar egyéb emlékei is. Nagyméretű középületek, utak, vízvezetékek őrzik városias jellegét, mely erősen itáliai formákat mutat. A nagy, monumentális középületek és előkelő lakóházak anyaga legtöbbször kő. A *tégla vegyes falazatokban* és alsóbbrendű épületek anyagaként szerepel.

A városnak ez a virágzása 441-ig tartott, amikor a népvándorlás áradata lepte el, a következő évben pedig nagy földrengés pusztította.

A falszerkezetekben tehát megállapítható a *falazótégla másodrangú szerepe*. Ezzel szemben a legváltozatosabb méretű és alakú egyéb téglá- és agyagipari termékeket állítottak elő a római Sabariában. Találhatók különböző méretű falazótéglák, melyek általában laposabbak a jelenkoriaknál, burkolólapok 30 x 30 x 6 cm vagy 30 x 45 x 6 cm méretben, 4 cm élhosszúságú hatszög és nyolcszög alaprajzú padlóburkoló téglamozzai-kok, melyeket habarcsba ágyazva raktak ki. Teljes épségben megmaradt sok szellőző- és fűtőberendezésű meglevegő-vezető 10 x 12 x 30 cm méretű, 25 mm falvastagságú darabja, keskeny oldalán levegőkiáramló nyílásokkal. Égetett agyag vízvezetési nyomócsöveik különböző átmérőjűek, csonkakúp alakúak, és karmanlyús csatlakozásuk is korszerű megoldás. Tetőcserepeik peremes, nagyobb méretű, 45 x 60 cm-es fedlapok, 25 mm vastagsággal, kétoldalt 50 mm-es peremmel. Gyártottak párkánytéglat, csatornafedlapokat, sík fedlapokat, burkolólapokat és még sokfajta más tárgyat, melyek a rendelkezésre álló emlékek szerint *azonos agyagból* készültek.

Feltűnő a fennmaradt emlékek kiváló minősége. Kopogtatásra kifogástalan csengő hangjuk van, színük, szilárdságuk, súlyuk teljesen kielégíti a jelenkor legmagasabb műszaki igényeit is.

Nyersanyaguk feltétlenül gondos előkészítés után került felhasználásra. Az egyszerű fazekasmunkák, melyekből nagy mennyiség maradt fenn, ugyanazt a nyersanyagot mutatják, mint az épületszerkezeti gyártmányok. Ez jellegénél fogva az agyag gondos iszapolását, tisztítását és megmunkálását bizonyítja. *A római korban az agyagipar még nem vált szét használati tárgyak és építőanyagok előállítására, vagyis fazekas- és téglásszakmákra. Ezt bizonyítja, hogy a fellelt fazekasműhelyek maradványai mind agyaglelőhelyeken voltak.* A feltárások szerint ezek a figlinák (kemencék) a római város falain kívül, tehát az agyagbányászat helyszínén feküdtek.

A két szakma korabeli egységét bizonyítja az is, hogy az épületszerkezeti durvakerámiai gyártmányokon ugyanúgy szerepel a készítő jegye, a tulajdonos neve, mint a fazekakon és egyéb használati tárgyakon.

A régészeti kutatások két sabariai római téglagyártó nevét is meg tudták állapítani, Lucius Junus Savariensis és Cais Marcus Romanus személyében.

A római kori téglagyártás emlékei az egész város területén fellelhetők. A római falazótégla általában vegyes falazatokban maradt fenn, melyeket többnyire jellegzetes IV. századi késő római technikával készítettek.

Tekintettel arra, hogy a város későbbi történeti fejlődése során rétegesen telepedett rá a római városmagra, a falmaradványokon is mindenütt különböző korszakok nyomai keverednek. Az esőnek, szélnek, mechanikai hatásoknak legjobban kitett falfelületeket ugyanis a későbbi századokban téglával javították ki, továbbá a középső és újkorban a nagy számban fellelhető római kori romok kő- és téglanyagát használták fel bontás útján az új épületekhez.

Innen adódik, hogy sok épületben ma is a legkülönbözőbb korok téglagyártmánya lelhető fel, továbbá hogy a XIX. század közepéig túlnyomórészt vegyes falazatok épültek, noha a város közvetlen közelében kőlelőhely nincs.

A helyi agyag minősége alkalmas mindazon termékek előállítására, amelyek fennmaradtak, és ezek anyaga erős hasonlóságot mutat a későbbi korok anyagával (ókeresztény falmaradványok, Szent Márton-templom, középkori várfalak stb.). Ez a tény és az akkori idők közlekedési viszonyai kizárják azt a feltevést, hogy a nyersanyagot idegenből szállították volna. A rómaiak kezdték el kiaknázni az azóta már tradicionálissá lett *három agyaglelő területet*, melyre a későbbi korok téglagyártói is települ-

tek. Az első lelőhely a *rohonci úttól nyugatra* fekvő terület, mely a római kori úton a városból könnyen megközelíthető volt. A második lelőhely a Poetovióba vezető római út (ma Körmendi út) mentén, a *Perint-patak jobb partján* elterülő városrész. A harmadik lelőhely a *Perint-patak bal partján* párhuzamosan elnyúló terület. A régészeti kutatások mindhárom lelőhelyen felfedték a római kori égetők és fazekaskemencék nyomait.

Téglagyártási módszerük lényegesen fejlettebb volt a későbbi évszázadokénál. A kiválóan homogenizált agyag megfelelő előkészítő folyamaton ment át. Módszerük kézi fejtéses, kézi szállítós bányaművelés volt. Egyszerű fejtőszerszámaikkal az aprítást is elvégezték.

Az agyag-előkészítés döntő mozzanata az iszapolás volt, melyhez kézi és járgányos keverést is alkalmaztak. Hozzájárult továbbá az agyag megmunkálásához a lábbal végzett taposás. Ezt a gyártási műveletet a rómaiak olyan tökélyre emelték, hogy fazekasgyártmányokat is lehetett készíteni annak ellenére, hogy a mai felfogás szerint a helybeli agyag ilyen célra alkalmatlan.

A formázás kézi vetéssel történt, melynél a téglaiüzem tulajdonosának a nevét a gyártmányokra szignálták. Ezenkívül a vetőmunkás a saját jelét, pl. macskaláb, kecskepata, ujjlenyomat stb. is elhelyezte darabszámlálás céljából a nyers téglán. A tetőcserepeken még díszítőjelzéseket is alkalmaztak. Az egyszerűbb árut a mai tábori kemencéhez hasonlóan égették fatüzeléssel, ezzel szemben a különlegesebb gyártmányokat többnyire földbe süllyesztett, falazott fazekaskemencében égették. Eszerint a csőárukat, használati tárgyakat és a különleges téglagyártmányokat ugyanazon kemencékben kellett előállítaniuk.

A téglagyártással külön begyakorolt rabszolgák foglalkoztak, és állandó jelleggel üzték ezt az ipart. A későbbi korszakokban a téglagyártás – időszaki szükségletek szerint – alkalmi munkává süllyedt le, amikor a jobbágyok a város vagy falu főurai, vagy egyházi ura részére a szükségletet fedezték.<sup>1</sup>

Sabaria az V. században a népvándorlás pusztításának, majd a földrengésnek esik áldozatul. A városiasodás majdnem másfél évezredig nem következik be újra, és így számottevő téglaiiparra sincs szükség.

A késői középkorban kisebb vár alakult ki a római város helyén, melynek építési anyagaként főképpen a római korok maradványainak bontási anyagát használják fel. Az ebben a korban égetett téglák primitívek, kevés is maradt fenn belőlük, előállításuk és technikájuk nyomába sem érhet a fejlett római téglaiiparnak. A középkorban is a volt római agyaglelőhelyeken folyt tovább a bányaművelés.

Az újkor elején sok háborúskodás színhelyévé lesz a város. Gyakran gazdát cserél, míg 1554-ben visszakerül a győri püspökség tulajdonába. Ettől az időtől kezdve fokozatosan fejlődésnek indul a városka, mert a törökveszély következtében egyes családok az itteni intézmények falai közé menekülnek. 1578-ban a városból megyeszékhely lesz. E révén adódnak építkezések, sőt a

várat is korszerűsítik. Ezáltal a XVII. század végén már jelentős vár volt, melynek téglái ma is láthatók; téglafal övezte az egész várost is, melyhez már nagyobb mennyiségű téglá égetése vált szükségessé.

A XVIII. század második felében a fellendülés gyorsabb iramot vesz. 1779-re megépül a monumentális vármegyeháza. Létesítéséhez kb. 85 ezer db téglára volt szükség, melyet a *városi tégláégetőben* állítottak elő. Ennek a korszaknak a téglái többnyire a bécsi mértékrendszer szerinti nagyságúak (1 láb = 33 cm). 1777-ben Mária Terézia püspökséget alapít a városban, s ezzel nagyarányú építkezések indulnak meg, melyek lendületbe hozzák a téglaiipart is. Az 1777 és 1794 között felépült középületek és lakóházak összes téglaszükséglete jóval felülmúlja a 10 milliót. Ennek legyártására a Perint bal partján lévő *püspöki tégláégető* nem rendelkezett elegendő kapacitással, és így Szily püspök a városi tégláégető termelését is igénybe vette. A városi tégláégető a rohonci úttól nyugatra, a Kenderesi-földeken feküdt. A püspöki téglávető a gyártmányait *ES* jelzéssel (Episcopatus Saviariensis) jelölte meg. Kisebb jelentőségű téglagyártás folyt továbbá ebben az időben a Perint nyugati oldalán, a *Plébániamajor* mellett. A tégláégető munkások nagyjából a püspökség jobbágyai voltak, akiknek szakmai irányítását az építkezés főpallérjai, a helybeli származású Müller és később a bécsi Anreith végezték.

A XIX. század első felében a nagy közéleti építkezések nyomába a fejlődő polgárság lakóépítkezései léptek. Ezekben az évtizedekben már több kisméretű tégláégető dolgozik a városban, többnyire magántulajdonban, általában építőiparosok üzemeltetik őket. Helyük jellegzetesen az évezredek óta kialakult tradicionális agyaglelőhelyeken fekszik. Az égetők tábori kemencék.

A XIX. század utolsó három évtizedében rohamos fejlődés köszöntött Szombathelyre. A város kedvező fekvésénél fogva fontos vasúti forgalmi gócponttá fejlődik, és kereskedelme az Ausztria és Magyarország közötti nagymérvű forgalom révén megnövekszik. A téglaiipart az ipari forradalom ekkor éri el. Az ugrásszerű fejlődést az alábbi körülmények hozták létre:

- a szükséglet a rohamos városiasodás során jelentősen megnövekedett, melyet ki kellett elégíteni;
- a vasúti közlekedés megnövekedett kiágazásával a gyártmányok távolabbi szállítása gazdaságos lett (különleges gyártmányok, cserép stb.);
- a körkemencék révén a tüzeléstechnika forradalmi változáson megy át, lehetővé válik a széntüzelés, mely olcsóbb és tömegesebb gyártást tesz lehetővé;
- a gőzgépek széles körű elterjedésével a téglagyártás gépesíthetővé válik, megindul a téglaiipari gépek gyártása és az üzemekben való alkalmazása.

Ez a folyamat jelentős változást és következményeket teremt. A téglagyárak fejlesztése kifizetődővé válik, mivel a kereslet állandóan növekszik, és a nyugat-magyarországi téglagyárak hatalmas piacra találnak mind belöldön, mind a szomszédos Ausztriában.

Az állandó és idénytéglamunkások rétege ebben a korban alakul ki véglegesen. Az első szakmunkások északolaszországi idénymunkások voltak, akik tavasztól őszi családjukkal együtt munkát vállaltak. Nyomukban nemsokára, az 1870-es években megindult a helybéli munkaerők szélesebb körű bekapcsolódása, míg az égetőmesterek, gépészek nagyrészt a szomszédos vidékekről bevándorolt letelepülőkből álltak. A téglásszakma nem volt képesítéshez kötve, és mindenkor idénymunkának számított.

Meg kell állapítani, hogy a XIX. század végétől az első világháborúig terjedő évtizedekben, az általános gazdasági fellendülés ellenére, a téglaiipar az építőiparral együtt nagymértékben ki volt szolgáltatva a gazdasági élet általános alakulásának. A konjunktúrák és gazdasági válságok hullámzásának következményeit ez a két iparág érezte meg a legjobban a jellege miatt. (Pl. Pohl Gusztáv, a Pohl-féle téglagyár egykori tulajdonosa is a nagy gazdasági világválság miatt kényszerült gyára eladására a 20-as években.) Így a termékek mennyisége és az árak alakulása állandóan nagy ingadozásnak volt kitéve, és kihatásai az egész működési területen érezhetők voltak. Ebből következett, hogy nagyobb mérvű beruházások ritkán adódtak, és a berendezés, a gépesítés, valamint az üzemmenet a legtöbb helyen primitív, az egész gyártási folyamat extenzív volt.

Szombathelyen a *Brenner-féle* téglagyárban építették fel az első kezdetlegesebb körkemencét. (Brenner Johannes – aki apja foglalkozását folytatta, Németújvárról telepedett át először Szentgotthárdra, majd Szombathelyre – építőmester volt. Az akkori gyakorlat szerint az építőmesteri címet az építőipari szakmák legjelentősebb képviselői viselhették, akik a kivitelezésen kívül tervezéssel is foglalkoztak. Vállalkozói tevékenységéhez hozzátartozott a téglagyár működtetése is.)

A *Matics-féle* téglagyár 1876-tól biztosította a város téglaszükségletét.

A *Wälder-féle* téglagyár 1894-ben létesült. A gyár tulajdonosa és fia építkezési vállalkozó volt, e tevékenységüket volt hivatva kiszolgálni a gyár.

A *Hübner-féle*, majd *Hübner és Pohl*, végül az *Első Szombathelyi Gőztéglagyár* nevet viselő téglagyárat 1851-ben alapították. 1895-ben kettős aknakemencét építettek, de ezt néhány év múlva szintén körkemencére építették át. Az újfajta kemence hatalmas mennyiségi fellendülést tett lehetővé a gazdaságos hőkihasználással, melyhez *szalagos téglaprések* bevezetése járult.

A gépesítés nem minden gyárban történt egy időben. Az Első Szombathelyi Gőztéglagyár a századforduló idejére már gépesítve dolgozik. Az 1947-ben készült leltár szerint jelentős gépparkkal rendelkezett, így pl. villanymotorokkal, földfelvonóval, sántácsás felvonóval, Ganz-, Pohl-, Willy-féle présekkel, golyósmalommal, téglá- és cserépaautomatákkal, szivattyúkkal és a gépeket kiszolgáló szerszámokkal.

A többi gyár, főként az 1905-ben alapított *Hungária*, az 1906-ban alapított *Geist-féle* és a *Viktória* fokozatosan, illetve részlegesen tért át a gépi munkára.

Az újfajta kemencékhez gyárkémény építése vált mindenné szükségessé, melyeknek ekkori magassága általában 30 méter körül volt. A körkemencék tüzelőanyagát általában az *ajkai szénbányákból* vásárolták. A fejlettebb előkészítés, a forradalmasított tüzeléstechnika, valamint a gépi munka révén a gyártás egyöntetűbb, gazdaságosabb lett, mint korábban.

Tóth János 42 évet dolgozott különféle téglagyárakban, az alábbi elbeszélés hűen tükrözi a téglakészítés ősi, hagyományos technológiáját:

„*Szombathelyen gőztéglagyárban kezdtem, ebben a gyárban német pénz feküdt, a múlt kommün sem tudta elvenni a tulajdonosaitól. ... Mikor már jobban bírtam, kemencéhez kerültem, aztán kitétek a 'Platz'-ra, itt kézzel vetettük a téglát. A munka nem úgy ment, mint mostanában, hogy a vonat behordja a nyersanyagot, a gépek formára vágják, szárítják, aztán a kemencében kiég, az ember éppcsak segít a gépnek. Mi a nyári téglát még télen kezdtük el, december-januárban kiforgattuk a partból a földet, kiregáloztuk, és mindenki felhordta magának talicskával. Ha télen kifagyott az agyag, jobb lett a téglá. Tavasszal, mikor már megszikkadt annyira a föld, hogy elbírta az embert, háromszor átvágtuk kapával, meglocsoltuk vízzel, és közben jól meg is tapostuk. Mikor úgy fellazult, hogy a lábam bokáig belement, hagytam állni, aztán összehajtottam egy kupacba, falapáttal lesimítottam, és még kétszer átvágtam sarlóval vékony csikokra, ahogy az asszonyok a tésztát szelik, ekkor már kijött a legkisebb fadarab meg fű is belőle, fel lehetett hordani az asztalra, ahol a téglá valójában készül. Fent az asztalon a feleségem lehomokozta a formát, hogy majd könnyebben kijöjjön belőle a téglá, belenyomta az agyagot, a csapófával leszedte a felesleget, és kiborította száradni. Mikor a nyers téglá megszáradt, a gyerekek felállagották. A szárítósínpben vették át tőlünk a téglát.*

*A téglások vándoroltak, ha valakinek egy fillérel többet ígértek, már képes volt elmenni egy új helyre... Csak azért maradtam meg egy helyen, mert a gazdánk, Erdődy Pali gróf, jól tartotta az embert.*

*A technológia csak az államosítás után kezdett megváltozni, a téglavető forma nyugdíjba került.”<sup>2</sup>*

1927-ben Szombathelyen működő téglagyárak:

- Első Szombathelyi Gőztéglagyár (igazgató: Pohl Gusztáv),
- Geist Lajos és Fiai (Vezetője: Geist Lipót),
- Hungária Téglagyár Társulat (Bíró Zoltán – a későbbi téglakartell vezetője),
- Mayer Jakab téglagyára,
- Müller Ede és Weiss Oszkár téglagyára,
- Özv. Wälder Alajosné örökösei téglagyára.<sup>3</sup>

Az 1904-ben Szombathelyről készített térkép jól mutatja a századforduló építkezési szükségletét kielégítő számos téglagyár elhelyezkedését.

A gyártmányok ebben az időben már változatosak, és a vasbetontechnika terjedése révén a falazótéglán és a cserépen kívül megjelenik az üreges fődémteglá, a vá-

laszfallop és az ikersejttégla, sőt időközben samott-téglákat is égettek.

A háború után még három téglagyár működött Szombathelyen, majd fokozatosan felszámolásra kerültek. Az utolsó a 80-as évek végén szűnt meg. Az agyagbányák helyén ma egyrészt szabadidőközpont, tó vagy szeméttároló hely van, illetve más iparágak telepedtek a helyükre. Már csak nyomokban lehet felfedezni egy-egy még álló épületet.

## Kőszegi agyagtelepülés

Kőszeg keleti határában a sopron-lövői országút mellett feltárt agyagtelepülés az osztrák határ közelében fekvő, kiváló durvakéremi nyersanyagot szolgáltató agyagelőfordulások közé tartozik.

A településnek fedőrétege nincs, és az agyagrétegek egyaránt agyagásványokban dús, finom szerkezetű, mészegény vagy kalcium-karbonátot nem tartalmazó agyagokból állnak. Vas megye többi agyaglelőhelyéhez képest az agyag magas vas-oxid-tartalma teszi különösen értékessé.

A kőszegi agyagtelepülés a tégl- és cserépipar valamennyi termékének előállítására megfelelő alapanyagot nyújt.

### A kőszegi téglagyártás kezdetei

A XIII. században a lakóházak fából, vályogból épültek bizonyosan itt is, mint Európa-szerte. A tetőket nád, zsindely fedhette; ez magyarázza meg a sorozatos tűzvészeket, melyek során órák alatt lakóépületek százai, templomok, középületek égtek le.

1837-ben városi rendelettel elrendelték, hogy a szalmatető házakat három éven belül cseréppel fedjék le. Mindez arra utal, hogy a városban elkezdődhetett a tömegesebb mennyiséget is kielégítő téglagyártás.

A század végén telepedett le hat téglavető család a mai lövői út melletti agyagtelepre, és megteremtette a későbbi 1. számú téglagyár alapját.<sup>4</sup>

A gyár neve története során többször változott:

- Kőszegi Gőzmalom Czeke József és Társa (1946-ig),
- Kőszegi Cserép- és Téglagyár,
- KDT. Téglaiipari Vállalat Kőszegi Téglagyár,
- Wienerberger Téglaiipari Rt. (1990-től).

Valamikor az 1920-as évek táján alapította a gyárat Czeke Gusztáv. Kis üzem volt. Mivel a tulajdonos egy textilipari gyárban is érdekelt volt, így a téglagyár fejlesztésére nem fordított sok gondot. Ebben az időben a termelés 500 ezer darab nagyméretű kézi téglából állt.

1930-ban a tulajdonos textiliparban akkumulálódott tőkéjét beruházta a téglagyárba. Ekkor lett gőzgép, tégl- és cserépprés, köradagoló, színek épültek, kézi levágóasztal készült a tégl- és cseréppréshez.

Ebben az időben a termelés 2 millió darab kisméretű téglából és 1 millió darab hódfarkú cserépből állt. Mindemellett párhuzamosan folytatódott a kézi vetésű téglakészítés is. A tulajdo-

nos áthidalta az idénymunka jellegéből fakadó feszültséget, télen a textiliparban oldotta meg a téglamunkások foglalkoztatását. A gépjavitást is a textilüzemben végezték el.

1941-ben leégett a gyár. A felújítás során, 1942-ben felépítették a jelenlegi kemencét 22 kamrával, új préházatot gépekkel és simahenger beállításával. A meghajtás továbbra is a gőzgép volt. 1942-ben gépi automatát szereltek be a préshez. A bányában az agyag kitermelését kézzel végezték, és a szállítás lóvontatású csillékben folyt. Telente az agyagot előre kitermelték.

A gyártulajdonos a 30-as években belépett az ún. téglakartellba, mely Szombathelyen működött, és első sorban a dunántúli gyárakat tömörítette. Ezzel a piaci egyeduralmat kívánták biztosítani maguknak.

1944-ben a gyár termelése leállt, a gyárból a németek által irányított deportálótábor lett. A gyárba csak a kemencemunkások mehettek be, amíg égett a kemence.

1946-ban újra megindult a termelés a gyárban, először csak kézi vetéssel. A kemence begyújtásához szemet nem kaptak, csak mozdonypernyével kezdhették meg az égetést. A gépi termelés végül 1947-ben indult be újra, a prés energiaszükségletét továbbra is gőzgépek biztosították. A gyár első sorban Ausztriába termelt cserepet, a kiszállítás a még működő vasútvonalon történt. 1948-ban, az utolsó cserépszállítmány vagonjában a tulajdonos is elhagyta Kőszeget, Ausztriába menekült.

Érdekes korrajzot készített – a gyár vezetése által 1985-ben meghirdetett pályázatra – a téglagyár volt gépésze.

1948-tól szövetkezeti formában, majd a Vas Megyei Téglagyárak Egyesülése egyik vállalatoként működött. Az ötvenes években a gőzmeghajtásról áttértek a villamosításra. Keller-színek épültek a szárítás megkönnyítésére. A szállítás továbbra is kézikocsikkal, illetve lóvontatással történt. A munkáslétszám 1950-56 között 90-100 fő volt.



Korabeli képek a szabadban történő nyers téglák szárításáról



*A szénpor feljuttatása a körkemence tetejére*

Az ötvenes években bagerrel bővítették a gyárat, megnagyobbították a kemencét, új cseréprést állítottak be, megszűnt a kézikocsizás és a lövontatás. A hatvanas években létszámhiánnyal küzdött a gyár, ezért több munkafázist korszerűsíteni kellett.

1973-tól 1985-ig nagyobb beruházás történt, ami az országos kisméretű téglagyártás programjában szerepelt. (Az országban tíz hasonló gyárat kezdtek el építeni.) Új gyártócsarnok épült. Az előkészítő gépsorok is megújultak. A kézi leszedést és kulis szállítást egy automata vágóberendezés, a szabad szárítást pedig az ún. műszárító-csatornászárító váltotta fel.

A régi Hoffmann-körkemence helyett – ahová még talicskával tölték be a kiszárított téglát égetésre – egy levágott végű körkemence épült, és már targoncával hordták be a kiégetlen téglát. Ekkor még az égetés szénporral történt.

A korábban gyártott tömör téгла termelése megszűnt. Helyette a kisméretű, lyukas, kettősméretű és magasított téglák gyártása kezdődött el. Kísérletek folytak a Rába-téglák, különféle válaszfalak gyártásával is, de a folyamatos termelés nem valósult meg.

1986-ban a sűrűn meghibásodó orosz PVA-prés helyett olasz gyártmányú Biorgoni prést helyeztek üzembe. A gyár létszáma ekkor 55-56 fő, az éves termelés 10 millió darab kisméretű téгла volt. 1988-ban a földgáz bevezetésével megszűnt a kemence szénbekeveréssel való fűtése is. Ekkor kezdődött meg a burkolótéгла kísérleti gyártása. A jó minőség elérése érdekében egy kb. 500 m<sup>2</sup>-es agyagtároló szint építettek fel az agyag pihentetésére.

A Közép-dunántúli Téglaiipari Tröszt a '90-es évek első negyedében megszűnt. Voltak gyárak, amelyek azonnal felszámolásra kerültek, mások lassan „elhaltak”, és olyanok is voltak, amelyeknek sikerült a privatizáció során eredményes befektetőkkel újjászületniük.

A gyár 1990-től az osztrák *Hungária Wienerberger Téglaiipari Rt.* tulajdonába került, amely osztrák-magyar érdekelt-ségű. Egy újabb termék bevezetése miatt 1990 telén kb. 100 millió Ft nagyságrendű beruházást hajtott végre a téglagyárban. A fő profil az áthidalógerendához szükséges *papucstéгла* lett, amit Ausztriába exportáltak. A gerendaüzem 1991-ben készült el. Az új termék iránti egyre növekvő kereslet miatt újabb bővítésre lett szükség. Ennek során üzembe állítottak egy modern szárító- és égetőkemencét és a hozzá szükséges berendezéseket. A termelés mennyisége a duplájára emelke-

dett. 1997-ben 20 millió darab téglát termeltek. A téгла- és gerendagyár dolgozói létszáma ekkor kb. 65 fő. Jelentős arányú a gépesítés, kézi munka csak néhány – géppel eddig ki nem váltható – területen maradt meg, mint a selejtválogatás, az adagolóba beszorult puha agyag kivétele.<sup>5</sup>

### A kőszegi téglagyártás napjaiban

A gyár vezetője, Tóth József a következők szerint vázolta fel a jelenleg alkalmazott technológiai folyamatot.

Jellemző a nagy tömeg mozgatása és a jelentős energia-igény. Az agyagbánya a gyártól 300 méterre található, melyben a kitermelést a gyár megbízásából egy idegen cég végzi. A bányából az agyagot egy agyagnyeső gép hozza be, rakja 8 méter magas, 30 méter széles és 70 méter hosszú depóba. Innét hosszabb pihentetés után a homokkal együtt a szekrényes adagolón, rostélyokon, törőhengereken, szűrőkeverőn keresztül kerül a présbe. 12 bar nyomás hatására préselődik ki a présfejből a formázott téгла. Darabolás után kocsikra rakva kerül a szárítóba. A szárítás 40–70 °C-on, 90% páratartalom felett történik. 58 óra száradási idő után jön az égetés. Az égetőkemencében fokozatos hőmérséklet-emelkedés mellett 880 °C-on – közel 40 óra alatt – égetik ki naponta a mintegy 120 tonnányi agyagból a téglát. Ez kisméretű téglában számolva 60 ezer darabot jelent.

Hatékony az energia felhasználása. A folyamatot számítógép vezérli. A szárítás, az égetési folyamat évek múlva is visszakereshető. A berendezés csak felügyeletet igényel.

Elmondás alapján szereztem tudomást arról, hogy Kőszegen működött egy ún. 2. számú téglagyár is ott, ahol ma a Kőszegi Városgondnokság telephelye található, s ahol egy emlékművet is felállítottak.

### A csipkerekeli „egyszemélyes” téglagyár

A Vas megyei téglagyártás történetének bemutatásából nem hiányozhat Fi József „egyszemélyes” téglagyára sem.

Fi József ma is élő nyolcvanéves *felesége elbeszéléséből* ismertük meg a téglásmester családjának történetét és a kézi vetésű téгла készítésének fázisait.

A téglásmester 1937-ben települt át Nagyvázsönyből Csipkerekre. Szülei, sőt nagyszülei mesterségét vitte tovább. Nagyszülei Ausztriából kerültek Magyarországra, ahol kezdetben uradalomról uradalomra vándoroltak téglát készíteni. A téгла égetése ekkor, a gyakori helyváltás miatt, ideiglenes kemencékben történt, ami nem volt más, mint egy ún. köpönyegtéglával kibélelt agyaggödör. Ezekben igazán jó minőségű téglát nem lehetett égetni, az égetés elégtelen volta miatt.

Fi József egyedül, gép nélkül gyártott téglát 1993-ig, 81 éves koráig. A munkát kora tavasztól az őszi eső beálltáig végezte.

Annak idején igen gondosan választotta ki a telephelyet, itt ugyanis folyamatosan azonos minőségű agyagot bányászhatott. Erre az agyagos partoldalra szerveződött

a munkafolyamatok sora: az előkészítő, a formázó terület, a szárítóbarakkok és az észak-dél tájolású kemence. Mindent ő épített, a méretek, a távolságok az egyszemélyes munkát szolgálták.

A fölnedvesített és átforgatott agyagot faformába csapta, majd egyenes, homokos szárító területre vetette bőrkemény állapotig, teljes száradásig – kb. 2-3 napig – a szárítóbarakkokban építette fel. A megszáradt téglákat folyamatosan a kemencébe hordta, és igen nagy pontossággal építette a sorokat egymásra. Ez a munka az, ahol a legtöbb tapasztalatra volt szüksége.

A huzatnyílások kiképzése, a téglasoroknak a kemence falától való távolsága, a szénporral kevert téglák váltakozó sora mind az egyenletes minőségű kiégetést eredményezte. Az égetőkemence 25 m<sup>2</sup>-es terében 13 ezer darab téglát tudott egy alkalommal kiégetni. Fával (tölgyfával és akáccal) két oldalról tüzelve 16-18 óra alatt érte el a kiégetéshez szükséges 950-1000 °C hőmérsékletet.

Az égetés idejét a természettel szoros kapcsolatban élő ember tapasztalatával választotta meg, hiszen egy közbejött eső tönkretelthette 5-6 heti munkáját.

Tavasztól ősziig 4-6-szor égetett a kemencében. A kemencét a szakirodalom *mezei kemence* néven ismeri. A fűtőcsatornák és az oldalfalak szilárd anyagból készül-



*Fi József*

tek, de fölöttük nem volt a kemencének boltozata. Az alapja 10 x 5 méteres, a magassága 6 méter volt. A kemence tetejét a berakás után a mester úgy sározta le, hogy a téglasoroknak megfelelően szellőzőlyukakat hagyott.



*A mezei kemence*

Az égetés után a következőképpen válogatta tégláit: a kemence közepéből kikerült jobb minőségű téglá volt az ún. kéménytégla, a kemence oldalfala mellől kikerült téglá pedig a falazótégla. Ennek oka a hőmérséklet-eloszlásban keresendő, mivel a kemence közepén magasabb hőfokot tudott tartani, mint a kemence szélein.

Fi József talán az ország legutolsó ősi módszerekkel dolgozó téglakészítője volt. Mindent tudott, amit egy ember az élete folyamán a földről és a tűzről megtudhatott, tapasztalhatott. Ahogy sokszor hangoztatta: „Kővé változtatom a sarat.” „Fi” jelű tégláiból sok csipkerekű és környékbeli ház épült fel.

Fi József téglamester 1998-ban meghalt. Vele egy szakma ősi módja is kihalt, a családban már nem folytatja senki sem a téglakészítést. Nem merül azonban feledésbe az „egyszemélyes” téglagyár; a nyolcvanas években több riport is készült e témáról, és az unokák generációja is ápolja, őrzi a mester munkájának emlékét.

#### **Jegyzetek**

1. *Brenner Vilmos*: A szombathelyi téglagyártás ipartörténeti áttekintése. Építőanyag, 1955. 2. sz.
2. *Moldova György*: Az Őrség panasza. Magvető Kiadó, Bp., 1974. 178. old.
3. Szombathely 1877–1927. Szombathely, 1927.
4. *Lelkes István*: Kőszeg. Bp., 1960. 33-37. old.
5. *Kálmán Zoltán*: Naponta 120 tonna agyagból gyártanak téglát. In: Kőszeg és vidéke, 1997. május.

# KÖRNYEZETVÉDELEM

## Hulladék üveg kölcsönhatásai cementkő pórusfolyadékában

Apagyi Zsolt\* – Csetényi László\*\*

\* Veszprémi Egyetem, Szilikát- és Anyagmérnöki Tanszék

\*\* University of Dundee, Concrete Technology Unit, Division of Civil Engineering

### I. Bevezetés

Jelen munka a skóciai Dundee Egyetemen készült, az Egyesült Királyságban összegyűjtött fölös öblösüveg-törmelék újrahasonosítását célzó kutatás keretein belül. Nyugat-Európában az üvegviszaváltás rendszerét gyakorlatilag felváltotta a konténeres begyűjtés és újraolvasztás, részint egyszerűsége, részint az üvegmosással járó nagyobb környezeti terhelés miatt. Fontos szempont, hogy a lakosság együttműködési készsége is megfelelő. A fogyasztási szokások kiegyenlítetttsége, valamint az eltérő éghajlati adottságok miatt az északi országokban jelentős mennyiségű – elsősorban zöld színű – boros- és söröspalack gyűlik fel, melyek visszaszállítása nem kifizetődő, továbbá az ottani élelmiszeripar inkább fehér öblösüveget igényel. A színesüveg-felesleget tehát egyéb területeken kell újrahasonosítani, aminek viszont sokszor műszaki akadályai vannak. Ezt tükrözik a számok is: míg az Európai Unióban az újrahasonosítás meghaladja az 50%-ot (ezen belül Németországban és Hollandiában a 80%-ot), az Egyesült Királyságban ez csak 26%-ot tesz ki. Magyarország jelenleg 14,2%-ot hasznosít, pedig több terület is ígéretes: hőszigetelés, útépités és egyes betonokban való alkalmazás, pl. habüveggé könnyűbetonban [2, 3].

A hulladék üveget – szemcseméretét tekintve – cementkomponensként, töltőanyagként és homokként alkalmazhatjuk betonban. Jellemzően 15% körüli alkáliatartalma miatt bizonyos szemcseméret (300  $\mu\text{m}$ ) felett számolni kell az alkáli-szilika reakcióval (ASR), melynek során kovasavgél keletkezik opálos kvarcot tartalmazó adalékanyag jelenlétében. Ez a gél víz hatására megduzzad, és komoly károkat okozhat a betonban. Finomra őrölt üveg hozzáadása viszont javítja a beton tulajdonságait friss és megszilárdult állapotban egyaránt. Kovasavgél ekkor is keletkezik, de a finom eloszlás miatt a helyi feszültségek sokkal kisebbek, a cementkő szilárdsági határán belüli, illetve portlandittal részben C-S-H géllé alakulhat, mely már nem okoz duzzadást vízfelvétel esetén.

Kutatásunk során a kötőanyagrendszer ASR-hajlamát vizsgáltuk az üvegnek a pórusfolyadékkal való reakció-

ján keresztül. A pórusfolyadék pH-jától és kezdeti alkáliatartalmától függően az üveg komponensei különböző mértékben oldódnak be [4]. A beoldódott ionok koncentrációértékeit felhasználva, a PHREEQC termodinamikai modellező program segítségével jó valószínűséggel jelezhetjük előre az üveg viselkedését és a kialakuló fázisokat a hidratált cementben.

### II. Mintakészítés

A munkához szükséges hulladék üveget a T. Berry and Sons, West Yorkshire (Anglia) cég szállította. A kísérleteket fehér, barna és zöld üveg esetén is elvégeztük. A kapott üvegcserepet forró vízzel átmostuk, 105 °C-on 24 órán át szárítottuk, majd 20 percen keresztül golyómalomban őröltük, és 300  $\mu\text{m}$ -es szitán átszittaltuk. Ezt az üvegport 10:1 oldat/szilárd anyag arányban kevertük a szimulált pórusfolyadékkal, melynek összetételét a PHREEQC termodinamikai modellező program segítségével számoltunk ki. Ehhez a betonban legnagyobb mennyiségben kialakuló hidratált fázisok (C-S-H gél, portlandit, ettringit, hidrogránát) egyensúlyát tételeztük fel. A kapott pórusfolyadék összetétele a következő: Ca:  $2,20 \cdot 10^{-2}$  mol/kg; Si:  $2,26 \cdot 10^{-5}$  mol/kg; Al:  $9,50 \cdot 10^{-6}$  mol/kg; S:  $7,90 \cdot 10^{-6}$  mol/kg. A szimulált pórusfolyadék készítéséhez analitikai tisztaságú  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ot,  $\text{SiO}_2$ -ot (szilikafüstöt),  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ -ot, valamint kétszer desztillált ioncserélt vizet használtunk. Az így kapott oldat koncentrációja közel azonos volt a számított értékekhez.

Három különböző kísérletet végeztünk el aszerint, hogy az előkészített üvegeket milyen kalciumtartalmú szimulált pórusfolyadékban reagáltattuk:

1. korlátozott kalciumforrás,
2. kalciummal telített pórusfolyadék,
3. kalciummal túltelített pórusfolyadék.

A második, illetve harmadik esetben a kalciumionok telített, illetve túltelített értéken tartása érdekében az 1. ábrán látható módon végeztük a kísérletet. A főzőpoharakba szűrőpapír tölcserét helyeztünk úgy, hogy a közepe a pórusfolyadékba érjen. Ide szilárd  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot halmoztunk, hogy az oldat folyamatosan telítődhessen kalciummal.

Ionkoncentrációk korlátozott kalciumforrás esetén

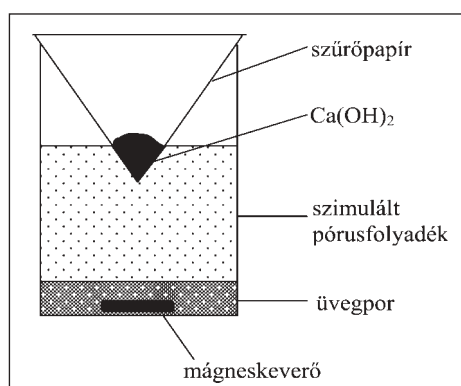
Idő [nap]	Üvegfajta	Si [ppm]	Ca [ppm]	Al [ppm]	Na [ppm]	pH
0	fehér	0,14	795,95	0,27	21,78	12,50
	zöld	0,14	795,95	0,27	21,78	12,50
	barna	0,14	795,95	0,27	21,78	12,50
1	fehér	0,17	408,45	0,14	69,02	12,03
	zöld	0,15	502,65	0,22	82,52	12,03
	barna	0,12	487,01	0,03	82,91	11,92
3	fehér	0,33	126,51	0,11	124,43	11,95
	zöld	0,11	383,57	0,09	85,25	12,05
	barna	0,29	35,15	0,08	128,29	11,72
7	fehér	0,22	309,77	-	89,03	12,01
	zöld	0,88	1,28	0,21	157,37	11,34
	barna	0,20	80,35	0,01	158,32	11,82
28	fehér	13,85	3,11	0,22	225,70	11,57
	zöld	12,52	2,55	0,12	235,57	11,51
	barna	11,59	2,05	0,24	216,65	11,58

A kalciummal túltelített oldatot 10% cukor hozzáadásával érték el, melynek hatására közel tízszeresére (~ 0,19 M) nőtt a koncentráció a vízben telített értékhez (0,023 M) képest.

Mindhárom esetben a különböző ideig (1, 3, 7 és 28 nap) reagáltatott üvegek mindegyikéből külön mintát készítettünk, melyeket műanyag edényekben szobahőmérsékleten tároltunk. A reagáltatott mintákat a megfelelő idő elteltével 0,45 µm-es szűrőpapíron leszűrtük. A szilárd anyagokat szobahőmérsékleten vákuumban szárítottuk.

### III. Elvégzett vizsgálatok

A szilárd anyagok szemcseméret-eloszlását Malvern MASTERSIZER E típusú laser-granulométerrel, míg a kialakult kristályos fázisokat Hiltonbrooks D62 típusú röntgen-diffraktométerrel határoztuk meg. A szilárd anyagok könnyebb azonosítása érdekében PL-STA differenciál-termograviméterrel DTA és TG görbéket vettünk fel 20–500 °C között 20 °C/perc fűtési sebesség mellett. Az üvegminták felületét Jeol JSM-50A típusú pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk, és több helyen felületi összetételt is mértünk EDAX segítségével.



1. ábra. A kísérletekhez használt elrendezés

A szűrletben lévő Ca, Si és Al koncentrációját Philips gyártmányú PW 1410-es röntgenfluoreszcens spektrométerrel, míg a Na koncentrációját Unicam Solaar 989-es típusú atomabszorpciós spektrofotométerrel mértük. Meghatároztuk a szűrletek pH-értékét is. Az így kapott értékeket használtuk a termodinamikai modellező program számításai során.

#### 1. Korlátozott kalciumforrás

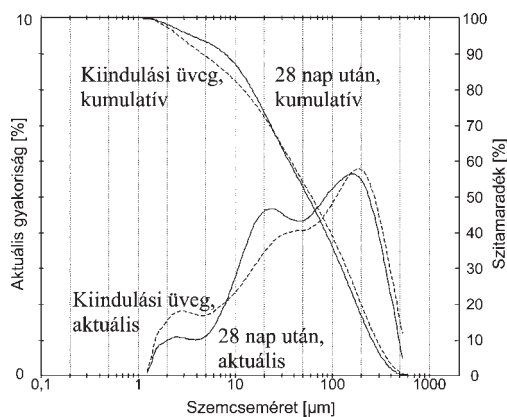
Az üvegor reakciója hasonlóan játszódott le, mint azt szilikagél esetén mások megfigyelték [5], csak sokkal lassabban, mivel a szilícium nehezebben mobilizálható formában van jelen az üvegben. A szilikagél 1 napos reagáltsági hányadával összemérhető szint eléréséhez az üvegnek mintegy 28 napra volt szüksége. Szilíciumban gazdag erómuí pernyék is ehhez hasonlóan viselkednek hidratált cementben [6].

A pórusfolyadékban található ionok koncentrációjának változása az 1. táblázatban látható.

Tapasztalatok:

- A szilíciumion koncentrációja az első hét napban nem változott, majd ezt követően erőteljesen emelkedett. A 28. napon már két nagyságrenddel nagyobb volt, mint a kezdeti érték.
- A kalcium koncentrációja az első három napban jelentősen lecsökkent, ezután újra emelkedett, de már nem érte el a kiindulási értéket, majd végül szinte teljesen elfogyott.
- Az alumínium koncentrációja az első naptól eltekintve ellentétesen változott mint a kalciumé, de mértéke sokkal kisebb volt.
- A nátrium koncentrációja kezdetben gyorsan, majd az idő előre haladtával egyre kevésbé emelkedett. A görbe tendenciáját alapul véve a 28. nap után már jelentősen nem változik, és feltételezhetjük, hogy maximálisan a 10 mM értéket éri el, mely határt szab az alkáli-szilika reakciónak is.





2. ábra. A fehér üveg szemcseméret-eloszlásának változása korlátozott kalciumforrás esetén

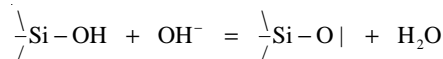
- A minták pH-értéke folyamatosan csökkent 12-től 11,5-ig, az OH<sup>-</sup> koncentráció változási iránya így megegyezett a kalciumionéval.
- Zöld üveg esetén a koncentrációváltozások lassabban játszódnak le, mint fehér vagy barna üveg esetén.

A kiindulási üveg szemcséi három fő mérettartományt mutatnak: 3, 30 és 200 μm. A 2. ábrán megfigyelhető, hogy a 10 μm alatti szemcsék mennyisége körülbelül a felére csökkent, míg a 10-30 μm közötti üvegszemcsék mennyisége jelentősen megemelkedett a kísérlet során. Ennek oka, hogy az üveg folyamatosan oldódik a porusfolyadékban; míg a kisebb (10 μm alatti) szemcsék teljesen feloldódnak, addig a legnagyobb szemcsék a méretcsökkenés révén a 10–30 μm tartományhoz közelítenek.

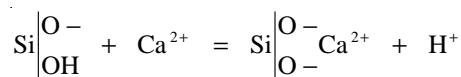
A reagáltatott üvegminták röntgendiffraktogramján csak kalcit jelenik meg mint kristályos fázis, ami az üveg felületére tapadt kalcium vagy a reakciók során keletkező C-S-H gél karbonátosodásából származhat. Ennek eldöntésére termogravimetriás méréseket végeztünk. A három jelentősebb tömegváltozás az üveg felületére tapadt

víz távozásával (20-100 °C), a C-S-H gél bomlásával (180-220 °C) és a minta-előkészítésénél keletkező karbonát bomlásával (360 °C körül) magyarázható.

A lejátszódó reakciók legvalószínűbb lépései a következők. A kioldás első napján mintegy egy nagyságrenddel több Na jut oldatba, mint Si, miközben a felületen a Si-OH csoport reagál az oldatban lévő OH<sup>-</sup> ionokkal:

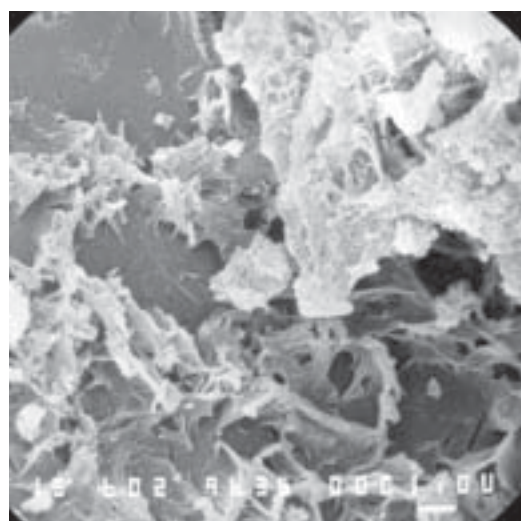
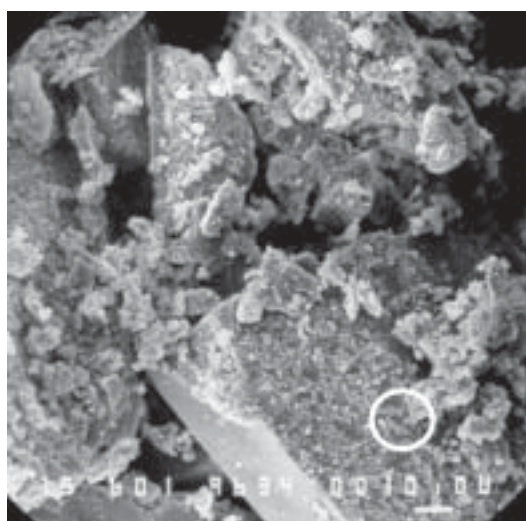


Ez magyarázza a OH<sup>-</sup> ion koncentrációjának a csökkenését. Ezzel egy időben megkezdődik a Ca-, illetve később (2. nap) a Na-ionok megkötődése a negatívan töltött üveg felületén. Ezt a megkötődést az elektrosztatikus vonzerő okozza.



Eközben a folyamatosan kioldódó nátrium és szilícium hatására az oldat kalciumban túltelítetté válik, és a felesleges kalcium mennyisége mint Ca(OH)<sub>2</sub> vagy CaCO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O kicsapódik. A 3. nap végére a kalcium mennyiségének legnagyobb része leválik valamilyen formában az oldatból, amit a diffraktogramok is igazolnak. A OH<sup>-</sup> ionok hatására megindul az üveg felületének oldódása, kezdetben visszaesik a szilícium koncentrációja (fehér és barna üvegnél a 7. nap), majd újra növekedni kezd. A kalcium koncentrációja a szolvatáció hatására kezdetben megemelkedik, majd C-S-H gél kiválása mellett csökken.

Az üvegmintákat pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgálva, az idő előre haladtával egyre nagyobb mennyiségben jelent meg C-S-H gél a felületen. Kezdetben csak kisebb göcök voltak láthatóak, majd a harmadik napon már csaknem egybefüggő réteg alakult ki. Később a gélréteg vastagabbá válásával felismerhető lett jellegzetes morfológiája (3. ábra).



3. ábra. Barna üveg felületén kialakult C-S-H gél képe 28 napos korban. A bal oldali felvétel 600-szoros nagyítású, a rajta megjelölt kör látható a jobb oldali felvételen 6000-szeres nagyításban

Ionkoncentrációk kalciummal folyamatosan telített pórusfolyadék esetén

Idő [nap]	Üvegfajta	Si [ppm]	Ca [ppm]	Al [ppm]	Na [ppm]	pH
0	fehér	0,16	1780,49	0,11	0,54	12,05
	zöld	0,19	1780,49	0,11	0,54	12,05
	barna	0,16	1780,49	0,11	0,54	12,05
1	fehér	0,16	1743,90	-	50,24	12,07
	zöld	0,10	918,14	-	56,05	11,84
	barna	-	2251,31	-	133,81	12,18
3	fehér	0,09	2662,30	-	120,14	12,07
	zöld	0,08	1377,64	0,02	54,18	12,10
	barna	0,12	792,64	0,04	65,37	11,96
7	fehér	0,17	864,02	0,14	72,89	12,04
	zöld	0,09	852,11	0,09	75,65	12,07
	barna	3,03	16,42	0,12	191,06	11,06
28	fehér	0,03	1643,89	0,08	172,29	11,88
	zöld	0,08	1050,04	0,01	71,98	11,92
	barna	0,04	2146,91	0,01	183,89	11,92

3. táblázat

Ionkoncentrációk a kalciumionnal túltelített pórusfolyadék esetén

Idő [nap]	Üvegfajta	Si [ppm]	Ca [ppm]	Al [ppm]	Na [ppm]	pH
28	fehér	2,01	10814,30	-	6,16	11,80
	zöld	-	630,46	-	6,77	11,10
	barna	0,32	343,74	-	6,27	10,70

## 2. Kalciummal telített pórusfolyadék

Ezzel a kísérlettel az érett betonban lejátszódó folyamatokat lehet nyomon követni, szimulálva, hogy a betonban a hidratáció során a pórusfolyadék állandóan telített, sőt esetenként enyhén túltelített kalciumionokkal.

A reakció az előző kísérletben meghatározott módon folyt azzal a különbséggel, hogy a reakciósebesség itt sokkal nagyobb volt; ugyanazon állapot eléréséhez 7 nap helyett 3 nap már elegendő volt (2. táblázat). Az üvegek aktivitási sorrendje is megváltozott. A leggyorsabb reakciót a barna üveg mutatta, majd a zöld és végül a fehér.

Tapasztalataink alapján a szilícium koncentrációja a 28. napon sem haladta meg a 0,2 ppm értéket, mivel az oldat kalciumionokkal folyamatosan telített volt. Így a kioldódott szilícium azonnal C-S-H géllé alakulhatott (a diffraktogramokon kristályos fázis nem jelent meg). A nátriumkoncentráció ezen kísérlet alatt rendre alacsonyabb volt, mint korlátozott Ca-forrás esetén, ami azt jelenti, hogy a nátrium csak egy bizonyos határig oldódik be a cement pórusfolyadékába, ami körülbelül 3-8 mM-t jelent. Valószínűsíthető a nátrium részvétele a puccolános reakcióban, a Ca-pozíciókban részben Na-mal helyettesített C-S-H gélt képezve [7], így csökken az alkáli-szilika reakció veszélye.

## 3. Kalciummal túltelített pórusfolyadék

Ezzel a kísérlettel a lejátszódó folyamatokat kívántuk gyorsítani és ezáltal következtetni az érett betonban ki-

alakult fázisokra, fázisegyensúlyokra. Ezt a hatást a pórusfolyadékban lévő kalciumionok koncentrációjának jelentős növelésével értük el 10%-os szacharózoldatot alkalmazva. Az üvegmintákat csak 28 napos reagáltatás után vizsgáltuk.

A kísérlet során a zöld és a barna üvegszemcsék felett az oldatban nagy mennyiségű csapadék képződött. A fehér üvegnél ez sokkal kevesebb volt. A csapadékot eltávolítottuk az üvegminták fölül és röntgendiffrakcióval vizsgáltuk. A többségében amorf fázis mellett néhány kis mennyiségű kristályos anyag is megjelent. Ennek legnagyobb része kalcitot (karbonátosodásból), valamint kvarcot, kálium-szilikát-hidrátot és alumínium-szulfát-hidrátot tartalmazott. Ezek a megjelenő fázisok nagyon közel vannak a C-S-H gél összetételéhez vagy a hidratált cement megszokott vegyületeihez.

A pórusfolyadék összetételét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a nátrium mennyisége az előző kísérletekhez képest jóval kevesebb.

## IV. Fázisegyensúlyi számítások

A PHREEQC termodinamikai modellező program adatbázisa alapesetben csak bizonyos vegyületek és ionok adatait tartalmazza. Ezért az irodalomból vett adatokkal kellett az adatbázist a vizsgált rendszerre nézve teljessé tennünk [8-10]. A számítások eredményeül megkapjuk a termodinamikailag legalacsonyabb energiaállapothoz tartozó, egymással egyensúlyban álló vegyületek listá-

ját. A helyes értelmezéshez figyelembe kell venni, hogy cementes rendszerben inkább egyfajta metastabil egyensúlyi állapot áll fenn. Ezért például ahol a számítások kristályos jénit, afwillit vagy tobermorit kicsapódását valószínűsítik – mint ahogy jelen esetben is történt –, gyakorlatilag C-S-H gél megjelenésével és belátható ideig való fennmaradásával kell számolnunk. Ezt támasztják alá a röntgendiffrakciós vizsgálatok is, a kalcit-szennyeződésen kívül nem mutatva egyéb kristályos fázist.

## V. Összefoglalás

Az üvegből kioldódó szilícium a hidratált cement pórusfolyadékában lévő kalciummal reagál és C-S-H gél képez, mely növeli a kötőanyag szilárdságát. Kiinduláskor az üveg felületéhez közel lévő nátriumionok viszonylag gyorsan kioldódnak, majd ezután a szemcsék belsejéből diffúzió által pótlódnak, ami lényegesen lassabb folyamat. Tapasztalataink szerint a nátrium koncentrációja nem haladta meg a 10 mM-t, ami gyakorlati szempontból azt jelenti, hogy a 300 µm alatti üvegporszemcsék beágyazása puccolános reakcióhoz vezet, és nem vált ki káros mértékű alkáli-szilika reakciót.

## Irodalom

- [1] Európai Unió, Environmental assessment report No. 6, 2000; letehető a <http://reports.eea.eu.int/signals-2000/en/page012.html> címről.
- [2] Hoffman L., Józsa Zs., Nemes R.: Üveghulladékból könnyűbeton adalékanyag, Építőanyag, 55. évf., 1. szám, 2003, pp 13-17.
- [3] Coventry, S., Woolveridge, C., Hillier, S.: The reclaimed and recycled construction materials handbook, CIRIA, 1999, pp 94-98.
- [4] Pollard, A. M., Heron, C.: Archaeological Chemistry, RSC Paperbacks, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1996.
- [5] Dent-Glasser, L. S., Kataoka, N.: On The Role of Calcium in The Alkali-Aggregate Reaction, Cement and Concrete Research, Vol. 12, 1982, pp 321-331.
- [6] Bijen, J., Pietersen, H.: Mineral Admixtures: Reactions, Micro-Structure and Macro-Properties, Advances in cement and concrete, Proceedings of the 6th Engineering Foundation Conference, University of New Hampshire, 1994, pp 292-328.
- [7] Hong, S.-Y., Glasser, F. P.: Alkali binding in cement pastes. Part I. The C-S-H phase, Cement and Concrete Research, Vol. 29, 1999, pp 1893-1903.
- [8] Stronach, S. A.: Thermodynamic modelling and phase relations in cementitious systems, PhD Thesis, University of Aberdeen, 1996.
- [9] Parkhurst, D. L., Appelo, C. A. J.: PHREEQC - Version 2.3 2001/Jan/02 — A program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations, U.S. Geological Survey, 2001.
- [10] Reardon, E. J.: An ion interaction model for the determination of chemical equilibria in cement/water systems, Cement and Concrete Research, Vol. 20, (2), 1990, pp 175-192.

\* \* \*

## RENDEZVÉNYEK

### „Anyagok Számítási Modellezése és Szimulációja” 3. Nemzetközi Konferencia

Az „Anyagok Számítási Modellezése és Szimulációja” c. 3. Nemzetközi Konferenciát Olaszországban, a szicíliai Acirealeban tartják 2004. május 30. és június 4. között. A konferencia az 1998-ban és 2002-ben Firenzében tartott rendezvényeket követi. Az alábbi témákkal foglalkozik: az anyagelmélet és modellezés korszerű kérdései, a számítási technikák alkalmazása az anyagok kémiája, fizikája, szerkezete, gyártása és tulajdonságai terén, mind alap-, mind alkalmazott kutatás vonatkozásában. A konferenciát a számítási nanotechnológiával foglalkozó speciális szimpózium kíséri. A fémek, kerámiák, polimerek, hibrid anyagok, kompozitok stb. állnak az érdeklődés középpontjában.

A konferencia elnökei: Tomas de la Rubia (USA), Jean-Louis Barrat (Franciaország) és Masao Doi (Japán), míg az „Anyag Nanovilág Modellezése és Szimulációja” c. speciális szimpóziumnak W.A. Gobbard III (USA), A. Rubio (Spanyolország) és M. Tsukada (Japán) lesznek az elnökei. A szervezők sok résztvevőre számítanak a világ minden tájáról.

Az I. sz. Körlevél és az „Előadás-felhívás” elérhető a világhálón, a cím: [www.technagroup.it/modeling.htm](http://www.technagroup.it/modeling.htm). Nyomtatott anyagok kaphatók a következő címről: CIMTEC-P.O. Box 174-48018 Faenza (RA)-Italy.

### III. Díszítőkö Konferencia

A III. Díszítőkö Konferencia szervezését a Magyar Kőszövetség, a Magyar Geológiai Szolgálat Közép-dunántúli Területi Hivatala, a Magyarhoni Földtani Társulat Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztálya, valamint Közép- és Észak-dunántúli Területi Szervezete, a Szilikátipari Tudományos Egyesület Kő- és Kavics Szakosztálya, továbbá a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszéke vállalta.

Időpontja: 2003. szeptember 24. (szerda), helyszíne: Esztergom Vármúzeum, várható részvételi díja: 15 E Ft.

A konferenciával kapcsolatban bővebb információ: a [www.szte@mtesz.hu](mailto:www.szte@mtesz.hu) weboldalon, vagy az SZTE Titkárságán a 201-9360 telefonon.

**A TÉGLÁS NAPOK-konferencia** megrendezésére ez év november első felében kerül sor Balatonvilágoson.