

## Cinkferritek előállítása rádiófrekvenciás termikus plazmában

Gál Loránd<sup>1</sup> – Mohai Ilona<sup>1</sup> – Szépvölgyi János<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag- és Környezetkémiai Intézet, Budapest

<sup>2</sup> Pannon Egyetem, MIK, Műszaki Kémiai Kutatóintézet, Veszprém

gallorand@chemres.hu

### *Production of zinc ferrite in radiofrequency thermal plasma*

*Micro- and nanosized, inverse zinc ferrite spinels were produced from iron and zinc oxides and solutions of their nitrates, respectively in a radiofrequency thermal plasma reactor. The products were charac-*

*terized for chemical and crystalline phase compositions, particle size distribution, morphology, and saturation magnetization. Effect of synthesis conditions on the properties of products was studied in details. Conditions for the synthesis of nanosized, inverse zinc ferrites of high saturation magnetization were estimated.*

### Bevezetés

Az  $\text{MeFe}_2\text{O}_4$  összetételű (ahol  $\text{Me} = \text{Zn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$  stb.) spinellkristály-szerkezetű ferritekből készített anyagokat és eszközöket széles körben alkalmaznak, többek között erőművek füstgázának kéntelenítésére, katalizátorként [1], elektromos és mágneses adatrögzítő eszközök anyagaként [2, 3], gázérzékelőkben [4], mikrohullámú eszközökben [5] és magnetooptikai berendezésekben [6]. Az elektrotechnikában és elektronikában használatos ferriteszközöket általában megfelelő összetételű és szemcseméretű porok formázásával, majd ezt követő, nagy hőmérsékletű zsugorításával állítják elő. Ferritporok az alábbi módszerek valamelyikével készíthetők.

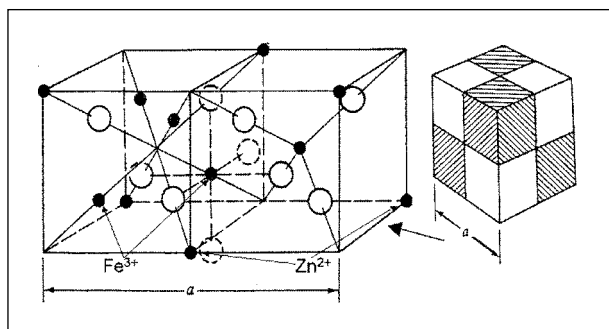
- *Oxidelegyek hőkezelése.* Ez a legegyszerűbb gyártási eljárás, amelynél a megfelelő fém-oxidokat adott arányban, bensőségesen összekeverik, majd az elegy nagy hőmérsékletű, hosszú időtartamú (6–10 óras) hőkezelésével alakítják ki a spinellszerkezetet. Előnye, hogy a kívánt összetétel pontosan beállítható, és nem képződik melléktermék. Hátránya, hogy az oxidelegy homogenizálása nagyon idő- és energiaigényes, és esetenként a termék szemcsemérete is nehezen állítható be.
- *Kicsapatásos módszer.* E módszernél fémsókat tartalmazó oldatban, a pH növelésével hidroxidokat képeznek, majd ezeket a pH további növelésével kicsapatják. A csapadékot izzítják, ennek során kialakulnak a spinellek. Az eljárás, módszer előnye, hogy a homogenizálás folyadékfázisban történik, és a leváló csapadék szemcsemérete befolyásolható. Hátránya, hogy sok melléktermék képződik, ami egyfelől környezetvédelmi

problémát jelent, másrészt rontja a folyamat termelékenységét.

- *Szol-gél technika.* Általában fém-organikus vegyületek elegyéből indulnak ki. Ezekből először szolt állítanak elő, a szolt melegítéssel géllé alakítják, és a gélt nagy hőmérsékleten kezelik. Az eljárás terméke finom szemcsés ferritpor.

Az irodalomban található olyan megoldást is, amelynél fém-nitrát-oldatokat porlasztanak be nagy hőmérsékletű reakciótérbe. A folyamat első lépése az oldószer elpárolgása, ezt a nitrátok oxidációja és a ferritek kialakulása követi. A keletkező ferritport a gázáramból választják le [7]. Az elpárolgás, a kémiai reakció és a gőzfázisból való leválás ez esetben igen gyorsan végbemegy, és finom szemcsés termék képződik. Egy másik közleményben ferritporok és ferritfilmek előállításáról írnak, fém-oxid-elegy egyenáramú ívplazmában végzett kezelésével [8].

A ferritek egy különleges csoportját alkotják a  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  összetételű cinkferrit-spinellek. A cinkferrit-spinellek az  $Fd3m$  kristálycsoportba tartoznak, és lapon centrált köbös rácsban kristályosodnak. Az ún. normál ferritekből a  $\text{Zn}^{2+}$  kationok tetraédes, a  $\text{Fe}^{3+}$  kationok oktaédes helyeket foglalnak el, az oxidionok pedig a rácspontok között találhatóak (1. ábra). A normál cinkferrit-spinell eredő mágneses momentuma nulla. Néel hőmérséklete (10 K) alatt az anyag antiferromágneses, felette paramágneses jellegű. Ha a normál cinkferrit-spinellel megfelelően nagy energiát közlünk – például intenzív őrléssel vagy többszörös, nagy hőmérsékletű hőkezeléssel –, akkor rácsinverzió következik be: a  $\text{Fe}^{3+}$  kationok egy része helyet cserél a  $\text{Zn}^{2+}$  kationokkal. Ennek során  $(\text{Fe}^{3+}_x)[\text{Zn}^{2+}\text{Fe}^{3+}_{2-x}]\text{O}_4$



1. ábra. A cinkferrit elemi cellájának képe  
The unit cell of zinc ferrite

összetételű, termodinamikai értelemben metastabilis, ún. inverz cinkferrit-spinell alakul ki. Minél kisebb az anyag szemcsemérete, annál könnyebben alakul ki az inverz szerkezet. Az inverz cinkferrit-spinell ferrimágneses jellegű.

A fentiekben leírt eljárásokkal normál, azaz szobahőmérsékleten paramágneses cinkferrit-spinellek készíthetők. Amennyiben inverz szerkezetű cinkferriteket kívánunk előállítani, a normál ferriteket például hosszú ideig intenzíven kell őrlni golyósmalomban [9]. Ugyanakkor fém-oxid-elegekből mechanokémiai aktiválással egy lépésben is kialakíthatók inverz spinellek [9].

Az MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag- és Környezatkémiai Intézetében közel 20 éve foglalkozunk a magas hőmérsékletű, ún. termikus plazmákban lezajló kémiai folyamatok tanulmányozásával. Többrendbelien bizonyítottuk, hogy ezek a berendezések, a bennük biztosítható reakciókörülmények (nagyon magas hőmérséklet, a reagensek gyors felfűtése és a termékek nagyon gyors lehűlése stb.) miatt különösen alkalmasak különleges morfológiájú, kémiai összetételű és szerkezetű anyagok előállítására.

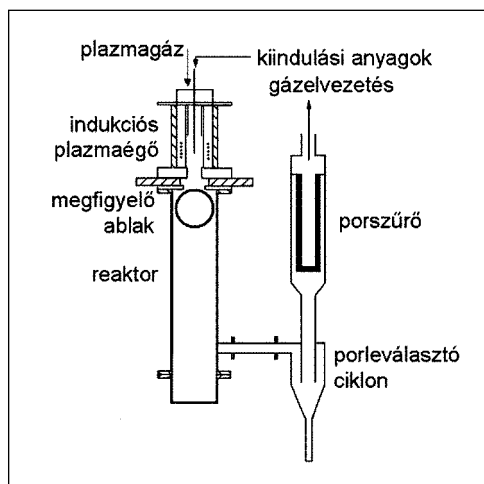
Célszerűnek látszott ezért, hogy az MTA KK AKI-ban működő rádiófrekvenciás, indukzív kicsatolású termikus plazmaberendezésben megvizsgáljuk normál, illetve inverz cinkferritek előállítását. Munkánk során részletesen tanulmányozni kívántuk az előállítás körülményei és a keletkező termékek tulajdonságai közötti kapcsolatokat a lezajló folyamatok értelmezése és a legkedvezőbb kísérleti körülmények meghatározása céljából. Közleményünkben ez irányú kutatásaink eddigi eredményeiről számolunk be.

## Kísérleti rész

Cinkferrit előállítására irányuló kísérleteinkben a következő alapanyagokból indultunk ki:

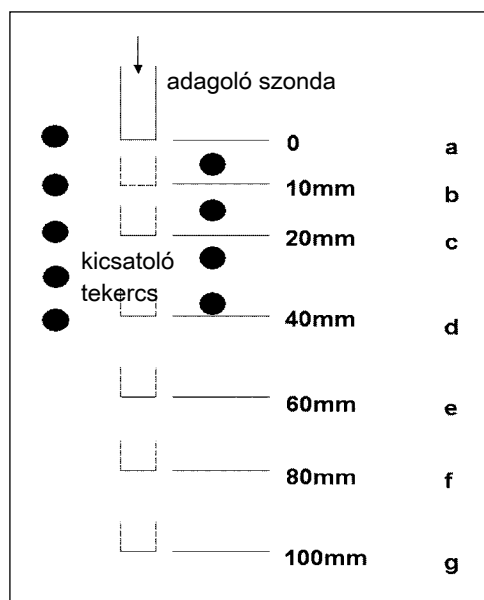
- néhány  $\mu\text{m}$  átmérőjű  $\text{ZnO}$  és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  szemcsék 1:1 mólarányú keveréke, illetve
- $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  és  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$   $0,65 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  koncentrációjú, 1 : 2 mólarányú etanolos oldata.

A kísérletekben használt nagylaboratóriumi plazmaberendezés vázlatát a 2. ábrán látható. A berendezés



2. ábra. A plazmareaktor vázlatát  
Scheme of the plasma reactor

fő része a 30 kW legnagyobb kicsatolt teljesítménnyel működő, TEKNA gyártmányú, PL-35 típusú plazmaégő és az ehhez kapcsolódó reaktor. A plazmagáz  $20 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  térfogatáramú argon, a hűtőgáz  $23 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  argon és  $20 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  oxigén keveréke volt. A porelegyet, illetve az oldatokat –  $3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  térfogatáramú argon vivőgázzal – a berendezés hossz tengelye mentén, a láng tetejére, illetve annak belsejébe adagoltuk (3. ábra). A mintegy 4000 K átlag-hőmérsékletű plazmalángban a kiindulási anyagok jó hatásfokkal lebomlanak. A lángból kikerülő, döntően gázfázisú fragmentumok nagy sebességgel hűlnek le, és belőlük homogén magképződéssel és ezt követő szemcsenövekedéssel kialakulnak a reakciótermékek. A ferritszemcsék egy része részben adszorpció, részben termoforézis révén a víz hűtésű reaktor falán válik le. A



3. ábra. A betáplálási pontok helyzete a plazmareaktorban  
Positions of feeding points in the plasma reactor

reaktorból kilépő gázárammal továbbmenő finomfrakció egy részét a porleválasztó ciklonban, további részét pedig a porszűrőben választjuk le.

A képződő ferritspinellek kémiai összetételét ICP-OES módszerrel, Thermo Jarrell Ash Atomscan 25 berendezésben határoztuk meg. A fázisviszonyokat XRD módszerrel, Philips Xpert diffraktométerrel vizsgáltuk. A szemcseméret-eloszlást Malvern Mastersizer 2000 típusú, lézerdiffrakciós berendezésben mértük. A termék morfológiát SEM és TEM felvételek alapján tanulmányoztuk. A SEM felvételek Philips XL30 ESEM berendezésben készültek. A TEM felvételeket Philips CM20 készülékkel vettük fel. Néhány mintánál EDS vizsgálatokat is végeztünk NORAN EDS System típusú berendezésben. A telítési mágnesezettségeket rezgőmintás magnetométerrel határoztuk meg. A telítési mágnesezettség értékeit a külső tér függvényében vettük fel, és a paramágneses járulék levonása után nulla térerőre normáltuk [10].

## Eredmények és értékelésük

Közleményünkben, terjedelmi okok miatt, csak a reaktorban felfogott termékek vizsgálatáról számolunk be. A kísérleti körülményeket és a reaktorból származó termékek jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A kísérleti körülmények között szereplő fajlagos teljesítmény a kiindulási anyag tömegegységére vonatkoztatott energiabevitelt jelenti, és a kicsatolt teljesítmény és a szilárd anyag betáplálási sebességének hányadosaként számítható. Látható, hogy oxidelegek esetében sokkal nagyobbak a fajlagos teljesítmények, mint nitrátoldatoknál. Ez egy-

rész a nitrátoldatok viszonylag alacsony szilárdanyag-tartalmával, másrészt az oldatok bevitelének technikai problémáival magyarázható.

Az 1. táblázatban nem tüntettük fel az ICP-OES módszerrel mért kémiai összetételeket, mivel mind a 10 bemutatott kísérletben – a mérési hibahatárokon belül – azonos összetételű,  $ZnFe_2O_4$  összegképletű terméket állítottunk elő. Ennek megfelelően az összes termékben a Zn : Fe arány 1 : 2-höz közeli értékű volt.

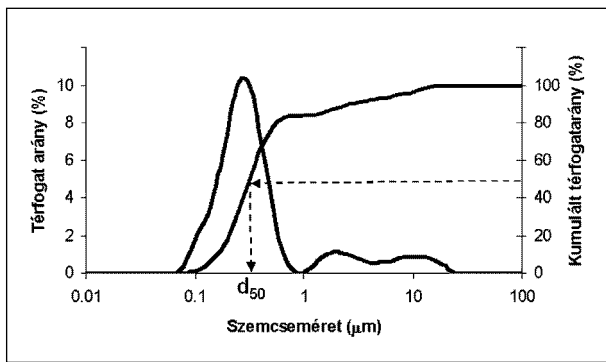
Az 1. táblázatból kitűnik, hogy a plazmareaktorban – teljes átalakulást feltételezve – a képződő cinkferrit por 17,1–38,0%-a válik le. Azonos kicsatolt teljesítmény és azonos beadagolási magasság mellett az oxidelegyből kiinduló kísérletekben a termék kisebb hányadát fogtuk fel a reaktorban, mint a nitrátok feldolgozásakor (vö. P2 és O1, illetve P4 és O2 kísérletek). Ez várakozásainkkal ellentétes megfigyelés volt. Ugyanis nitrátokból kiindulva a döntően gőzfázisú ferritképződés és a gyors kondenzáció miatt várhatóan kisebb szemcsék képződnek, mint a fém-oxidokból kiinduló, szilárd, gőz-gáz fázisok jelenlétében végbemenő szintézisnél. Emiatt a nitrátokból képződő termék kisebb hányadát kellene felfogni a reaktorban a fém-oxidokból kapott termékekhez képest.

A termékek szemcseméret-eloszlására kapott adatok alátámasztották várakozásunkat. A termékek szemcseméretét célszerűen az eloszlásgörbékből (4. ábra) meghatározott  $d_{50}$  értékekkel jellemezve (a  $d_{50}$  az a szemcseméret, amelynél a szemcsék 50%-a kisebb átmérőjű) azt találtuk, hogy az oxidokból készített ferritek  $d_{50}$  értékei valamivel nagyobbak, mint a hasonló körülmények között, nitrátokból készített termékeké (vö. 1. táblázat P2 és O1, illetve P4 és O2 kísérletek). Ezzel összhangban levő eredményeket

1. táblázat

Kísérleti körülmények és termékjellemzők  
Experimental conditions and properties of products

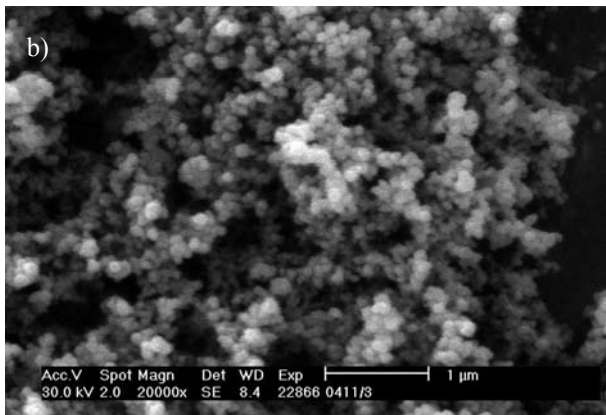
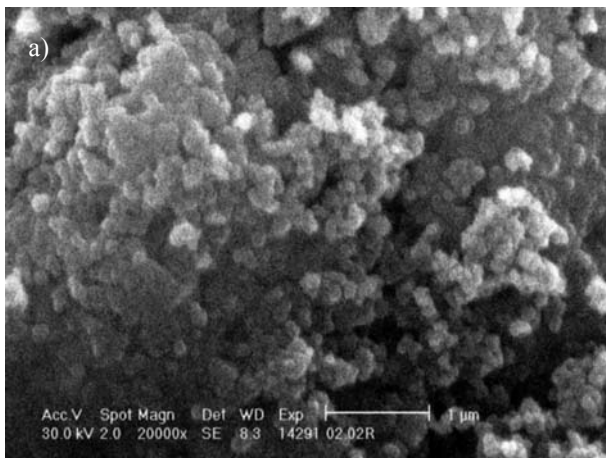
Kiindulási anyag	ZnO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6 H <sub>2</sub> O + Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9 H <sub>2</sub> O					
	P1	P2	P3	P4	O1	O2	O3	O4	O5	O6
Kísérleti körülmények										
Beadagolószonda helyzete	b	b	c	c	b	c	d	e	f	g
Kicsatolt teljesítmény, kW	25	15	25	15	15	15	15	15	15	15
Betáplálási sebesség, g·min <sup>-1</sup>	0,131	0,295	0,36	0,462	0,011	0,011	0,009	0,012	0,01	0,01
Fajlagos teljesítmény, kW·h·g <sup>-1</sup>	3,11	0,87	1,16	0,57	0,08	0,09	0,11	0,08	0,1	0,1
Termékjellemzők										
Kihozatal, tömegszázalék	24,4	17,1	21,9	17,3	32,7	29,3	41,7	20,3	30,1	38
$d_{50}$ , μm	4,5	3,5	3,5	4,5	0,3	2,8	20,9	25	25,9	18,1
Magnetittartalom, tömegszázalék	30	21	27	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Telítési mágnesezettség, emu·g <sup>-1</sup>	28	30	36	19	7	7	9	10	14	18



4. ábra. Az O1 kísérlet termékének szemcseméret-eloszlása  
Particle size distribution of product from Run P1

kaptunk a SEM vizsgálatoknál is. Oxidelegyekből nagyobb méretű, agglomerálódott szemcsék képződtek (5a ábra), míg nitrátoldatokból kiindulva kisebb méretű gömbökből álló, egyenletesebb méreteloszlású terméket kaptunk (5b ábra).

A mért kihozatalok és a termékek szemcsemérete közötti ellentmondás csakis annak feltételezésével oldható fel, hogy a plazmareaktorban a nitrátokból képződő, kisebb



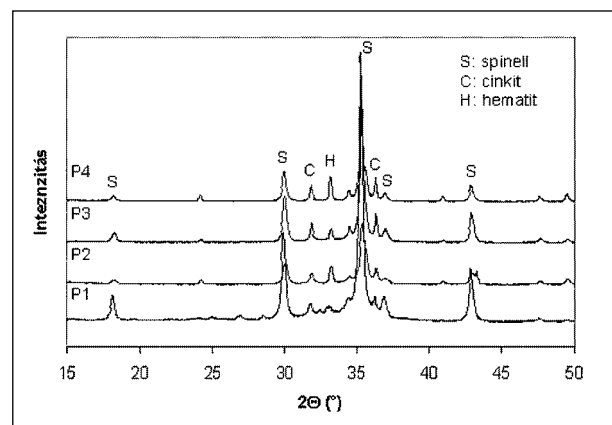
5. ábra. A P1 (a) és az O1 (b) kísérletekben kapott termékek SEM felvételei  
SEM micrographs of products from Runs P1 (a) and O2 (b), respectively

méretű gömbszemcséknél sokkal erősebb a termoforézis, mint az oxidelegyből képződő, nagyobb ferritszemcséknél.

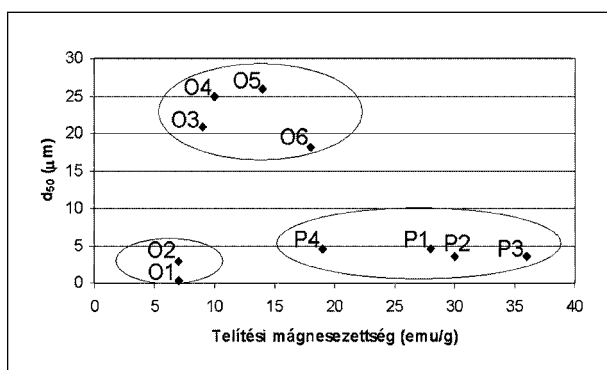
Nitrátanyagok esetében részletesen vizsgáltuk, hogy a beadagolási helyzet változtatása miként befolyásolja a termékjellemzőket (1. táblázat, O1–O6 kísérletek). A beadagolási helyzet változtatásával ugyanis bonyolultan változik a plazmalángba bekerülő anyag „termikus története”: változik az a legnagyobb hőmérséklet, amelyre a nitrátanyag felmelegszik, változik a nagy hőmérsékletű reakcióterében az átlagos tartózkodási idő, és változnak a hűlési és rekombinációs folyamatok is. Az 1. táblázatból kitűnik, hogy a legnagyobb kihozatalt akkor érjük el, ha a kiindulási oldatelegyet a plazmaláng tetejétől számított 40 mm-es magasságban, gyakorlatilag a kicsatoló tekercs alsó menetének magasságában adagoljuk a reaktorba. A reakciótermékek szemcseméretét jellemző  $d_{50}$  értékek a beadagolási hely lefelé mozdításával növekednek, kivéve a legelső pontban történő beadagolást (1. táblázat O6 kísérlet). A változások okainak részletes elemzéséhez további mérésekre van szükség.

A termékek fázisviszonyait eddig az oxidelegyből kiinduló P1–P4 kísérleteknél vizsgáltuk (6. ábra). A minták fő ásványi alkotója a cinkferrit-spinell (S), mellette kisebb mennyiségben cinkit (ZnO) és hematit ( $Fe_2O_3$ ) mutatható ki. A röntgendiffraktogramok  $2\theta > 50^\circ$  részének itt nem részletezett, részletes értékelése alapján a P1–P3 kísérletekben kapott termékekben magnetit is található, esetenként jelentős mennyiségben (21–30%). (A diffraktogramok 6. ábrán bemutatott részleteinél a magnetitcsúcs átfedésben van a cinkferrit-spinell legintenzívebb csúcsával.) A P4 kísérlet termékében ugyanakkor nincs magnetit. Az 1. táblázat adatai alapján a termékek magnetittartalma a ferritszintézishez rendelkezésre álló energia egyfajta mérőszámaként szolgáló fajlagos teljesítménytől függ: minél nagyobb az előállítás során alkalmazott fajlagos teljesítmény, a termékek annál több magnetit tartalmaznak.

A normál cinkferrit-spinellnél, annak paramágneses volta miatt, telítési mágnesezettség nem mérhető. Ugyan-



6. ábra A P1–P4 kísérletekben kapott, plazmareaktorban felfogott termékek röntgendiffraktogramjai  
XRD patterns of products from the plasma reactor in Runs P1–P4



7. ábra. A telítési mágnesezettség és a  $d_{50}$  közötti kapcsolat  
The  $d_{50}$  values as plotted against saturation magnetization

akkor az általunk előállított valamennyi reakcióterméknél mérni tudtunk telítési mágnesezettséget. Az 1. táblázat adatai szerint a telítési mágnesezettség összefügg a termék fázisviszonyaival. A P1-P3 kísérletek termékeinél kapott viszonylag magas telítési mágnesezettségek elsősorban a nagy magnetittartalomnak köszönhetőek. Ugyanakkor a P4 kísérletben kapott, magnetitet nem tartalmazó termék is számottevő telítési mágnesezettséget mutat: ez már egyértelműen inverz cinkferrit-spinell jelenlétére utal. Inverz cinkferrit-spinell képződése valószínűsíthető az O1-O6 kísérletekben is, mivel az adott kísérleti feltételek mellett nagyon kicsi a magnetit kialakulásának esélye (7. ábra).

## Következtetések

Bizonyítottuk, hogy rádiófrekvenciás termikus plazmában mind oxidelegyekből, mind fém-nitrátokból kiindulva előállíthatók mikro- és nanoszemcsés, inverz spinell-szerkezetű cinkferritek. A termékek kémiai összetételét

az előállítás körülményei nem befolyásolják: sztöchiometrikus összetételű  $ZnFe_2O_4$ -t kaptunk minden esetben. Lényegesen különbözik ugyanakkor a kétféle kiindulási anyagból kapott termékek szemcsemérete és morfológiája. Oxidokból főként nagyobb méretű, agglomerálódott mikroszemcséket, míg nitrátokból nano-, illetve mikroméretű gömbökből álló, egyenletesebb méreteloszlású terméket kaptunk. Az oxidokból készített termékek fázisösszetétele a szintézishez bevitt energia függvénye: a fajlagos energia növelésével csökken a termékek cinkferrittartalma, miközben magnetittartalmuk nő. A beadagolás helyének változtatásával bonyolult módon változnak a termékjellemzők. Nanoméretű, nagy telítési mágnesezettségű, azaz inverz cinkferrit előállításához, célszerűen a kicsatoló tekercsek alsó részéhez közel, közvetlenül a plazmaláng magas hőmérsékletű részébe kell beadagolni a kiindulási anyagokat.

## Irodalom

- [1] Yürüm, Y. (ed): Clean Utilization of Coal: Coal Structure and Reactivity, Cleaning and Environmental Aspects, Kluwer, 1992, NATO ASI Series 370, pp. 221.
- [2] Sugita N., Maekawa M., Ohta Y.: IEEE Transactions on Magnetism 31 (1995) 2854.
- [3] Oliver, S. A., Yoon, S.D., Kozulin, I.: Applied Physics Letters 76 (2000) 3612.
- [4] Sandu, I., Presmanes, L., Alphonse, P., Tailhades, P.: Thin Solid Films 495 (2006) 130.
- [5] Fu, Y. P., Hsu, Ch. Hs.: Journal of Alloys and Compounds 391 (2005) 185.
- [6] Gut, B. X., Zhangt, H. Y., Zhai, H. R.: Physics of Condensed Matters 6 (1994) 1047.
- [7] Economos, G.: Journal of the American Ceramic Society, 38, 7, (1955) 241.
- [8] Fukumasa O., Fujiwara T.: Thin Solid Films 435 (2003) 33.
- [9] Druska, P., Steinike, U., Sepelák, V.: Journal of Solid State Chemistry 146, (1999) 13.
- [10] Mészáros, I.: Materials Science Forum 414-4, (2003) 275.

## KÖNYVISMERTETÉS

### Fodor József: Magyarországi téglá- és cserépgyártás története

Nem véletlen, hogy az ember az ókori Babilontól kezdve előszeretettel alkalmazza az égetett téglát, hiszen az agyagból égetett téglával jobb hő- és páragazdálkodást érhetünk el lakásunkban.

A veszprémi Fodor József, az ország első és egyetlen hivatalos téglamúzeumának megalapítója (intézményének méltatlan sorsra jutását követően) saját kiadásban adta közre a téglagyártás hazai történetéről összegyűjtött ismereteit.

Könyvében a rövid nemzetközi kitekintést követően részletesen elemzi a török hódoltság megszűnése után

fokozatosan nagyüzemivé váló égetett téglagyártásának magyarországi történetét.

Fokról fokra bontakozik ki a tábori (katonai) termelési viszonyokat meghaladó XIX. századi, egyre jobban gépesített kapitalista téglaiipar, majd a két világháborút követő fejlődési folyamat. Bemutatja, hogyan lett úrrá hazánk az évszázados mennyiségi, minőségi hiányosságokon, miként vált a téglá a kivételes, főúri, polgári árucikkből a legszélesebb rétegek által is hozzáférhető tömegtermékké.

A nyitóoldalon és a hátsó borítón található egyedi ábrázolások – 2000 éves római téglá átlós ujjlenyomattal, illetve egy 1987-ben készült korszerű alagútkenecsé – hűen érzékeltetik a történeti korszak átfogását. A múlt év végén megjelent könyv megrendelhető a 30/592-2331 telefonszámon.

# KÖRNYEZETVÉDELEM

## Aprítógépek zajkibocsátásának vizsgálata

**Kocsis Edit**

**Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség**

kocsisedo@freemail.hu

### *Examination of noise emission of crushers*

*Crushers are used in many fields of the industry. Their operation causes noise emission depending on the technical-technological characteristics of the process technology.*

*The annoying effect of noise can be perceived first of all in the workplaces next to the machine but sometimes in the farther environment. One of the reasons to examine the noise emission of a machine is to protect the workers from the noise. The other reason is to protect people living not far from the noisy processing plant. The third reason to examine the noise emission of machines is to find relationship between the technological characteristics and the noise emission of a machine.*

*This scope of noise examination of machines especially crushers is a less researched area.*

*Present paper deals with noise emission of diverse types of crushers. In order to get numerous data there have been many noise measurements performed with different crushing methods, different capacities, different crushing speeds and different materials. The noise emission data have been processed as a function of the capacity and the speed of the stress and compared in case of different crushed materials, different crushers, different crushing methods and different grinding fineness.*

*The measurement data will be utilizable for mines and other firms that grind materials in case of preliminary estimation of noise effect in the surroundings and on the workers in the work places.*

Az aprítógépeket az ipar számos területén használják. Feladatuk, hogy a feladott anyagot fizikai eljárással átalakítva nyerjék el a végterméket.

Az aprítógépek működése a típustól és a technológiai jellemzőktől függően különböző mértékű zajkibocsátással jár. A zaj zavaró hatása elsősorban a berendezés közvetlen közelében, a munkahelyeken észlelhető. Minél összetettebb egy berendezés, annál több része jelenik meg zajforrásként. Ha a berendezéshez előkészítő, kiszolgáló stb. részek is csatlakoznak, a zajforrás egyre bonyolultabbá válik.

A gépek, berendezések zajkibocsátásának vizsgálatát több ok is indokolja. Leginkább ismert ok a munkahelyi zajvédelem. A gép mellett dolgozó embert védeni kell a zajhatásoktól, hogy elkerülhessük az egészségkárosodást, mely legközvetlenebbül a hallás területén jelentkezik. Ez természetesen függ az ember zajjal szembeni egyéni érzékenységtől is. Az üzemek a munkahelyi zajméréseket ezért a munkavállalót a megítélési időben érő mértékadó zajterhelés meghatározására végzik.

A másik ok a gépek zajkibocsátásának vizsgálatára az, ha a működésből származó zaj már nemcsak a munkahelyeken, hanem nagyobb távolságban, a környezetben lévő lakó- és egyéb védendő területeken is jelentkezik, és meghaladja az ott érvényes határértékeket.

További ok a gépek zajkibocsátásának vizsgálatára az üzemelési körülmények és a zajkibocsátás közötti összefüggés meghatározása. Az üzem közbeni zajkibocsátás

nagyságából következtetést lehet levonni a gép üzemi állapotára, esetleges kopásokra, a töltési fok, sebesség, tömegáram megfelelőségére. Ez a terület kevésbé kutatott, mint a másik kettő.

A Miskolci Egyetem Eljárástechnikai és Geotechnikai Berendezések Intézetében OTKA-támogatással (T042950) 2004 óta folyik a fenti témával kapcsolatos kutatási program, melynek címe „Eljárástechnikai berendezések és technológiai-műszaki jellemzői összefüggéseinek kutatása”. A program témavezetője az intézet igazgatója, dr. Csőke Barnabás professzor.

A cikkben a program keretében végzett egyik mérésorozat eredményeiről számolunk be. Bányákban és üzemekben működő aprítóberendezések zajkibocsátását vizsgálva hangnyomásszintmérések kivitelezésére került sor választ keresve a gép működési jellemzői és zajkibocsátása közötti összefüggésre.

### **Az alkalmazott mérőműszer bemutatása**

A törőberendezések működési körülményei és zajkibocsátása közötti összefüggések megvizsgálása céljából a gépek működési helyén, bányákban és ásványfeldolgozó üzemekben Brüel & Kjaer gyártmányú, 2226 típusú, integráló műszerrel zajméréseket végeztem. A műszer 60 s  $L_{eq}(A)$

és SPL mérésére képes, S, F és I időállandó kapcsolható rajta. Második mérési pontossági osztályú műszer, ezért tájékoztató jellegű mérések végzésére alkalmas. A műszert az 1. ábra mutatja.



1. ábra. Brüel & Kjær 2226 integráló műszer  
Brüel & Kjær 2226 integrating sound level meter

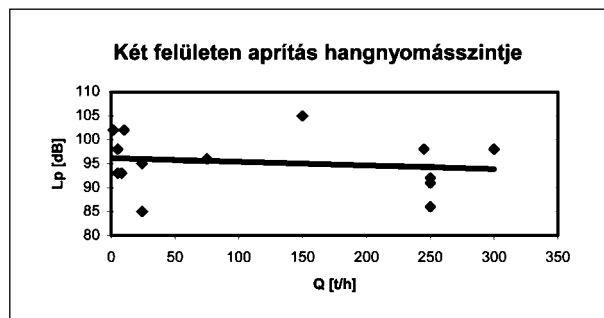
## Alkalmazott mérési módszer

Gépek, berendezések akusztikai jellemzésére legideálisabb a hangteljesítményszint meghatározása. Ehhez a gép környezetében legalább öt ponton szükséges hangnyomásszint mérése úgy, hogy az aprítás hangnyomásszintjét a környezeti alapzaj lehetőleg ne befolyásolja. A berendezések működési helyén ezen feltételeket nem tudtam megvalósítani. Az aprítóberendezések általában kiegészítő berendezésekkel együtt működtek (2. ábra), melyeket nem lehetett a mérés idejére leállítani részben a termelési lánc miatt, melynek része volt maga az aprítóberendezés, részben azért, mert a környezetben más gépek is üzemeltek, gépjárművek mozogtak, termelés folyt. Emiatt nem hangteljesítményszintet határoztam meg, hanem egyenértékű A-hangnyomásszintet mértem oly módon, hogy a géptől 1 m-es távolságban, a gép alapszintjétől 1,5 m-es magasságban helyeztem el a mikrofont úgy, hogy egyéb zajforrásoktól hangárnyékban legyen. Így az aprítás hangnyomásszintjét tudtam mérni.



2. ábra. Az egyik vizsgált rőpítőtoró és szállítószalag-rendszere  
One of the investigated crushers and its belt-conveyor system

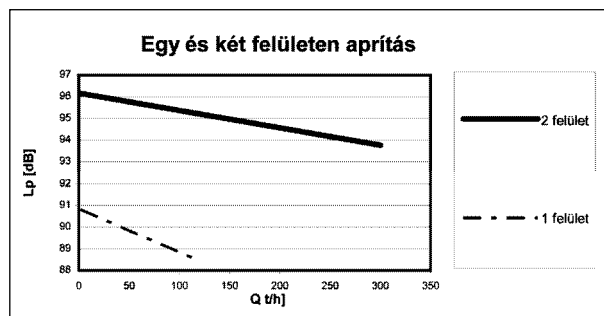
A mérési eredményeket több változót figyelembe véve a tömegáram, ill. az igénybevételi sebesség függvényében ábrázoltam (pl. a két felületen aprítás zajszintjei a tömegáram függvényében, 3. ábra). Valamennyi mérési adatot a 3. ábrának megfelelően dolgoztam fel, azaz a mérési pontokat feltüntettem. A több tényező együttes vizsgálatára – az áttekinthetőség érdekében, a mérési pontok elhagyásával – csak a tendenciát kifejező egyeneseket ábrázoltam. Az így nyert összefüggéseket a 4-13. ábrákon mutatom be.



3. ábra. Két felületen történő aprítás hangnyomásszintjei a tömegáram függvényében  
Sound levels of crushing on two surfaces as a function of the capacity

## Vizsgálatok a tömegáram függvényében

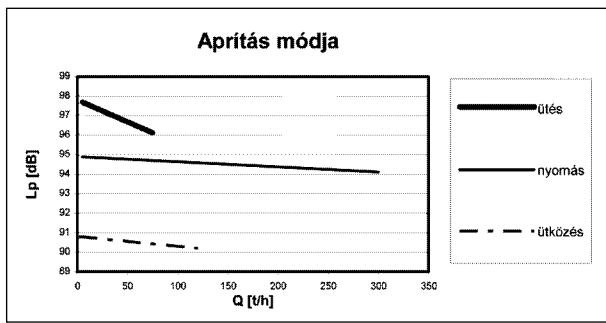
Az 4. ábrán látható, hogy az egy és a két felületen történő aprításkor a hangnyomásszint csökken, egy felületen történő aprításkor meredekebben.



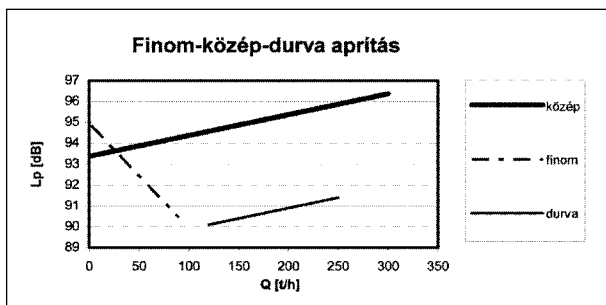
4. ábra. Az egy és két felületen történő aprítás hangnyomásszintjei a tömegáram függvényében  
Sound levels of crushing on one and two surfaces as a function of the capacity

Az aprítás módját vizsgálva (5. ábra) ütéssel, ütközéssel és nyomással történő aprításkor a hangnyomásszint csökken, ütés esetében meredekebben, mint ütközésnél és nyomásnál.

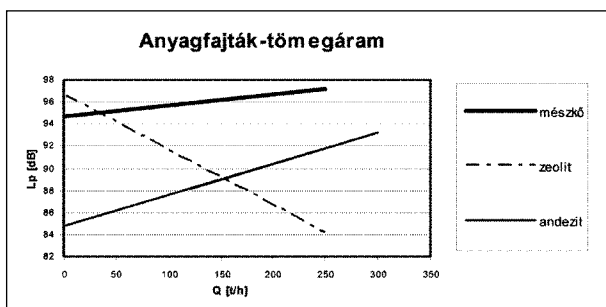
A 6. ábra együtt mutatja a finom-, a közép- és a durvaaprítás hangnyomásszintjeit. Látható, hogy finomaprításkor a zajszint jelentősen csökken, közép- és durvaaprításkor növekszik.



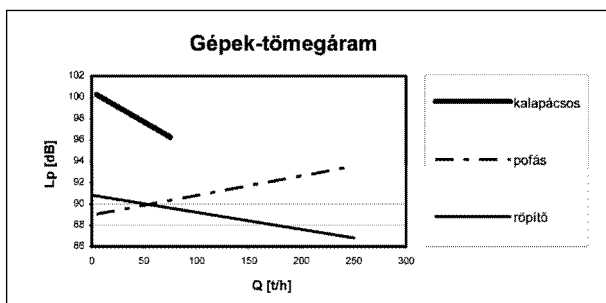
5. ábra. Különböző aprítási módok hangnyomásszintjei a tömegáram függvényében  
Sound levels of different crushing methods as a function of the capacity



6. ábra. Finom-közép-durva aprítás hangnyomásszintjei a tömegáram függvényében  
Sound levels of fine-intermediate-preliminary crushing as a function of the capacity



7. ábra. Különböző anyagok aprításakor kialakuló hangnyomásszintek a tömegáram függvényében  
Sound levels of crushing of different materials as a function of the capacity



8. ábra. Különböző módon aprító berendezések hangnyomásszintjei a tömegáram függvényében  
Sound levels of breakers crushing in different ways as a function of the capacity

A 7. ábra a különböző anyagok hangnyomásszint-trend görbéit mutatja a tömegáram függvényében. Látható, hogy a zeolit aprításakor a hangnyomásszint jelentősen csökken, mészkő és andezit aprításakor nő, andezit esetében meredekebben, mint a mészkőnél.

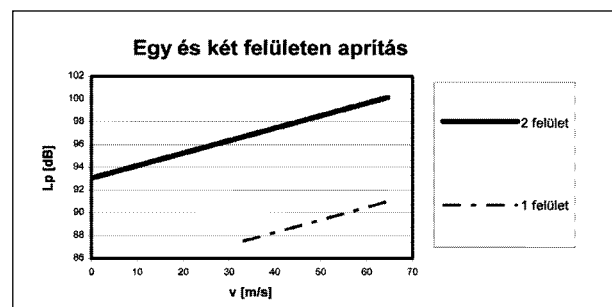
A 8. ábrán látható, hogy a pofás törők esetében a hangnyomásszint nő, kalapács- és röpítőtörők esetében csökken, kalapács-törőknél meredekebben, mint a röpítőtörőknél.

## Vizsgálatok az igénybevételi sebesség függvényében

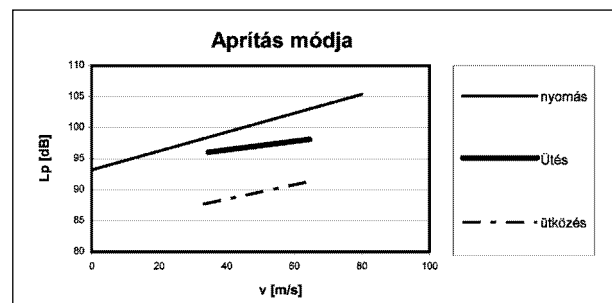
A 9. ábra az egy és a két felületen történő aprítás hangnyomásszint-trendjét mutatja. Látható, hogy az egy és a két felületen történő aprításakor az igénybevételi sebesség növekedésével a hangnyomásszint nő.

A 10. ábra a különböző aprítási módok esetében mutatja a hangnyomásszint-trendeket az igénybevételi sebesség függvényében. Ütéssel, ütközéssel és nyomással történő aprításakor a hangnyomásszint egyaránt nő, nyomás esetében a legmeredekebben.

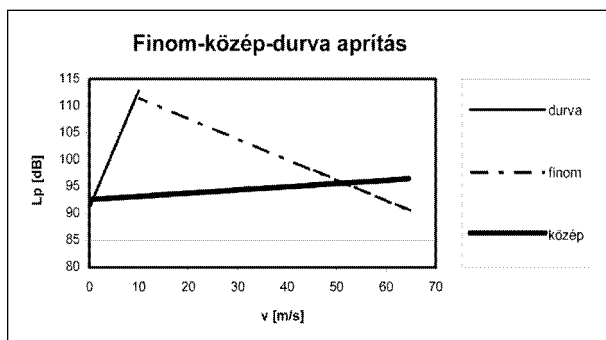
A 11. ábra a finom-, a közép- és a durvaaprítás hangnyomásszint-trendjeit mutatja. Finomaprításakor a hangnyomásszint jelentősen csökken, közép- és durvaaprításakor növekszik, durvaaprításakor meredekebben.



9. ábra. Az egy és két felületen történő aprítás hangnyomásszintjei az igénybevételi sebesség függvényében  
Sound levels of crushing on one and two surfaces as a function of the speed



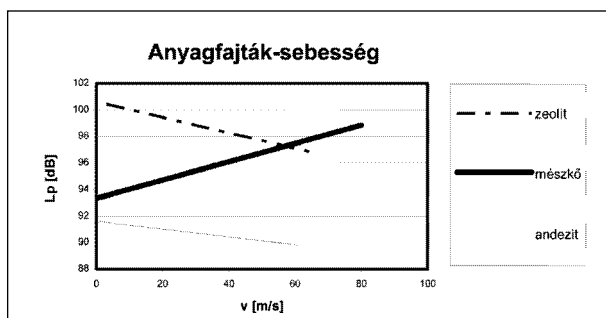
10. ábra. Különböző aprítási módok hangnyomásszintjei az igénybevételi sebesség függvényében  
Sound levels of different crushing methods as a function of the speed



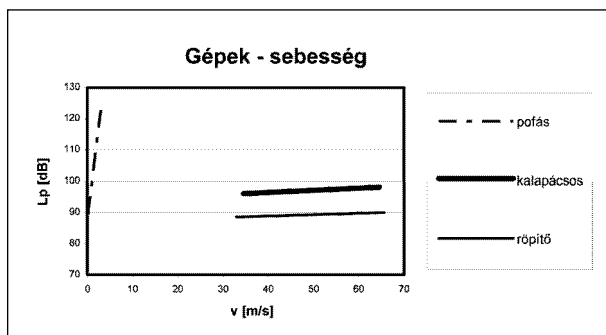
11. ábra. Finom-közép-durva aprítás hangnyomásszintjei az igénybevételi sebesség függvényében  
Sound levels of fine-intermediate-preliminary crushing as a function of the speed

A 12. ábra mutatja a különböző anyagok esetében az igénybevételi sebesség növekedésével kialakuló hangnyomásszint-trendet. Finomaprításkor a hangnyomásszint jelentősen csökken, közép- és durvaaprításkor növekszik, durvaaprításkor meredekebben.

A 13. ábrán a különböző törőtípusok hangnyomásszint-trendje látható az igénybevételi sebesség függvényében. A pófás törők esetében a hangnyomásszint jelentősen nő, kalapács- és röpitőtörők esetében közel állandó.



12. ábra. Különböző anyagok aprítási hangnyomásszintjei az igénybevételi sebesség függvényében  
Sound levels of crushing of different materials as a function of the speed



13. ábra. Különböző módon aprító berendezések hangnyomásszintjei az igénybevételi sebesség függvényében  
Sound levels of brakers crushing in different ways as a function of the speed

## Következtetések

Valamennyi mérési eredményt összevetve:

- a tömegáram növekedése a legtöbb esetben hangnyomásszint-csökkenést okoz. Feltehető oka, hogy az aprítandó anyagsemcsék a tömegáram növekedésével már egyre kevésbé érintkeznek fém felülettel, egymásnak ütköznek, a gép falára tapadt anyaghoz ütköznek, így a fém kopogó hangok megszűnnek vagy lecsökkennek. A berendezésben kialakuló „anyagfelhő” mintegy hangelnyelő anyag is hozzájárul a zajszint csökkenéséhez;
- a törési sebesség növekedése az aprítás hangnyomásszintjét növeli, mivel az ütközés keltette hang arányos az ütközési energiával;
- a törőtípusok közül a pófás törő esetében a hangnyomásszint a tömegáram és a sebesség növekedésével is növekszik. Ehhez az is hozzájárulhat, hogy a pófás törő aprítótere nyitott, az aprítás zaja jobban kijut a környezetbe, mint egy zárt térben (pl. röpitőtörő) történő aprításkor;
- a két felületen történő aprítás nagyobb zajkibocsátással jár, mint az egy felületen történő;
- az aprítás módját tekintve az ütközéssel történő aprítás a legcsendesebb.

## Összefoglalás

Vizsgálataim során különféle törőberendezéseknél végeztem méréseket többféle anyag eltérő módon, más-más sebességgel és tömegárammal történő aprításkor. A hangnyomásszint-adathalmazt többféle kérdés vizsgálatára használtam fel. A kapott összefüggések [pl. hangnyomásszint-tömegáram  $L_p(Q)$ , hangnyomásszint-sebesség  $L(v)$ ] alkalmasak arra, hogy az aprítási tevékenységet végző bányák és üzemek az egyes üzemállapothoz a várható zajszintre első közelítésben becslést tehesse, és ezzel a dolgozót érő munkahelyi és az üzem környezetét érő zajterhelést előzetesen megbecsüljék, ill. zajscsökkentési célból az aprítás módját kedvezőbbre válasszák. A mérési adatok számának növelésével, a folyamatos adatgyűjtéssel és értékeléssel a becslés pontossága is folyamatosan javítható.

## FELHÍVÁS

Tájékoztatjuk kedves Olvasóinkat, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesület honlapján frissítésre került a harmonizált szabványok jegyzéke

([www.szte.mtesz.hu](http://www.szte.mtesz.hu)).

## Betonfelületek vízzáróságát fokozó anyagok permeabilitása

Csányi Erika – Józsa Zsuzsanna – Varga Ákos

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

csanyie@eik.bme.hu – zsjozsa@epito.bme.hu – v\_akos@freemail.hu

### *Permeability of materials enhancing the water-tightness of concrete surface*

*The capillary system of porous materials has significant influence on both strength and durability. In present research the influence of coatings on concretes was tested.*

*The effect of coatings (having one or two components) for increasing the water tightness of concrete was tested by detailed*

*chemical and physical analysis. The two-component coatings had lower porosity, water absorption and capillary suction, than the one-component, cement based premixed mortars. The vapour permeability of coated concrete specimens with one-component material was more than one order higher, than that of specimens with two-component coatings. The latter ones resulted a resistance against water pressure of 3 to 4 bars, depending on the thickness.*

## 1. Bevezetés

A porózus anyagok kapillárisrendszerének jelentős szerepe van mind a szilárdság, mind a tartósság szempontjából. A károsodási folyamatban fontos szerepet játszó víz kívülről, a kapillárisokon át jut be a betonba, és a kioldódás is ezeken keresztül megy végbe. A védekezés egyik lehetséges módja a beton porozitásának csökkentése az alapanyagok és az összetétel megfelelő kiválasztásával, a betontechnológiai paraméterek betartásával, helyes utókezeléssel és az elkészült beton szakszerű fenntartásával. Ez az elsődleges megelőző védelem.

A másik mód a korróziót okozó anyagok betonba jutásának megakadályozása impregnálással, védőbevonattal. Ez a másodlagos megelőző védelem. A védekezés módját a korróziós hatás mértékétől függően kell kiválasztani: az első megoldás mindig szükséges, a másodikat pedig az agresszív hatásnak erősebben kitett szerkezeti elemek esetén kell alkalmazni [1].

A betonok vízzáróságának utólagos fokozására elterjedten használják az egy- és kétkomponensű, cementbázisú bevonóanyagokat. Ezek legtöbbször – a gyártók tájékoztatása szerint – páraáteresztő, és véd egyes vegyi hatásokkal (pl. kloridionok) szemben, egy részük pedig rugalmas is. Kísérleteink során néhány vízzáróságát fokozó bevonóanyagot vizsgáltunk hatékonyság és hatásmechanizmus szempontjából.

## 2. Kísérletek

### 2.1. Kísérleti betonok jellemzői

A vízzáróságát növelő bevonatok hatásának, tartósságának tanulmányozására háromféle összetétellel készítettünk betonkeverékeket (jelük a továbbiakban C1, C2 és C3). Alapanyagként CEM II/A-S 32,5 N jelű kohósalak-portlandcementet, 0/4, 4/8 és 8/16 mm-es frakciójú adalékanyagot használtunk, melyekből háromféle víz-, illetve cementadagolással készítettünk 100 mm élhosszúságú kockákat és 200 x 200 x 120 mm méretű próbatesteket. A 100 mm élhosszúságú próbatestek egy részén 28 napos korban nyomószilárdságot, testsűrűséget, sűrűséget és vízfelvételt mértünk. A többi kockát a vízzárósági vizs-

1. táblázat

Kísérleti betonok fizikai és mechanikai jellemzői  
Physical and mechanical characteristics of tested concretes

Vizsgált jellemző	Mért érték		
	C1	C2	C3
Testsűrűség kiszáritott állapotban, kg/m <sup>3</sup>	2034	2186	2280
Vízfelvétel, tömeg %	7,1	5,4	3,7
Nyomószilárdság 28 napos korban, N/mm <sup>2</sup>	20,8	36,9	49,2
Sűrűség, g/ml	2,61	2,58	2,56
Porozitás, térfogatszázalék	22	15	11

gálathoz készített próbatestekkel együtt a bevonatok vizsgálatára használtuk fel. A betonok fizikai és mechanikai jellemzőit az 1. táblázatban adtuk meg.

## 2.2. Bevonóanyagok és jellemzőik

### Kémiai jellemzők

A kísérletekhez különböző gyártóktól származó, cementalapú, egykomponensű (E1, E2 és E3 jelű) és kétkomponensű (K1, K2 és K3 jelű) vízzáróságot fokozó anyagot használtunk.

Elsősorban a cementtartalom jellemzésére, valamennyi mintaanyag por alakú komponensének meghatároztuk a híg sósavval oldható részét, a sósavval oldható szilícium-dioxid- és kalcium-oxid-tartalmát, továbbá az izzítási veszteségét és a folyékony komponensek szárazanyag-tartalmát (2. táblázat). Vizsgáltuk továbbá a por alakú komponensek vízzel oldható anionjainak mennyiségét is (3. táblázat).

2. táblázat

A betonkísérlethez felhasznált bevonóanyagok fő oxidos kémiai jellemzői  
Main chemical characteristics of coatings (having one or two components) for increasing the water tightness

Bevonóanyag jele	„B” komp. szárazanyag-tart.	Izzítási veszteség	Híg sósavban oldható rész	Híg sósavval oldható	
				SiO <sub>2</sub> -tartalom	CaO-tartalom
tömeg %					
E1	–	17,85	67,86	6,46	34,60
E2	–	11,24	63,55	7,63	28,78
E3	–	9,57	66,66	7,04	35,42
K1	54,3	2,06	50,47	7,26	31,98
K2	45,0	2,58	39,71	6,11	24,95
K3	55,3	5,13	30,47	4,10	18,55

3. táblázat

A betonkísérlethez felhasznált bevonóanyagok vízdoldható anionjai\*  
Watersoluble anions of coatings (having one or two components) for increasing the water tightness

Bevonóanyag jele	Vízdoldható rész párlási maradéka	Kloridion-tartalom	Szulfácion-tartalom
E1	7,1	< 0,1	0,47
E2	5,5	nyomokban	1,76
E3	8,3	0,2	2,35
K1	1,3	< 0,1	0,03
K2	2,1	< 0,1	0,52
K3	0,9	nyomokban	0,2

\* Nitrátiót a minták nem tartalmaztak.

A bevonóanyagok hatóanyagának további jellemzésére egyéb oldási kísérleteket (savas, alkoholos, benzolos) és műszeres kémiai vizsgálatokat végeztünk.

Az egykomponensű, vízzáróságot fokozó szárazhabarcs mintákban, azok részletes kémiai vizsgálatai alapján, a cementen és a homokon kívül nátrium-karbonát és poli-oxi-karbonsav mutatható ki.

A hatásmechanizmus a következőképpen értelmezhető: a keverővíz adagolásakor a nátrium-karbonát feloldódik, és a keletkező nátriumionok a poli-oxi-karbonsavat nátriumsóvá alakítják. A vízben jól oldódó nátriumsó a cement hidratációjakor keletkező portlandittal reagálva oldhatatlan kalciumsóvá alakul, és apró kristályok formájában kiválva szűkíti vagy eltömi a pórusokat.

A K1-K3 jelű kétkomponensű mintaanyagok „A” komponense cementalapú por, „B” komponense tejszerű folyadék (polimer diszperzió) 50% körüli szárazanyag-tartalommal.

Derivatográfias vizsgálatok szerint a szilárd fázisok szerves anyagot nem vagy csak igen kis mennyiségben tartalmaznak, és azonos típusúak. Röntgendiffraktogramjaikon cementre és homokra (kvarc) utaló reflexiók azonosíthatók. A tejszerű „B” komponens bepárlása után rugalmas, gumiszerű anyag marad vissza. A „B” komponensekről – a felvett infravörös (IR) spektrumok alapján megállapítottuk, hogy azok kis átlagmóltömegű poliakrilátok vizes diszperziói.

Az építőipar az 1-2 évtizeddel korábban használt polivinil-észterek helyett – mivel azok könnyen hidrolizálnak – ma az akrilsav-észter típusú polimereket alkalmazza. Az észtercsoport alkoholkomponense erősen befolyásolja a polimerek fizikai jellemzőit. A metakrilátok ridegek, a hosszabb szénláncú alkoholok akrilátjai (például a poli-butil-akrilát) rugalmasak, közöttük sokféle variációra van lehetőség.

A kétkomponensű, cementbázisú habarcsok vízzáróságot fokozó hatása a következőképpen magyarázható: a „B” komponens a por alakú komponenssel való összekeverés után, a szilárdulás folyamatában hidrofób jellegű adalékszerként viselkedik. A diszperzió a betonrészecskéken megkötődik, és a polimer akrilátok, a diszperzió megbomlása után, a betonrészecskék felületén hidrofób bevonatot képeznek, ezáltal szűkítik, illetve eltömi a beton kapillárisait.

### Fizikai jellemzők

A kísérletekhez felhasznált bevonóanyagokból – a gyártó által megadott keverési arány szerint – vízzel, illetve a két komponens megfelelő arányú összekeverésével 30 x 30 mm-es élhosszúságú kockákat öntöttünk. A kockákat egy héten keresztül nedves térben tároltuk, majd 28 napos korukig laborlevegőn. Ezután határoztuk meg a testsűrűségüket, vízfelvételüket, örleményeiken pedig a sűrűségüket. A mért és számított jellemzőket a 4. táblázatban foglaltuk össze.

Szárazhabarcsok fizikai tulajdonságai megszilárdult állapotban  
Physical properties of drymortar coatings in hardened state

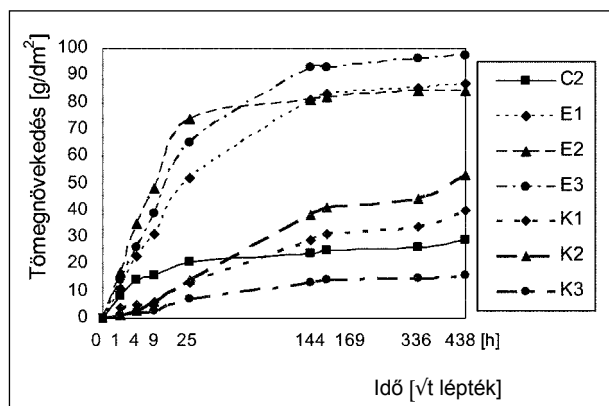
A bevonóanyag jele	Testsűrűség, g/ml	Sűrűség, g/ml	Porozitás, v%	Vízfelvétel, m%
E1	egykomponensű	1,11	2,31	51,8
E2		1,56	2,52	38,1
E3		1,71	2,52	32,3
K1	kétkomponensű	1,37	2,16	36,4
K2		1,64	2,09	21,3
K3		1,66	2,28	27,3

A táblázat adatai szerint a szárazhabarcsok 1,1–1,7 g/ml közötti testsűrűsége lényegesen kisebb, mint a cementhabarcsokra általában jellemző érték. Legkisebb az E1 és a K1 minta testsűrűsége. Jelentősen eltérő a megszilárdult habarcsok porozitása és vízfelvétele. A kétkomponensűek esetén jól látszik az előbbieken tárgyalt hidrofób hatás: a K1–K3 jelűek vízfelvétele a viszonylag nagy porozitás ellenére is sokkal kisebb, mint az egykomponensűeknél mért érték.

#### Hidrotechnikai jellemzők vizsgálata

Kezeletlen és a minden oldalukon 2 rétegben szárazhabarccsal bevont beton próbatestek időbeli vízfelszívását vizsgáltuk. A C2 jelű betonon mért eredményeket, a mérési időpontokra vonatkozó tömegnövekedések g/dm<sup>2</sup>-ben megadott értékeit az idő függvényében az 1. ábrán mutatjuk be. A vizsgálat időtartama 438 óra volt.

A vízfelszívás vizsgálati eredményei az 1. táblázat adatait is figyelembe véve értelmezhetők. A felületegységre eső vízfelvétel a nagy porozitású és egyúttal nagy vízfelvételű E1-E3 bevonóanyagokkal kezelt betonok esetén volt a legnagyobb. Nagyobb, mint a kezeletlen,



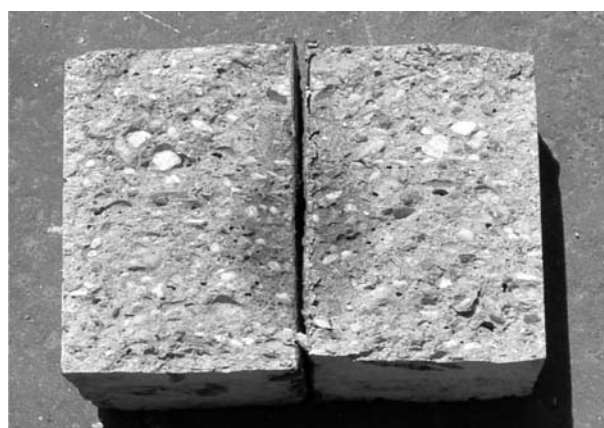
1. ábra. Szárazhabarcs bevonatok hatása beton próbatestek időbeli vízfelszívására

Effect of drymortar coating on the evolution of the capillary water suction in time



2. ábra. E1 egykomponensű szárazhabarcs bevonat hatása a C2 jelű beton vízzáróságára

Effect of coating E1 having one component on the water tightness of concrete C2



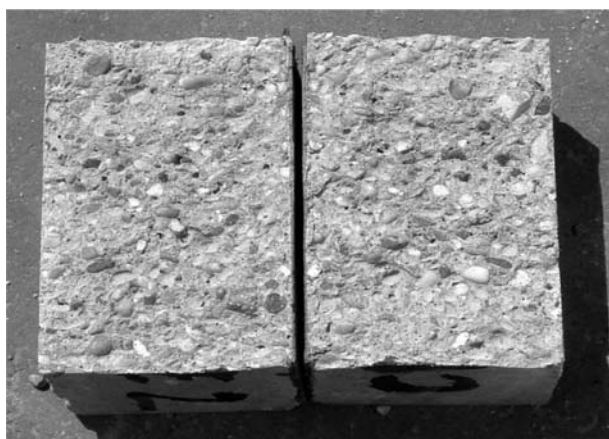
3. ábra. K2 kétkomponensű szárazhabarcs bevonat hatása a C2 jelű beton vízzáróságára

Effect of coating K2 having two components on the water tightness of concrete C2

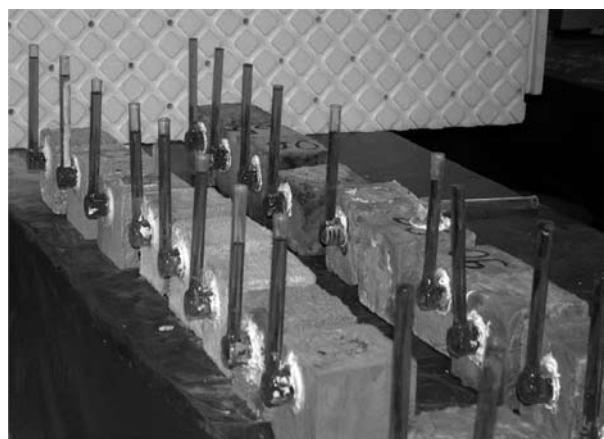


4. ábra. K2 kétkomponensű szárazhabarcs bevonat hatása a C1 jelű beton vízzáróságára

Effect of coating K2 having two components on the water tightness of concrete C1



5. ábra. K3 kétkomponensű szárazhabarcs bevonat hatása a C2 jelű beton vízzáróságára  
Effect of coating K3 having two components on the water tightness of concrete C2



6. ábra. Bevonatos próbatetek Karsten-csöves vizsgálata  
Test of coated specimens with Karsten apparatus

kisebb porozitású betoné. Tehát a mérés ideje alatt a felületi bevonóréteg átnedvesedése dominált. A kétkomponensű, hidrofób hatású bevonatok vízfelvétele 24 óráig kisebb volt a kezeletlen betonénál, majd a vizsgálat végéig – a bevonóanyag sajátosságaitól függően – az etalongoörbe fölött vagy alatt haladt.

A vízzáróságot az MSZ 4715-3:1972 szerint vizsgáltuk 2, illetve 4 bar nyomáson, egyik felületükön két rétegben bevont próbatetekken. A mérést tájékoztató jelleggel valamennyi szárazhabarcsra elvégeztük.

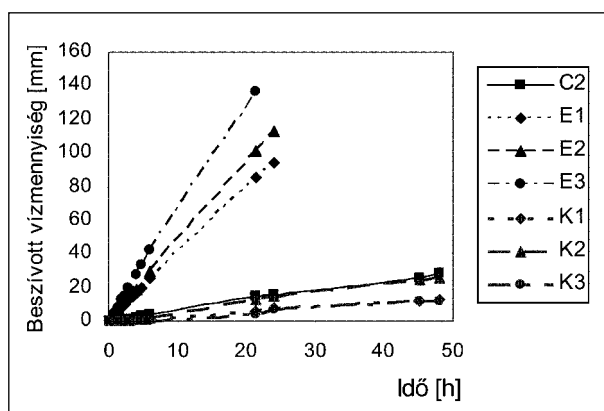
A vizsgálatok azt mutatták, hogy az egykomponensű bevonatok hatására a betonok víznyomással szembeni viselkedése gyakorlatilag nem változott: a nagyobb porozitású, C1 és C2 jelű bevonatos betonok 2 bar víznyomás hatására ugyanúgy teljesen átnedvesedtek, mint a kezeletlenek. A C3 jelű, tömörebb betonminták esetén sem észleltünk különbséget az egyes bevonatok között. A kétkomponensű bevonatok – összetételüktől függő mértékben – jelentősen fokozták még a nagy porozitású beton vízzáróságát is. A 2–5. ábrán néhány, a vizsgálat után elhasított jellegzetes betonfelületet mutatunk be.

A felületi porozitás vizsgálatára elvégeztük a Karsten-csöves mérést (6. ábra). A vízszlop magasság csökkenését, azaz a beszívott vízmennyiség időbeli változását a C2 jelű betonokon a 7. ábrán tüntettük fel.

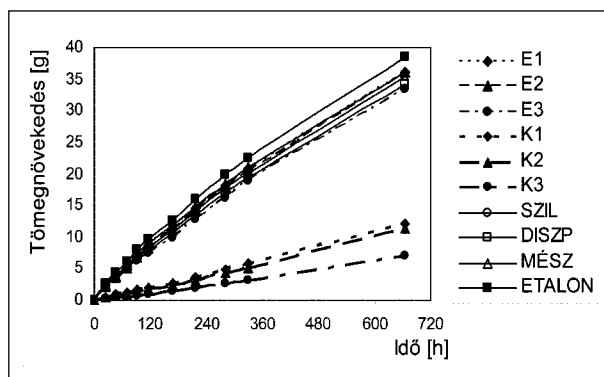
A Karsten-csöves vizsgálat eredménye lényegében megegyezik a vízfelszívás vizsgálatéval, azaz a bevonóanyagok porozitása, illetve hidrofobitása mértékében változik a betonokkal érintkező folyadékoszlop szintje. A beszívódás üteme és mértéke – az 50 órás vizsgálat alatt – gyakorlatilag nem függött az alapbeton porozitásától.

### 2.3. Páradiffúziós jellemzők meghatározása

A páradiffúziós jellemzőket pórusbetonból kialakított 10-20 mm vastag hordozókon vizsgáltuk, mert ebből az anyagból viszonylag homogén, kis párazárású lapok állíthatók elő



7. ábra. Szárazhabarcs bevonatok hatása beton próbatetek vízbeszívására. Karsten-csöves mérés  
Effect of coatings on water suction of concretes tested with Karsten apparatus



8. ábra. Páradiffúziós vizsgálat során mért időbeli tömegnövekedés különböző bevonatok esetén  
Evolution of mass in time during the vapour permeability test of specimens with different coatings

egyszerű módon. Ezek egyik felületét vontuk be két rétegben szárazhabarccsal, továbbá összehasonlításként három, különböző anyagú falfestékekkel (mész, szilikonfesték és vizes diszperziós festék).

Porózus anyagok diffúziós együtthatójának meghatározására az irodalomban többféle módszer is található. Mindegyiknek az a lényege, hogy a vizsgálandó anyagot két, eltérő páratartalmú légtér közé helyezzük, és a kettő közötti páraáramot valamilyen módon kifejezzük [2], [3], [4].

Az alkalmazott vizsgálati módszer a Cammerer-féle eljárás alapján alakult: egy polietilendoboz aljára szárított szilikagélt tettünk, és – felette légréteget hagyva – jól záró fugatömítéssel rögzítettük a próbatesteket. A dobozokat, tömegük lemérése után, párazáró termosztáló szekrénybe helyeztük. A kamrában 20 °C körüli hőmérsékletet és 90%-os relatív páratartalmat állítottunk be. Az időközönkénti tömegmérést 30 napig végeztük.

A próbatestek tömegnövekedését az idő függvényében a 8. ábrán mutatjuk be. Az állandósult tömegváltozás értékeit figyelembe véve számítottuk ki az 5. táblázatban megadott páradiffúziós jellemzőket.

Az 5. táblázatban feltüntetett páradiffúziós ellenállási szám a bevonóanyag és a hordozó együttes ellenállása. Egzaktságra a porózus alap miatt nem volt lehetőség. Mind az időbeli tömegnövekedést mutató 8. ábra, mind az 5. táblázat adatai jól szemléltetik, hogy a vizsgált festékek és egykomponensű bevonatok csak kismértékben gátolják a páradiffúziót, ugyanakkor a kétkomponensű bevonóanyagok jelentősen fékezik azt.

5. táblázat

**Páradiffúziós jellemzők különböző bevonatok esetén**  
Characteristics of vapour permeability of specimens with different coatings

Bevonat megnevezése		Egyenértékű légréteg vastagsága, sD, m	Páradiffúziós ellenállási szám a vizsgált próbatesten, $\mu$
E1	egykomponensű szárazhabarcs	0,18	8,7
E2		0,19	9,7
E3		0,21	10,6
K1	kétkomponensű szárazhabarcs	0,84	41,6
K2		0,97	48,0
K3		1,57	79,8
Szilikátos festék		0,19	9,4
Diszperziós festék		0,20	10,2
Mészfesték		0,16	8,9
ETALON (pórusbeton hordozó)		0,17	8,6

### 3. Összefoglalás

Betonok vízzáróságának fokozására kifejlesztett egy- és kétkomponensű szárazhabarcsokat vizsgáltunk eltérő porozitású betonokon.

A bevonatos próbatesteken végzett kapilláris-vízfelszívás vizsgálat és a felületi rétegek porozitását jellemző Karsten-csöves mérés egyaránt azt mutatta, hogy az egykomponensű

szárazhabarcsokkal bevont betonok vízfelvétele az etalonbetonénál is nagyobb volt. Ebben elsődleges szerepet a bevonatok nagy porozitása és nagy vízfelvétele játszott. A kétkomponensű bevonatokkal ellátott betonok vízfelszívása az előbbieknél kisebb volt, és alig tért el a kezeletlen betonétól. A vizsgált bevonatok közül csak egy csökkentette a beton vízfelszívó képességét a mérés tartamán.

Vizsgálataink szerint az egykomponensű bevonatoknak jó a páraáteresztő képessége, permeabilitásuk a különböző anyagú, egyidejűen vizsgált falfestékekéhez hasonló, ugyanakkor a kétkomponensű bevonatok megsokszorozták a páradiffúziós ellenállást, de nem képeztek párazáró réteget. Utóbbiak – vastagságuktól függően – 3–4 bar víznyomásnak is ellenálltak. A kétkomponensű bevonatok páraáthaladással és vízbehatolással szemben mutatott viselkedése egyértelműen a hidrofobitást okozó komponens jelenlétéből adódik.

A betonok hidrotechnikai tulajdonságát befolyásoló bevonóanyagok tanulmányozására elvégzett vizsgálataink során azt is megállapítottuk, hogy nem csupán az egy- és kétkomponensű anyagok hatékonysága között van különbség, hanem – összetételükből adódóan – az azonos típusúak között is.

#### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az Országos Tudományos Kutatási Alapnak a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén végzett kutatáshoz az OTKA T 34466 sz. szerződéssel nyújtott támogatásért, valamint *Csizmadia Zoltánné dr.* vegyészmérnöknek értékes segítségéért.

#### Irodalom

- [1] Balázs Gy. – Balázs L. Gy. – Farkas Gy. – Kovács K.: Beton- és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése I. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1999.
- [2] Fekete I.: Épületfizika Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
- [3] Garrecht, H.: Porenstrukturmodelle für den Feuchtehaushalt von Baustoffen mit und ohne Salzbefrachtung und rechnerische Anwendung auf Mauerwerk, MBK Heft 15, Karlsruhe, 1992.
- [4] Speidel, K.: Wasserdampfdiffusion und -kondensation in der Baupraxis, Ernst, Berlin, 1980.

## RENDEZVÉNYEK

„Az EU házhoz jön” program keretében négynapos **Szak- és üzletember-találkozót és előadás-sorozatot szervez az SZTE Szigetelő Szakosztálya** az Ungvári Nemzeti Egyetemen és a Megyei Közigazgatási Hivatalban. A rendezvény időpontja (az Eseménynaptárban közölttől eltérően): **2006. szeptember 25–28.** A rendezvényt a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium támogatja.

\* \* \*

2006. október 5-én lesz a **Kő- és Kavicsbányász Nap 2006.** A részletekről tájékoztatást küldünk a szakosztály tagjainak, illetve információ kérhető az SZTE Titkárságán.

\* \* \*

A **Cementipari Konferencia** időpontja: 2006. november 6-7. Helyszíne: Hotel Karos Spa, Zalakaros.

# Eredmények és tapasztalatok az oxigénnel és oxigénnel dúsított levegővel táplált tüzelés során

**Stefano Dentella – Francesco Dentella – Szabó István**  
**SIAD HUNGARY Kft.**



## 1. Oxigénes tüzeléstechnikai alapismeretek

Az oxigénes technológia számos megoldást kínál, amellyel fokozni lehet a fűtési eljárások hatékonyságát magas hőmérséklet mellett.

A makro- és mikroszintek alapján megkülönböztethetünk két fő kategóriát:

- makroszinten (teljes hőbevitel és anyagmennyiség): előnyök a füstgázmennyiség csökkentéséből adódnak,
- mikroszinten (oxidációs reakciók termokémiai hatása): előnyök a lángban történő kinetikai feltételek változásából adódó fokozott reakciók következtében.

## 2. Oxigénes égetés

### 2.1. Makroszintű hatások

Tiszta oxigénre vagy dúsított oxigénre, teljesen vagy részben kicserélt égési levegő által elérhető fejlődés a makroszint szempontjából nézve leginkább nagyméretű földgáz-üzemeltetésű olvasztókemencékben vehető észre.

Ilyen kemencékben a kibocsátott füstgázok hőmérséklete nagyon magas, így módon az égéstermékben lévő nitrogénmennyiség (akár részbeni) csökkentése jelentősen emelheti a rendszer hőhatásfokát.

*Kedves Olvasó!*

*A Szilikátipari Tudományos Egyesület 2006. május 23-án megtartott Üvegipari szakmai konferenciáján elhangzott előadásunkból válogattunk össze néhány, az ottani hallgatóság által érdekesnek talált gondolatot. Tettük mindezt abból a célból, hogy azon kedves olvasóinkban is felkeltsük az érdeklődést a témával kapcsolatban, akik az előadáson nem tudtak részt venni.*

*Bízunk benne, hogy a bemutatott előadási anyagok Önt is arra sarkallják, hogy mihamarabb felvegye velünk a kapcsolatot. Biztosíthatjuk Önt arról, hogy mindent megteszünk azért, hogy Önt mielőbb személyesen felkeressük.*

*Elérhetőségünk:*

*Bacsó György kereskedelmi és marketingigazgató*

*E-mail: gyorgy\_bacsko@praxair.com*

*Telefon: 06 30 445-0734*

*Pékó Zoltán cégvezető*

*E-mail: zoltan\_peko@praxair.com*

*Telefon: 06 30 606-8130*

*SIAD HUNGARY Kft.*

*3527 Miskolc, Zsigmondy út 38.*

*Telefon: 06 46 501-130*

### 2.2. Mikroszintű hatások

Az oxigénes égetési technológia számos előnyt biztosít a láng által létrehozott, megváltozott MINŐSÉGŰ energiának köszönhetően.

Az oxigénes égetés tulajdonságai általánosságban az alábbiak:

- gyorsabb kémiai reakciók,
- még szélesebb éghetőségi tartomány,
- magasabb láng hőmérséklet,
- a láng jobb sugárzásienergia-képességű.

A fő következtetések az alábbiak:

- egyenletesebb hőárambevitel az üvegbe,
- magasabb hőmennyiség-beviteli arány az üvegbe,
- kevesebb energiafelhasználás.

### 3. Oxigénes égetési eljárások a SIAD megközelítésében

A SIAD különleges nézőpontot alkalmaz a oxy-gáz égők kemencékbe történő beépítésével kapcsolatban:

1. Az égők nem olyan eszközök, amelyek forró gázokat állítanak elő, hanem az üveg-előállítási folyamat részei.
2. A láng nem forró gázok keveréke: az égő, a láng és a kemence felügyeli a folyamat hőbevitelét és a tűzálló falazat élettartamát.

Ezen koncepciók alapján lehetséges, hogy még látványosabb előnyöket érjünk el az oxigénes égetési technológiákkal.

#### 3.1. Termodinamikai előzetes elemzés

A kemence működtetési feltételei széles skálájának köszönhetően és annak érdekében, hogy a megrendelő céljainak legmegfelelőbb megoldást kínáljuk, a SIAD kifejlesztett egy matematikai modellt, amelynek segítségével előre kimutathatók a különböző oxigénes technológiák által biztosítható előnyök.

#### 3.2. Egy példa

##### Ügyfél igényei

- A megrendelő termelékenysége a normálkapacitás alatt volt (350 t/nap helyett 275 t/nap) az előmelegítő kamrák és a kemence nem megfelelő állapota miatt.
- A kemence teljes felújítását egy év múlva tervezték, ezen idő alatt a termelést az ügyfélnek minimum 285 t/nap termelési szinten kellett tartania (24% üvegtörmelék a töltetben).
- A boltozatban fellépő esetleges további hőfeszültség elkerülésének érdekében nem volt lehetséges a földgázfelhasználás emelése és a levegő áramoltatása az elhasznált előmelegítő kamrán keresztül.
- Oxigénes tüzeléstechnikai eszközök vásárlását nem tervezték.

##### SIAD-kivitelezés és eredmények

- Földgáz mennyiségének csökkentése 1900 Sm<sup>3</sup>/h-ról 1870 Sm<sup>3</sup>/h-ra.
- O<sub>2</sub> mennyisége 420 Sm<sup>3</sup>/h.
- Levegő mennyiségének csökkentése (a kb. 1100 °C előmelegítési hőmérséklet elérése).

##### Következmények

- Az elvárásnak megfelelően a termelékenység 285 t/nap fölé emelkedett a kemence üzemeltetésének elmúlt 9 hónapja alatt.
- Meghosszabbodott az előmelegítő kamra élettartama.
- Minimális beruházási költség a megrendelőtől (oxigéntartály-alap, csövezeték, SIAD oxigéninjektor).

Megjegyzés: a termelési folyamatok megzavarása nélkül történt a SIAD oxigéndúsítást biztosító berendezéseinek a telepítése, anélkül, hogy termelés kiesés vagy gazdasági veszteség keletkezett volna.

### 4. Oxigénes égetési technológia alkalmazásának előnyei folyamatos üzemeltetésű üvegolvasztó kemencékben

- A kemence töltési arányának növelése.
- Az üvegtörmelék csökkentése a töltetben.
- Csökken a forró pontok kialakulása a kemencében.
- Növekedő üvegminőség, csökkenő habformációk.
- Kiegyenlíti a regenerátor vagy rekuperátor hatékonysági veszteségeit.
- Rugalmasan üzemeltethető kemence.

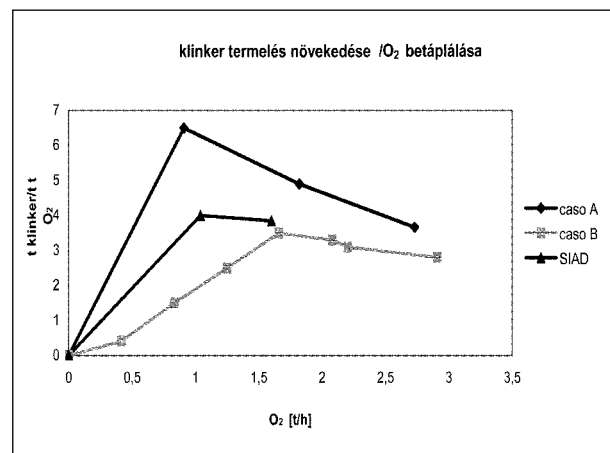
**A SIAD megoldásai hatékonyan alkalmazhatók napi tartályos kemencéknél művészi üvegyártáshoz (levegő/O<sub>2</sub>/fuel égővel), továbbá máz/fritt gyártásnál. Forgódobos kemencébe beépített SIAD oxy-gáz égők festégyártás esetében is ismertek!**

### 5. SIAD oxigén tüzeléstechnológia cement-égető kemencében

A SIAD 30 évvel ezelőtt próbálta ki ezt a technológiát egy olasz cementgyárban. Az első ipari méretű gyár 1999-ben készült el, és azóta is üzemel.

Az alkalmazás eredményeit a kemence termelékenységének növekedésében lehet összefoglalni, amely megközelítőleg: 3,5–4 t klinker/befecskendezett O<sub>2</sub>.

Az alábbi diagram mutatja az oxigénalkalmazással elért termelésnövekedést három ipari esetben (a címlapkép felső két lángja).



# A hagyományos téгла, mely a jövőben is értékálló

**Daniel Birkett**

**Kisterenyei Kft.**

kist@enternet.hu

Új fejlesztésű és gyártású téгла termékcsaládok kerültek piacra 2006 nyarán, melyeket az Európában szinte egyedülálló fél-száraz préselési technológiával készítenek, és a hagyományos Hoffmann-kemencében égetett agyagtéglából hasítanak.

A Kisterenyei Téglagyár korábbi tevékenységébe az égetett agyag falazóanyagok, -téglák gyártása és értékesítése tartozott. A válogatott, kifogástalan minőségű alapanyagból készülő termékek legfontosabb felvevő piaca Észak-Magyarország, Budapest és környéke.

A folyamatosan fejlődő és változó tervezői és felhasználói igények, a téгла reneszánszának kiteljesedése a gyár termékspecifikációjának korszerűsödését hozta magával. A gyár fő termelési profilja a minőségi és egyedi égetett agyagtéгла termékcsaládok irányába tolódott el.

Miben rejlik ezen termékek újdonsága, varázsa? A válasz igen egyszerű, a természetben! A kibányászott agyag hozzáadott komponenseket nem tartalmaz, egyenletes minőségét az anyag homogenitása, tisztasága és a hosszú kísérletek alapján meghatározott őrlési szemcsemérete biztosítja. Ez, valamint a termelés minden fázisában alkalmazott környezetbarát gyártási technológia teszi lehetővé a természetes, natúr téglatermékek előállítását, az országban szinte egyedülálló színben és formaválasztékban.

A klasszikus és a hasított, rusztikus jellegű termékcsaládok tagjai – funkciójuknak megfelelően – kiválóan alkalmasak az egyedi elképzelések megvalósítására, amikor érvényesül a téгла ősi, finom hézagrajzolata, árnyékhatása, az egyes darabok kissé eltérő színének esztétikai játéka.

Az új fejlesztésű téglatermékek előnyei:

- természetes és környezetbarát anyag, környezetkímélő gyártási technológia,
- kreatív és innovatív építészeti megoldások lehetővé tétele,

- kiváló épületbiológiai és épületfizikai tulajdonságok biztosítása,
- időtálló és tartós falazatok, kerítések, fal- és padlóburkolatok készítése,
- változatos forma-, felület- és színválaszték,
- csekély karbantartási igény,
- nagy kopás- és fagyálló képesség, megfelelő felületkezelő anyag alkalmazásával.

Termékválaszték:

- kisméretű tömör díztéglák,
- díszítő, falburkoló lap és szalagtéglák,
- kerítéselem-téglák,
- padlóburkoló téglalapok.

Felhasználási lehetőségek:

Külső tér – tömör díztéglák, kerítéselemek

- falak, homlokzatok, lábazatok, oszlopok, kémények,
- kerítések, kerítéslábazatok, kocsibejárók,
- boltívek, boros- és látványpincék falfelületei.

Belső tér – díszítő, falburkoló lap és szalagtéglák

- falak, kéményoszlopok, folyosók, eladóterek, irodák, üzlethelyiségek, kirakatok, lépcsőfeljárók,
- boltívek, válaszfalak, oszlopok, bárpultok lábazatai, pincehelyiségek, kandallók, csarnokok, várótermek falfelületei.

A termékek kiválóan kombinálhatók fával, üveggel, kővel vagy vakolt felülettel. Megfelelnek a szabvány szerinti minőségi követelményeknek, az önállóan vagy csapatban dolgozó tervezőknek, kivitelezőknek a termékekre vonatkozó gyártói megfelelőségi nyilatkozatok, a felhasználáshoz és forgalmazáshoz szükséges dokumentációk rendelkezésre állnak. A vizsgálatokról készült jegyzőkönyv tartalmazza az építkezés szempontjából lényeges tulajdonságokat (méret, fagyállóság, nyomószilárdság).



*Épület külső díszítése téglával*



*Boltív szegélyezése*



*Egy régies hatású padlóburkolat*

# Üvegszálás hőszigetelő anyagok, tendenciák, kapcsolatok, összefüggések

Szemán József

jszeman@freemail.hu

## Glass fiber insulation, trends, relationships, connections

This report shows the connection of heat conductivity with the typical heat flows and the product parameters of the fiberglass heat

insulation products. It is examined how to increase the quantity of lambda value: cutting density and making thinner fiber diameter. Author researches connections among the fiber diameter and glass oxides and analyses this effects.

## A hővezetés alaptörvénye

Fourier (1822) törvénye szerint egy homogén testben a hőáram a csökkenő hőmérsékletek irányába mutat, arányos a terjedési irányú, hosszegységenkénti hőmérséklet-változással és az erre az irányra merőleges keresztmetszettel:

$$Q = -\lambda \cdot F \cdot dt/dx$$

$Q$  a hőáram, az  $F$  felületen időegységenként átáramlott energia, W;

$\lambda$  a hővezetési tényező, az adott test anyagjellemzője, W/(m · K);

$F$  a hővezető keresztmetszet, m<sup>2</sup>;

$dt/dx$  a hőmérséklet-eloszlás hely szerinti differenciálhányadosa, azaz a hosszegységenkénti hőmérséklet-változás, K/m.

A Fourier-törvényben a hővezetési tényező az anyag fizikai jellemzője, és azt fejezi ki, hogy mekkora a hőáram-sűrűség 1 K/m hosszegységenkénti hőmérséklet-változás esetén, azaz a hővezetési tényező számértéke az adott anyag szerkezetétől és termodinamikai állapotától függ.

1. táblázat

Az építőiparban gyakran használt néhány anyag jellemzője  
Some parameters of often used building material

Anyag	Sűrűség, kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ , W/(m·K)
Acél	7850	58,1
Bazalt	2800	3,5
Vasbeton	2400	1,55
Cementvakolat	1800	0,93
Kisméretű tömör égetett agyagtégla	1700	0,78
Soklyukú égetett agyagtégla	1280	0,5
Faforgácslap	650	0,16
Gázszilikát	550	0,22
Kőzetgyapottermék	150	0,044
Üveggyapot	20	0,032

A hőszigetelő anyagok természetes vagy gyakrabban mesterséges anyagokból gyártott, nagy pórustérfogatú, kis testsűrűségű, üreges vagy szálás szerkezetű termékek, amelyeket szilárd váz és levegővel vagy más gázokkal telített pórusok és kapillárisok rendszere alkot. Hőszigetelő anyagoknak azokat az anyagokat tekintjük, amelyek hővezetési tényezője kisebb 0,15 W/(m · K) értéknél.

Az 1. táblázat az építőiparban gyakran használt néhány anyag jellemzőjét mutatja.

## Fontosabb hőszigetelő anyagok

### Természetes alapanyagú hőszigetelő anyagok

#### Szilikátszálás hőszigetelő anyagok

*Kőzetgyapot.* Főként vulkanikus és üledékes kőzetek (pl. bazalt, diabáz, mészkő) keverékének olvadékból előállított, üveges szerkezetű szálakból, hőre keményedő kötőgyantával előállított termék. Testsűrűsége 40–220 kg/m<sup>3</sup> közötti, hővezetési tényezője 0,032–0,042 W/(m · K).

*Üveggyapot.* Jó minőségű, finomra őrölt üvegnyersanyagok (pl. homok, földpát, szóda, nátrium-szulfát, egyéb adalékok) homogén keverékének olvasztásával és szálazásával előállított, üveges szerkezetű szálakból hőre keményedő műgyantakötéssel gyártott termék. Testsűrűsége 10–110 kg/m<sup>3</sup> közötti, hővezetési tényezője 0,031–0,04 W/(m · K) értékek között van általában.

#### Szemcsés hőszigetelő anyagok (duzzasztott perlit)

A perlit kötött vizet tartalmazó, túlnyomórészt üveges fázisú, savanyú vulkáni kőzet, amely meghatározott hőmérsékleten, gyors hevítés hatására eredeti térfogatának többszörösére duzzad. A duzzadás következtében légzárványokat tartalmazó szemcsék keletkeznek. Halmazsűrűsége 100–200 kg/m<sup>3</sup>, hővezetési tényezője 0,045–0,065 W/(m · K).

## Hőszigetelő habarcsok, vakolatok

A hőszigetelő habarcsok duzzasztott perlitből különböző kötőanyagok (cement, méshidrá, gipsz stb.), valamint habosító és egyéb adalékszerek hozzáadásával előállított száraz keverékek. A felhasználás során víz adagolásával és keveréssel kell homogenizálni. Testsűrűségük kb. 450–550 kg/m<sup>3</sup>, hővezetési tényezőjük 0,1–0,18 W/(m · K).

## Növényi alapanyagokból készített hőszigetelő anyagok

Különböző növényi rostokból, őrleményekből, forgácsokból kötőanyagokkal vagy anélkül, hőkezeléssel és préseléssel előállított termékek.

## Mesterséges alapanyagú hőszigetelő anyagok

### Polisztirolhabok

Az expandált polisztirolhabok (EPS) alapanyaga a kőolajból előállított, hajtógázt és speciális adalékokat tartalmazó „sztirolgyöngy”. A gyöngyöket szakaszos gőzöléssel duzzasztva sablonban tömbökké formázzák, és a kívánt méretre vágják. Az EPS-habok testsűrűsége 10–35 kg/m<sup>3</sup>, hővezetési tényezőjük 0,035–0,045 W/(m · K). Az extrudált polisztirolhabokat (XPS) speciális granulátumból készítik. A gyártás széles résű extruderben történik, a habosító adalék hatására az adott méretnek megfelelően habosodnak. Testsűrűségük 25–45 kg/m<sup>3</sup>, hővezetési tényezőjük 0,028–0,032 W/(m · K).

### Polietilén hőszigetelő anyagok (PE-habok)

Kémiai úton habosítással előállított, zárt sejt szerkezetű lágyhab-termékek. Testsűrűségük 25–180 kg/m<sup>3</sup>, hővezetési tényezőjük 0,037–0,065 W/(m · K).

## Szilikátbázisú szálás szigetelőanyagok

A dolgozatban a szilikátbázisú, szálás szigetelőanyagoknál fellelhető tendenciákkal, kapcsolatokkal, összefüggésekkel foglalkozom.

A hő- és hangszigetelésre használt szálás szigetelőanyagokat a XIX. század végétől állítják elő ipari méretekben. Kezdetben a nagy testsűrűségű, 10–20 µm szálátmérőjű salakgyapotot (angyalhaj) a különböző ipari berendezések, kemencék, kazánok és más hőhasznosítók energiatakarékos működtetése tette szükségessé. Az 1960-as évek közepéig a salakgyapot és a Hager-eljárással gyártott üvegyapot volt a jellemző. A gyártástechnológia fejlődésével a testsűrűség csökkenése és a 3–10 µm szálátmérőjű termékgyártás vált jellemzővé.

### A szálás szigetelőanyagok gyártása

Az olvasztásra kerülő, általában üvegipari nyersanyagok: üvegcserep, mészkő, homok, dolomit, nátrium-karbonát,

földpát, bórax, szulfátok, foszfátok stb. keverékét egy adagoló juttat az üvegelosztó kemencébe. Az olvasztókemence gáz-, olaj- vagy villamos fűtésű. A szálképzést szálázócentrifuga végzi. Az adagolócsatornából kilépő folyékony üveg egy kifolyón keresztül jut a forgó centrifugába. A centrifugális erő hatására a palást felületén lévő több ezer furaton keresztül képződik a néhány mikron átmérőjű üvegszál. A kész üvegszálat ventilátorok segítségével az ülepítőkamrában egy speciális szalagra viszik, közben a szálat hőre keményedő gyanta kötőanyaggal permetezik be, majd a polimerizációs kemencébe továbbítják. A gyanta biztosítja a szálak egymáshoz való tapadását. A polimerizációs kemencében a beporlasztott kötőanyaggal ellátott szálhalmazt a terméktípus szerinti testsűrűségnek megfelelő vastagságúra nyomják össze, és hőkezeléssel a kötőanyagot kikeményítik, majd méretre vágják és csomagolják.

## A szálás szigetelőanyagok fontosabb termékjellemzői

Hővezetési tényező ( $\lambda$ ), W/(m · K). Az anyag hővezető képességét jellemzi 10 °C-on (minél kisebb az érték, annál jobb). Az érték nedvességfelvétel hatására romlik (bővebben: *Wojnárovitsné*: Bazalt és üvegyapot víz és hő hatására lejátszódó korróziójának jellemzői. Bp., Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, 1988).

Testsűrűség ( $r$ ), kg/m<sup>3</sup>. Az anyagok egy m<sup>3</sup>-nyi mennyiségének súlya.

Nedvességfelvétel ( $wn$ ), m%. Az anyagok pórusaiba meghatározott körülmények között felvett nedvességmutató száma a térfogat %-ában (minél kisebb az érték, annál jobb).

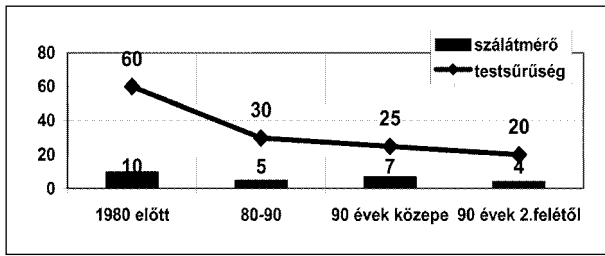
Hőállóság, °C. Azon hőmérsékleti határ, ameddig az anyag eredeti tulajdonságait megtartja (minél nagyobb az érték, annál jobb).

## A szálás szigetelőanyagok fontosabb trendjei

Az utóbbi évtizedek tendenciáit figyelembe véve a jó hőszigetelő kategóriába tartozó 0,05 W/(m · K) alatti hővezető képességű, szilikátbázisú, szálás szigetelőanyagok jellemző trendjei (1. ábra):

1980 előtt:	testsűrűség > 60 kg/m <sup>3</sup> , szálátmérő > 10 µm;
1980-90-es évek:	testsűrűség < 30 kg/m <sup>3</sup> , szálátmérő < 5 µm;
1990-es évek közepe:	testsűrűség > 25 kg/m <sup>3</sup> , szálátmérő > 7 µm;
1990-es évek II. felétől:	testsűrűség < 20 kg/m <sup>3</sup> , szálátmérő << 5 µm.

A tendenciákból egyértelműen kiolvasható a gyártási testsűrűség csökkenése és a szálátmérő vékonyodása. Ez a gyártástechnológiák fejlődésével, illetve az alapanyag- és energiaárak emelkedéséből következő anyagtakarékosabb technikák térhódításával magyarázható. Szembetűnő azonban a 90-es évek közepét jellemző, a korábbinál vastagabb szálátmérő alkalmazása. Ehhez az időszakhoz kapcsolódik



1. ábra. Trendek a szálás hőszigetelő anyagoknál  
Trends of the heat insulation material

a szálás hőszigetelő anyagok gyártása, feldolgozása során a szervezetbe jutó szilikátszálak tumoros hatásának intenzív vizsgálata a német TRGS 905, 1994 alapján.

Erre a veszélyre a gyártók a szálak oxidos összetételének olyan változtatását végezték el, hogy azok a testnedvekben tumor okozása nélkül mielőbb lebomolhassanak, feloldódhassanak. Jellemző volt ekkor a csomagoláson is feltüntetett + KI 40 felirat.

A KI (calcinogen index) értékét az oxidos összetétel alapján (alkotó oxidok tömegszázalékban) a következőképpen kapjuk meg:

$$KI = Na_2O + K_2O + CaO + MgO + BaO + B_2O_3 - 2 \cdot Al_2O_3, m\%$$

Különböző irodalmi források arra utaltak, hogy  $KI > 40$  érték esetén nincs statisztikailag bizonyított rákkeltő hatása a szálaknak (Environmental Health Perspectives 105, Supplement 5, September 1997).

A sok, esetenként egymásnak ellentmondó változás tisztázására elemeztem a szálás szigetelőanyagok hőszigetelő képességét befolyásoló jellemzőket, azok egymásra hatását és a köztük fellelhető kapcsolatokat. A munkámhoz az elmúlt 2 évtized hazai piacán megjelent szigetelőanyaggyártók beszerezhető termékeit használtam fel. Meghatároztuk a termékek hővezető képességét, testsűrűségét, az elemi szálak átmérőit, a szálakból beolvasztott üveg oxidos összetételét és a viszkozitását.

## A szálás hőszigetelő anyagok hővezetésének modellezése

A szálás hőszigetelő anyagok különböző testsűrűségű elemi szilikátszálak olyan halmazai, amelyekben a szálak viszonylag rendezetlenül helyezkednek el, és az állagtartásukat a különböző, de általában műgyantaalapú kötőanyag biztosítja.

### Lehetséges hőáramok a szigetelőanyagban

Vezetés:

- vezetés az elemi szálakban, üvegben ( $Q_{vs}$ );
- vezetés a szálak közötti légtérben, levegőben ( $Q_{vl}$ ).

A hő az anyagban részecskéről részecskére terjed, a melegebb részekről a hidegebbek felé.

**Áramlás.** A hőáramlás (konvekció) során a hőt a mozgó térfogatelemek (levegő, gázok, folyadékok) közvetítik. Esetünkben a hőmérséklet-különbség hatására létrejövő „kéményhatás” okozza az áramlásos hőáramot ( $Q_k$ ).

**Sugárzás.** Hősugárzás esetén a hő elektromágneses hullámok alakjában terjed, és a melegebb testről a sugarakat el nem nyelő közegeken keresztül jut a hidegebb testre. A szilárd anyagrészeket elválasztó levegő eközben rendszerint nem melegszik fel, tehát nincs közvetítő közeg.

Hősugárzással terjednek a napsugarak és részben a fűtőtestek hője. A felületek hőmérsékletüktől és minőségüktől függően állandóan sugároznak ki és nyelnek el hősugarakat, a fényes, csiszolt felületek hőelnyelő képessége kicsi.

Az összes hőáram tehát:

$$Q_{\sigma} = Q_{vs} + Q_{vl} + Q_k + Q_r$$

alakban írható fel.

Várható kapcsolatok a termékjellemzőkkel:

- az elemi szálakban létrejövő hővezetés  $Q_{vs}$  arányos a szálak tömegével, azaz a testsűrűséggel;
- a szálak közötti térben nyugvó levegő hővezetése  $Q_{vl}$  várhatóan konstans  $0,024 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  nagyságú;
- a szálak közötti térben elmozdulásra képes levegő hővezetése  $Q_k$  arányos a levegő mennyiségével, azaz fordítottan arányos a testsűrűséggel;
- a sugárzás okozta hővezetést  $Q_r$  a tükröként viselkedő szálfelület megakadályozza, tehát várhatóan az összes szálfelülettel fordítottan arányos.

A hővezetést leíró függvényt célszerűen a következő alakban kell keresni:

$$\lambda = K + A \cdot \text{sűrűség} + B \cdot 1/\text{sűrűség} + C \cdot 1/\text{össz-szálfelület}$$

Az összes szálfelület meghatározása, ahol:

$s$  = testsűrűség,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,

$d$  = szálátmérő,  $\mu\text{m}$ ,

$h$  = az  $1 \text{ m}^3$  szigetelőanyagban levő szál hossza,  $\text{m}$ ,

$V$  = az  $1 \text{ m}^3$  szigetelőanyagban levő szál térfogata,  $\text{m}^3$ ,

$F$  = az  $1 \text{ m}^3$  szigetelőanyagban levő szál felülete,  $\text{m}^2$ ,

$\rho$  = a szálanyag (üveg) fajsúlya,  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

Így:

$$F = h \cdot d \cdot \pi$$

$$h = V/(d^2 \cdot \pi/4)$$

$$V = s/\rho \text{ és } V = h \cdot d^2 \cdot \pi/4$$

Ezek visszahelyettesítésével:

$$F \Rightarrow s/d, \text{ illetve } 1/F \Rightarrow d/s$$

A levezetett megfontolások alapján kiválasztott változók hatáserősségét korrelációs analízis felhasználásával

is minősítettük. A feldolgozáshoz 646 db összetartozó, 40 kg/m<sup>3</sup> alatti testsűrűségű mérést dolgoztunk fel az EXCEL programcsomaggal és a 0,7-nél nagyobb korrelációs együttható négyzetértéket tekintettük szignifikánsnak. A kapott eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

**Hőáramok szignifikanciája**  
Significant level of heat flow

Hőáram fajtája	Változó	r <sup>2</sup>	Megjegyzés
Konvekció	1/sűrűség	0,944	szignifikáns
Vezetés	sűrűség	0,757	szignifikáns
Sugárzás	d/sűrűség	0,761	szignifikáns
Nem magyarázott	?	0,077	nem szignifikáns

A kapcsolatok erőssége alapján megállapítható, hogy a feltételezett változók mind erősen meghatározók, szignifikánsak.

A leíró egyenlet meghatározásához több gyártó termékeinek mért értékeit használtuk fel. Így az összefüggés általános tendenciákat tartalmaz, és nem alkalmas egy konkrét termék elbírálásához, mivel a gyártók más-más olvasztási, százképzési és egyéb gyártási technológiákat alkalmaznak.

**A leíró összefüggés**

$\lambda, \text{ mW}/(\text{m} \cdot \text{K}) = 24,0135 + 0,031822 \cdot \text{sűrűség} + 5,41626 \cdot 1/\text{sűrűség} + 32,44095 \cdot d/\text{sűrűség}$   
a közelítés erőssége, r<sup>2</sup> = 0,90184, azaz határozottan jó a függvénykapcsolat, a közelítés hibája 1,8 mW/(m · K).

A szálak között nyugvó levegő hővezetése a várt 24 mW/(m · K) értékhez közeli 24,0135 mW/(m · K) lett.

Kiolvasható kapcsolatok:

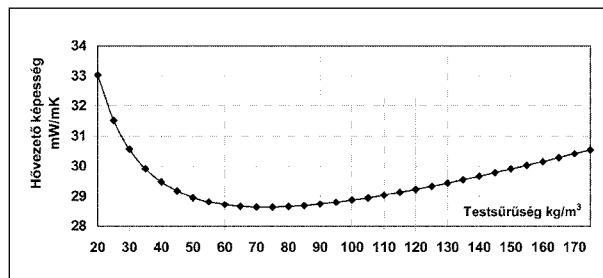
- a konvenció hőáramot okozó rész, a szálak között elmozdulni képes levegő az alacsony testsűrűség tartományában jelentős;
- a szálakban létrejövő vezetés a magasabb testsűrűségnél lesz meghatározó;
- a sugárzásos hővezetés a kisebb testsűrűségnél és a magasabb szálátmérőnél eredményez nagyobb értéket.

A testsűrűség és a szálátmérő együttes hatását jól mutatja a leíró függvény további vizsgálata. A görbe általános alakja: meredeken csökken, minimummal rendelkezik, és kevésbé meredeken emelkedik a hővezető képesség a testsűrűség függvényében (2. ábra).

A számított minimumpont helyét a szálátmérő erősen befolyásolja, ezt a 3. táblázat és 3. ábra mutatja:

A minimumpontok széles tartománya is azt sugallja, hogy a testsűrűség jelentősen csökkenthető kisebb szálátmérő alkalmazásakor, ami összhangban van a korábban bemutatott trend tendenciájával.

Nagyon tanulságos a következő összehasonlítás, ahol azt vizsgáltam, hogy 5, illetve 6 µm szálátmérővel

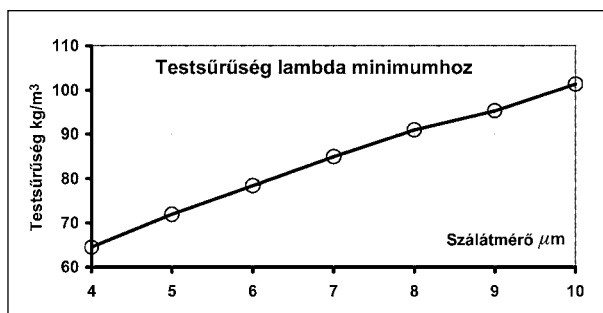


2. ábra. A hővezető képesség és testsűrűség függése 5 µm szálátmérőnél  
Dependent of heat conductivity by the density at 5 µm fiber diameter

3. táblázat

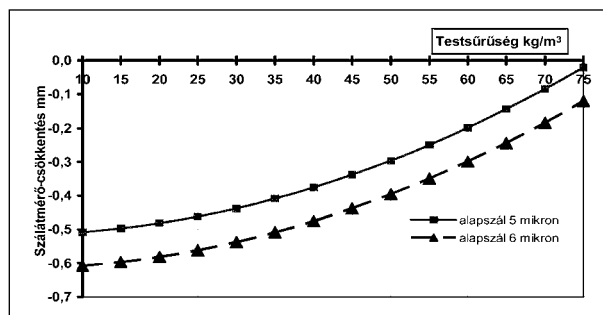
**A hővezetőképesség-minimum és szálátmérő függése**  
Dependent of heat conductivity by the fiber diameter

Szálátmérő, µm	Testsűrűség, kg/m <sup>3</sup> λ minimumhoz
4	65
5	72
6	78
7	85
8	91
9	95
10	101



3. ábra. A hővezetőképesség-minimum és szálátmérő függése  
Dependent of heat conductivity by the fiber diameter

meghatározott hővezető képesség elérhető-e úgy, hogy a testsűrűséget 10%-kal csökkentjük, és a szálátmérőt a szükséges mértékben alacsonyabb értékre állítjuk be (4. ábra).



4. ábra. Azonos hővezető képességhez szükséges szálátmérő-csökkentés 10% testsűrűség-redukciónál  
Fiber diameter reduction to get same heat conductivity using 10% density cut

A két görbe párhuzamos lefutású, és az alacsonyabb testsűrűségeknél csak nagyobb mértékű szálátmérő-csökkenéssel érhető el a kiindulási hővezető képesség.

A korábban bemutatott tendenciák alapján felmerül a kérdés, hogy a 90-es évek közepén gyártott magasabb szálátmérő és a KI 40 elv alapján változtatott oxidos üvegösszetétel mennyire van kapcsolatban egymással?

## A fellelhető tendenciák, összefüggések meghatározása

A nem homogén, több gyártótól származó minták mérési eredményei alapján a különböző üvegalkotó oxidok (m%) függvényében ábrázoltam a szálátmérőt, és a kapott diagramokat elemeztem.

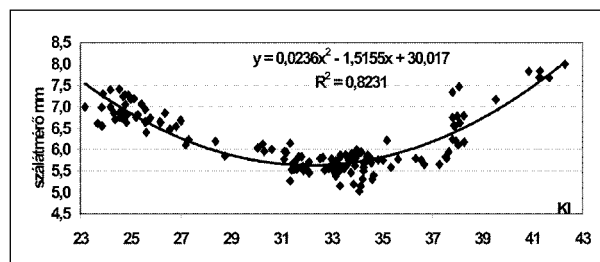
Első közelítésben közel véletlenszerű ábrákat kaptam, és ezekből tendenciát alig lehetett kiolvasni. A trendelemzés egyik elfogadott és gyakran alkalmazott módszere a mozgó átlagok alkalmazása a fő irányzatok meghatározására, az ingadozások lefedésére. Bár a mozgó átlagok módszerét az időbeni trendek kiszűréséhez használják, a vizsgálataim alapján megállapítható, hogy a nem időfüggő adatok elemzésénél is jól kiszűrhető tendenciák állapíthatók meg vele. A munkám során  $n = 3 \dots 50$  elemű mozgó átlagokat számoltam és ábrázoltam. A feldolgozások közül az  $n = 17$  elemű mozgó átlagok mutatták a legjobb kapcsolatot az oxidos összetételek és a szálátmérő között, ezért ezeket ismertetem.

A 4. táblázat a vizsgált szálak oxidos összetételét mutatja tömegszázalékban.

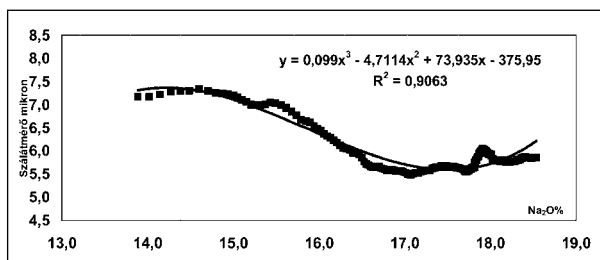
A KI érték és a szálátmérő kapcsolata (5. ábra). A KI érték a  $\text{SiO}_2$  kivételével minden alkotó oxidot tartalmaz, így nem feltűnő a pontok jól követhető tendenciája. Alacsony és magas KI értéknél nagyobb szálátmérőértékek találhatók, és  $\text{KI} = 31\text{--}33$  tartományban minimuma van a görbének. A pontokat másodfokú polinommal közelítettem, és ez erős tendenciát mutat  $r^2 = 0,8231$  értékkel.

Jogosan vetődik fel a következő kérdés: az alkotó oxidok közül melyik, milyen mértékben és milyen irányban befolyásolja a szálátmérőt? Mivel egyedi minták mérésein alapulnak a megfigyelések, ezért csak az adott komponens hatása vizsgálható, a többi alkotó nagyságára nem tudunk következtetni.

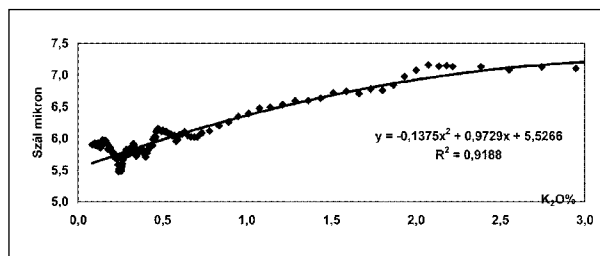
A  $\text{Na}_2\text{O}$  és a szálátmérő kapcsolata (6. ábra). A  $\text{Na}_2\text{O}$  a vizsgált tartományban eleinte magas, majd folyamatosan csökkenő, majd állandósuló alacsony szálátmérőt ered-



5. ábra. A KI érték és a szálátmérő kapcsolata  
Fiber diameter versus KI value



6. ábra.  $\text{Na}_2\text{O}$  és a szálátmérő kapcsolata  
Fiber diameter versus  $\text{Na}_2\text{O}$  value



7. ábra.  $\text{K}_2\text{O}$  és a szálátmérő kapcsolata  
 $\text{K}_2\text{O}$  value fiber diameter

ményez. A vizsgált pontok harmadfokú polinommal jól közelíthetők,  $r^2 = 0,9063$  értékkel.

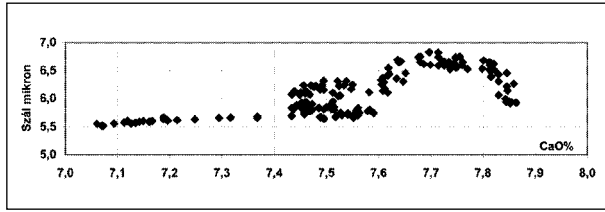
A  $\text{K}_2\text{O}$  és a szálátmérő kapcsolata (7. ábra). A  $\text{K}_2\text{O}$  a vizsgált tartományban folyamatosan emelkedő, majd állandó magas szálátmérőt eredményez. A vizsgált pontok másodfokú polinommal jól közelíthetők,  $r^2 = 0,9188$  értékkel.

A  $\text{CaO}$  és a szálátmérő kapcsolata (8. ábra). A  $\text{CaO}$  és a szálátmérő között a korábbiakhoz képest kevesebb tendencia fedezhető fel. A 7,0–7,4%  $\text{CaO}$  tartományban kissé emelkedő, majd a 7,4%  $\text{CaO}$  fölötti részben már kevés trend olvasható le, csupán a magasabb és inhomogénebb szálméret állapítható meg.

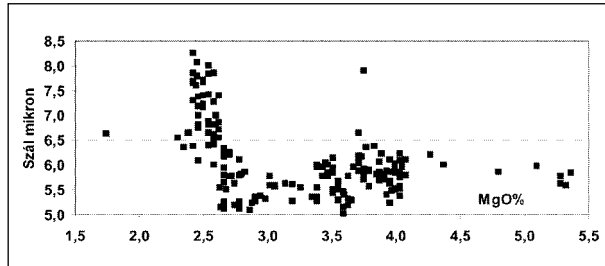
4. táblázat

### Oxidok összetétel Oxide composition

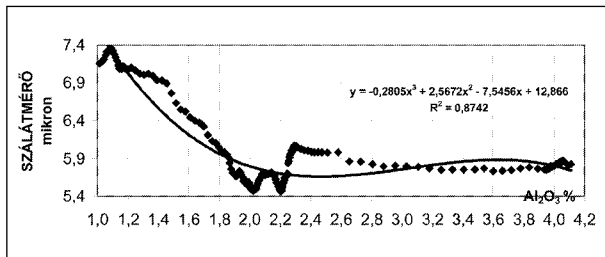
Oxid	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{B}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	KI
Átlag	16,96	0,79	7,55	3,31	2,33	8,22	60,72	0,064	32,18
Minimum	11,68	0,02	5,99	1,74	0,77	4,61	52,98	0,024	23,19
Maximum	19,67	7,55	8,66	5,36	4,34	14,32	65,57	0,28	43,28



8. ábra. CaO és a szálátmérő kapcsolata  
CaO value fiber diameter



9. ábra. MgO és a szálátmérő kapcsolata  
MgO value fiber diameter



10. ábra. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és a szálátmérő kapcsolata  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> value fiber diameter

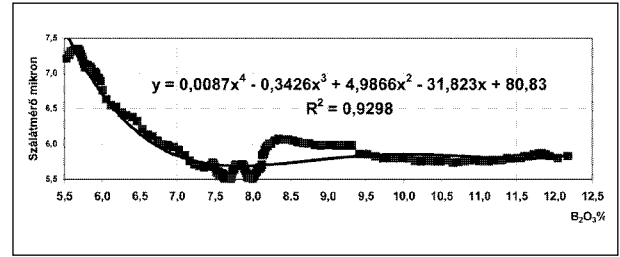
A MgO és a szálátmérő kapcsolata (9. ábra). A MgO és a szálátmérő között a CaO-hoz hasonlóan kevesebb tendencia fedezhető fel. A 3% alatti MgO tartományban kiugróan széles a szálátmérő szóródása, és 4% felett már jóval egyenletesebb képet mutat.

Az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és a szálátmérő kapcsolata (10. ábra). Az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> erősen befolyásolja a szálátmérőt. 2% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalomig drasztikusan csökkenti, majd kisebb ingadozásokkal stabilizálódik a hatása.

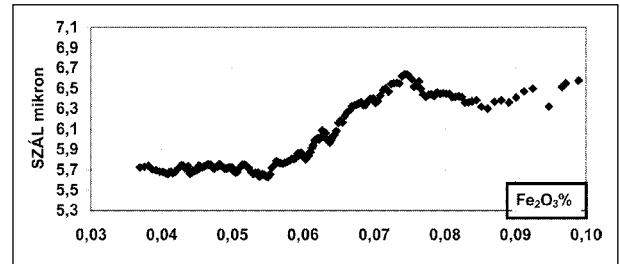
A B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és a szálátmérő kapcsolata (11. ábra). A B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8% alatt csökkenti, majd stabilizálja a szálátmérő vastagságát. Hatása harmadfokú polinommal közelíthető, és a közelítés  $r^2 = 0,9298$  értékkel erős kapcsolatot mutat.

A Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és a szálátmérő kapcsolata (12. ábra). A Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is az erősen befolyásoló alkotók közé tartozik. 0,06% alatt stabilan alacsony szálátmérőt eredményez. A vastartalom emelkedésével gyors mértékben vastagodik a szál, és kisebb-nagyobb ingadozásokkal magasabb értéken állandósul. Az alacsony szálátmérőhöz 0,05% alatti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> érték a célra vezető.

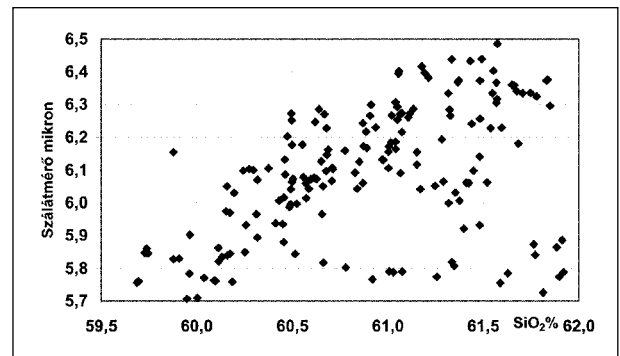
A SiO<sub>2</sub> és a szálátmérő kapcsolata (13. ábra). A SiO<sub>2</sub> és a szálátmérő között alig fedezhető fel tendencia. Az



11. ábra. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és a szálátmérő kapcsolata  
B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> value fiber diameter



12. ábra. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és a szálátmérő kapcsolata  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> value fiber diameter



13. ábra. SiO<sub>2</sub> és a szálátmérő kapcsolata  
SiO<sub>2</sub> value fiber diameter

alacsonyabb SiO<sub>2</sub> értékhez kisebb szálátmérő tartozik, majd az emelkedésével a szálátmérő-tartomány egyre szélesebb lesz.

## A viszkozitás szerepe

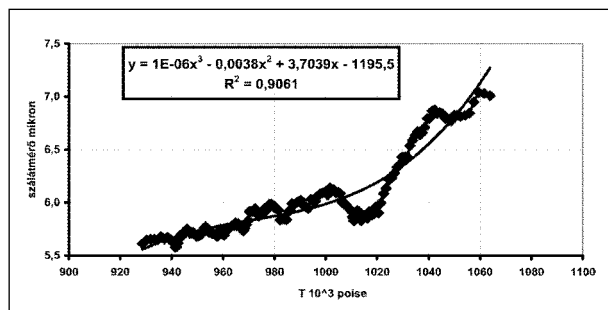
A viszkozitás a folyadék rétegek, esetünkben az üvegolvadék elmozdulásakor fellépő súrlódási erő. Egysége a Pa · s (pascal · másodperc), illetve a poise (1 poise = 0,1 Pa · s). Az üveg viszkozitása a hőmérséklet emelkedésekor csökken, ellenkező esetben növekszik.

Az irodalmi források, az elvégzett mérések és a gyakorlati tapasztalat is azt mutatja, hogy az üvegek oxidos összetételének változtatása erősen befolyásolja az üvegolvadék viszkozitását.

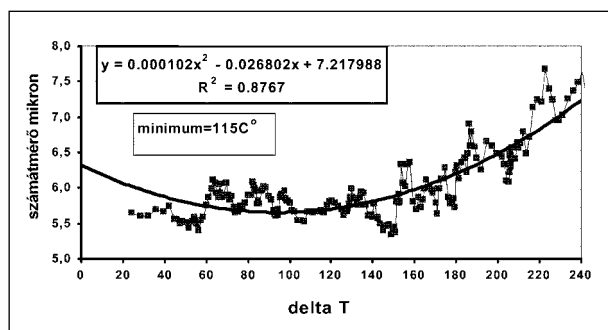
A különböző irodalmi források az üveg oxidos összetétele alapján egymástól eltérő összefüggéseket ajánlanak

A viszkozitást leíró összefüggés állandói  
Constants of viscosity equation

B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	a	b	k
-0,060	0,296	0,001	-0,224	-0,048	-0,431	0,123	-2,490	24567	0,009	-25,551



14. ábra. A szálátmérő és 10<sup>3</sup> poise kapcsolata  
10<sup>3</sup> poise value fiber diameter



15. ábra. A szálátmérő és a  $\Delta T$  kapcsolata  
 $\Delta T$  value fiber diameter

a viszkozitás számítására, attól függően, hogy milyen oxidokat és milyen intervallumot dolgoztak fel. Általában a  $\eta_i = \sum C_i \cdot m_i + k$  alakú összefüggéseket ajánlják, ahol  $C_i$  az adott  $i$ -ik komponens együtthatója, az  $m_i$ -t, az adott oxidot általában tömegszázalékban adják meg.

A feldolgozott viszkozitásméréseket – ismételtlen megjegyzendő, hogy nem homogén adathalmazról van szó (lásd 4. táblázat) –  $\sum C_i \cdot m_i + a/T + b \cdot T + k$  alakú polinommal közelítettük. A közelítés ereje:  $r^2 = 0,857$ , azaz a széles alkotó oxidintervallum és a nem homogén adatok miatt csak tendenciák bemutatására alkalmas az összefüggés (5. táblázat).

A viszkozitást csökkentő oxidok a hatáserősség szerint: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > CaO > MgO > Na<sub>2</sub>O > B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A viszkozitást növelő oxidok a hatáserősség szerint: MgO > SiO<sub>2</sub> > Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Ebből adódik, hogy a különböző üvegviszkozitás más-más szálátmérőt eredményez. Az üvegszál gyártásakor a szárazotárcaába jutó üveg kifolyik a palást több ezer furatán, és a centrifugális erő hatására megnyúlik. Az üveg a kidolgozási hőmérséklet-tartományban jól alakítható. A

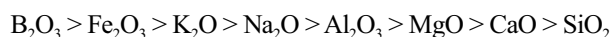
gyártás a 10<sup>3</sup> poise és az üveghossz  $\Delta T$  hőmérsékleteivel (10<sup>4</sup> és 10<sup>7,65</sup> poise hőmérsékletei közötti különbség) jellemezhető. A 10<sup>3</sup> poise és az üveghossz  $\Delta T$  hőmérsékleteket az ÉPÍTŐANYAG 2006/1. számában közölt módszeremmel határoztam meg.

A szálátmérő és 10<sup>3</sup> poise hőmérséklet kapcsolata (14. ábra). Az 1000 poise hőmérséklet és a szálátmérő között közel függvényszerű összefüggés van. A hőmérséklet növekedésével a szálátmérő eleinte kevéssé, majd egy helyi minimum után meredeken emelkedik. A tendencia könnyen megérthető, hiszen a viszonylag alacsonyabb hőmérsékleten is alakítható üvegszál hosszú ideig képes megnyúlni, így vékonyabbá válni.

A szálátmérő és a  $\Delta T$  kapcsolata (15. ábra). Az üveghossz azt fejezi ki, hogy milyen hőmérséklet-tartományban alakítható az üveg. Az üveghossz egy minimum függvény szerint befolyásolja a szálátmérőt.

## Következtetések

Összességében megállapítható, hogy a hőszigetelő, szálás szigetelőanyagok hővezető képességét a testsűrűség mellett a szálméret is befolyásolja. A szálátmérő csökkentésével a testsűrűség jelentősen csökkenthető. Az egyes üvegalkotók különböző mértékben hatnak az üveg viszkozítására, így a kialakuló szálvastagságra. Ezek hatáscsökkenő sorrendje a következő:



Megjegyzendő, hogy a B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a szálméretcsökkentő hatások sorrendjében a viszkozitást változtató sorrenddel ellentétben itt az első helyen szerepel. Ez jól egybevág a B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> viszkozitást változtató tulajdonságával, hogy magas hőmérsékleten jelentősen csökkenti, illetve az alacsony hőmérsékleten cca. 15%-ig növeli, ettől nagyobb részarányánál viszont csökkenti az üveg viszkozítását.

Az 1000 poise hőmérsékletét minél alacsonyabb, az üveghosszt,  $\Delta T$ -t pedig az adott üvegolvasztási, szárazási technikától függő minimumértékre célszerű beállítani az alacsony szálátmérő, a jó hőszigetelő termék érdekében.

A téma fontosságát jelzi, hogy az interneten található, ezzel kapcsolatos, szabadalmilag levédett üvegösszetételek, módszerek száma többezres nagyságrendű.

**HIRDESSZEN AZ ÉPÍTŐANYAG FOLYÓIRATBAN!**

# ÉPÍTŐANYAG-IPAR

## Vasúti ágyazati kőanyagok minősítő mikro-Deval-vizsgálatának vizsgálattechnikai értékelése

Árpás Endre – Emszt Gyula – Gálos Miklós – Kárpáti László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke

arpase@freemail.hu – gyemszt@freemail.hu – mgalos@freemail.hu – klac@irj.hu

### *Valuation of the applied micro-Deval test of aggregates for railway ballast*

*The MSZ EN 13450:2002 European Standard „Aggregates for railway ballast” initiated a new type proceeding to the judgement of resistance to wear at natural stones. With this micro-Deval test is possible to classify the resistance to wear category of aggregates. This examination is the part of the rotating test methods – Los Angeles-, Deval*

*tests – with them it is possible to qualify the breaking of aggregates.*

*Early in Hungary the laboratory of the BME Institut of Building Materials and Engineering Geology purchased an apparatus to micro-Deval test of aggregates for railway ballast.*

*This paper demonstrates the conditions to be applied to the test procedure specified for determination of the resistance to wear of railway ballast, and numerical results about micro-Deval coefficient of several andesites and basalts of Hungary.*

### Bevezetés

Az európai harmonizált szabályozási rendszerben az építési kőanyagokra vonatkozó termékszabványok már egy-egy termékcsoporthoz vonatkozóan célszabványként jelennek meg. Ilyen az MSZ EN 13450:2002 számú, „Kőanyagok a vasúti ágyazathoz” (Aggregates for railway ballast) című szabvány is, amelyet a Magyar Szabványügyi Testület jóváhagyó közleménnyel 2003-ban tett közzé. A MÁV belső használatra magyar nyelvű fordítást készített, melyet a minősítési gyakorlatban azóta is ebben a formában használunk.

Az ágyazat a pályaszerkezet egyik legfontosabb része, összekapcsolja a vágányt az alépítménnyel, másrészt el is választja attól (1. ábra). A vágány stabilitását az ágyazat biztosítja. A vasúti vágányt alátámasztó ágyazat feladata:

- a vágány szilárd, egyben rugalmas alátámasztása,
- az aljáról átadódó terhelés csökkentett, kedvező elosztása a földmű felületén,
- a csapadékvizek jó elvezetése,
- megfelelő hossz- és keresztirányú ágyazati ellenállás a vágánymozgásokkal szemben.

A zúzottkő ágyazat anyaga leggyakrabban kiömlési magmás kőzet, andezit, bazalt, de üledékes kőzetek közül a tömött mészkő és a dolomit is gyakran előfordul. Magyarország rendelkezik megfelelő mennyiségű és minőségű kőanyaggal, ezért ideiglenes és alárendelt esetektől elte-

kintve vasútvonalainkon az ágyazat zúzottkőből épül. Jó minőségű az a zúzottkő, amely két szerkezeti határ között egyenletes megoszlású, az egyes szemek alakja zömök, kubikus, az élek épek és élesek. Palás szerkezetű, mállott és nem fagyálló kőzet ágyazati anyagnak nem alkalmas. A jó ágyazati anyag szemcsés szerkezetű, kohézió nélküli, nagy szilárdságú, fagyálló kőzet. Az ágyazatot érő dinamikus hatások felvételére szolgáló ágyazati ellenállás mértéke az anyag belső súrlódásával, a szemcsék szilárdságával és a szemszerkezet kedvező megválasztásával nő.



1. ábra. Vasúti pálya zúzottkő ágyazata  
Aggregates in the construction of railway track

A vasúti pályába épített ágyazati kőanyag megfelelő szemszerkezeti, valamint közetfizikai tulajdonságai biztosítják az ágyazat rendeltetészerű használatát. Az ágyazat romlása során az ütésszerű erők hatására a közet szemcsék szilánkosodhatnak, roncsolódnak. Ennek következtében a finom szemcsék aránya megnövekedik, az ágyazati tömörség értéke csökken, a pályaszerkezet meggyengül. Ilyen esetekben szükséges az ágyazat tisztítása, cseréje, hogy a közlekedés biztonsága megfelelő maradjon.

A zúzott kőanyag tulajdonságait a vonatkozó előírások és szabványok minősítő követelményei szerint kell megadni. A megkívánt tulajdonságok

- szemszerkezeti,
- szemalak-,
- szilárdsági és
- időállósági

tulajdonságcsoporthoz sorolhatók. Ezek közül a szilárdsági és időállósági tulajdonságokat gyűjtő néven közetfizikai tulajdonságként emlegetjük. A tulajdonságjellemzők meghatározására a gyakorlatban különböző vizsgálati módszerek születtek.

A közetfizikai tulajdonságok meghatározására a korábbi, építési kőanyagokra vonatkozó hazai szabályozás és az új, európai szabványrendszer is a

- Los Angeles aprózódási vizsgálatot (MSZ 18287-1: 1991, MSZ EN 1097-2: 2000),
- Deval aprózódási vizsgálatot (MSZ 18287/2-83), az európai szabványok között már nem szerepel,
- mikro-Deval aprózódási vizsgálatot (MSZ 18287/6-84, MSZ EN 1097-1: 1998)

használja.

Ezek a forgódobos zúzottkővizsgálatok az útpályába, illetve vasúti ágyazatba beépített kőanyagok a járműforgalom által létrehozott dinamikus igénybevételének meghatározására szolgálnak. A laboratóriumi közetfizikai vizsgálatok során a kőanyagot forgódobba helyezük, ahol a szemek forgó mozgás közbeni súrlódása és egymáshoz, illetve a dobok falához ütdése következtében aprózódnak. A Los Angeles-, valamint a mikro-Deval-vizsgálatok során még koptatótöltet-acélgolyók is fokozzák a kőzetminta kopását. A vizsgálatok mértékadó eredménye a kőanyag-halmazok szemlein bekövetkezett aprózódás-kopás tömegvesztéséből számítható ki. Ezeknél a vizsgálatoknál a tömegvesztést az 1,6 mm-es vizsgálószitán átesett halmazrész tömegével mérjük.

## Vasúti mikro-Deval-vizsgálat a kőanyag-halmazok minősítő vizsgálatainak rendjében

Az MSZ EN 13450:2002 számú szabvány a vasúti ágyazati kőanyagok közetfizikai minősítésénél az aprózódással szembeni ellenállás megítélésére a Los Angeles-vizsgálatot, a használati ellenállás megítélésére a vasúti mikro-Deval-vizsgálatot írja elő.

A Los Angeles-vizsgálatra vonatkozó előírások ebben a termékszabványban megfelelnek az MSZ EN 1097-2:2000 számú, „*Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása*” című vizsgálati szabványban foglaltaknak. A mikro-Deval-vizsgálatra viszont a termékszabvány meghivatkozta az MSZ EN 1097-1:1998 számú, „*Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopás-állóság meghatározása (mikro-Deval)*” című vizsgálati szabványt úgy, hogy minden vonatkozásban mást ír elő. Ilyen formában ez a vasúti mikro-Deval-vizsgálat csak kismértékben hasonlít a mikro-Deval-vizsgálatra. Sokkal több hasonlóságot mutat a Deval-vizsgálattal.

A vasúti mikro-Deval-vizsgálathoz új vizsgálódob szükséges, és elmarad a koptató golyótöltet. A vizsgálatot nem a kőzetet minősítő 10/14 mm szemmagysághatárú vizsgálati mintán, hanem a tényleges, vasúti ágyazati, zúzott kőagyon mint terméken kell elvégezni. Az aprózódás mértéke a mikro-Deval-együttható, pontosítva: *vasúti mikro-Deval-együttható* ( $M_{DERB}$ ).

## A vasúti mikro-Deval-berendezés és a vizsgálat

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriuma 2005-ben, hazánkban elsőként, beszerezte a CONTROLS cég által gyártott 48-D0524 jelű mikro-Deval-vizsgálóberendezést (2. ábra).

A mikro-Deval-berendezés műszaki adatai:

- a vizsgálódob mérete: 400 × 154 mm-es acélhenger,
- fordulatszám: 100 ± 5 ford./perc,
- motorteljesítmény: 1 kW, egyfázisú,
- a berendezés befoglaló méretei: 970 × 450 × 1130 mm.



2. ábra. A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumának vasúti mikro-Deval-vizsgálóberendezése  
*Micro-Deval apparatus to test of resistance to wear*

**Mikro-Deval-értékek kategóriái a vasúti ágyazati anyagok minősítésénél**  
**Categories for maximum values of resistance to wear (micro-Deval)**

Mikro-Deval-együttható	Kategória $M_{DE}RB$
$\leq 5$	$M_{DE}RB$ 5
$\leq 7$	$M_{DE}RB$ 7
$\leq 11$	$M_{DE}RB$ 11
$\leq 15$	$M_{DE}RB$ 15
$> 15$	$M_{DE}RB$ kiváltható
nem megfelelő	$M_{DE}RB$ NR

Ezzel a berendezéssel lehetőség nyílik a hivatkozott MSZ EN 1097-1:1998 előírásainak szellemében az MSZ EN 13450:2002 szerinti vasúti ágyazati kőanyagok vizsgálatára.

A vasúti mikro-Deval-vizsgálat forgódobban koptató-töltet nélkül, dinamikus munkával aprózza a kőzetanyagot, és az aprózódás mértékét használja a halmaz szilárdsági, használati ellenállási tulajdonságainak minősítésére. A mintát kiszárított kőanyaghalmozson, víz hozzáadásával kell vizsgálni.

A  $10\,000 \pm 100$  g tömegű vizsgálati próbahalmazhoz  $2,0 \pm 0,05$  liter vizet kell tölteni, majd a dobót  $14\,000 \pm 10$  fordulattal kell megforgatni. A vizsgálat eredménye a mikro-Deval-aprózódás ( $M_{DE}$ ), amely az 1,6 mm alá aprózódott szemek tömegének és a próbahalmaz kezdeti tömegének a hányadosa tömegszázalékban.

A laboratóriumi vizsgálatra kerülő minták tömege legalább 25 kg és olyan, hogy az 50 mm-es szitán minden szem átesik, és a 31,5 mm-es szitán minden szem fennmarad. A vizsgálati mintát két egyenlő arányú részmintából kell összeállítani:

- 31,5 – 40,0 mm,
- 40 – 50 mm.

A részhalmazokat külön-külön kezelve kell kimosni, és szárítószekrényben  $110 \pm 5$  °C hőmérsékleten tömegállandóságig kiszárítani. A szárítás után a részhalmazokat szoba-hőmérsékletűre kell hűteni, és a vizsgálati részmintákat össze kell keverni.

A vizsgálat során az egyedi mintát a vizsgálódobba helyezve és  $2,0 \pm 0,05$  liter vizet hozzátöltve kell lezárás után  $14\,000 \pm 10$ -szer megforgatni  $100 \pm 5$  min<sup>-1</sup> sebességgel.

A vizsgálat után a kőanyaghalmozatot 1,6 mm-es vizsgálószitára öntjük, és tiszta vizsugárral átmoszuk, majd a fennmaradt anyagot szárítószekrényben  $110 \pm 10$  °C-on szárítjuk, és a tömegét kihülés után meghatározzuk (m).

A mikro-Deval-aprózódást minden egyedi vizsgálati mintára 0,1-esre kerekítve a következő képlettel kell számítani:

$$M_{DE}RB = \frac{10000 - m}{100}$$

ahol  $M_{DE}RB$  a mikro-Deval-aprózódás, m%;

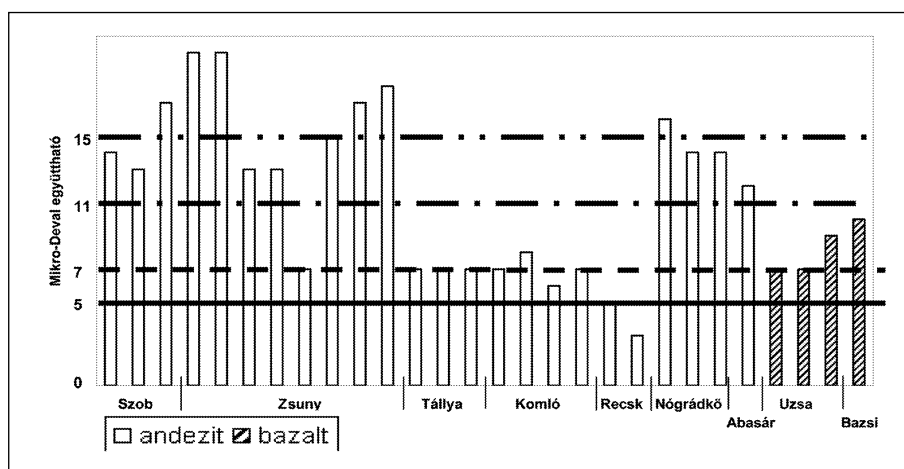
$m$  az 1,6 mm-es szitán fennmaradt anyag tömege, g.

Két egyedi vizsgálati mintára kapott értéket használva számítjuk ki a mikro-Deval-aprózódás középértékét. Ennek a legközelebbi egész számra kerekített értéke a laboratóriumnak átadott minta mikro-Deval-együtthatója.

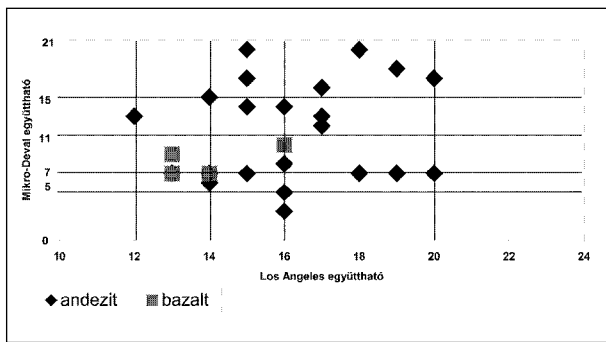
A vizsgálati eredmények alapján a szabvány a mikro-Deval-együttható értéke szerint kategóriákat határoz meg (1. táblázat). Ezek a kategóriák egyben minősítő határértékként kezelhetők.

### Vizsgálati eredmények értékelése

A 3. ábrán néhány hazai kőzet vasúti mikro-Deval-vizsgálatának eredményeit tüntettük fel úgy, hogy az ábrán az 1. táblázat szerinti kategóriahatárokat is szerepeltettük. A vizsgálati eredmények jól mutatják, hogy az ágyazati zúzott kőanyag mikro-Deval-együtthatója még egy-egy kőbányán belül is mennyire érzékenyen mutatja a kőzetanyag használati ellenállásában mutatkozó különbségeket.



3. ábra. Néhány hazai kőanyag mikro-Deval-vizsgálatának eredménye  
 Examples of micro-Deval coefficient by stons in Hungary



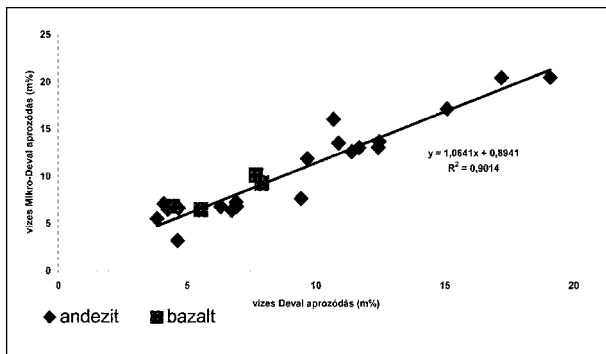
4. ábra. Los Angeles- és a vizes mikro-Deval-vizsgálati eredmények kapcsolata  
Correlation between Los Angeles- and micro-Deval coefficient of railway ballast

Az aprózódással szembeni ellenállás megítélésére használt Los Angeles-együttható és a használati ellenállás mikro-Deval-együtthatója között regressziós összefüggés nem mutatható ki. A 4. ábra jól bizonyítja, hogy két különböző közetulajdonosság minősítését biztosítja a két vizsgálat. A vizes jellegű mikro-Deval-vizsgálat a kőzetanyag szerkezetében bekövetkező változást is értékeli, míg a Los Angeles-érték a mechanikai aprózódás hatását minősíti. A fentiek értelmében a vasúti mikro-Deval-vizsgálat időállósági vizsgálatként is értékelhető abban az általános szemléleti rendben, amelyet a korábbi hazai szabályozási rendszerünk hatásállósággként fogalmazott meg.

A 4. ábrán mind a Los Angeles-, mind pedig a mikro-Deval-együttható szabványban megadott kategóriahatárait behúztuk. További vizsgálati eredmények feldolgozásával ez az ábra alkalmas lesz azoknak a minősítő kategóriaterületeknek a kijelölésére, amelyek alapján a különböző pályaszerkezeteknél a beépítésre kerülő kőzetanyagok minősíthetők lesznek.

Az 5. ábra jól szemlélteti, hogy a vasúti mikro-Deval-vizsgálat, vizsgálati módszer szempontjából, jobban hasonlít a vizes Deval-vizsgálatra, mint a vizes mikro-Deval-vizsgálatra.

Az 5. ábrán szerepeltetett összefüggést lehet használni a korábbi, MSZ 18287/2-83 számú szabvány szerint megha-



5. ábra. Vasúti mikro-Deval- és a vizes Deval-vizsgálati eredmények kapcsolata  
Correlation between micro-Deval coefficient and breking by Deval-test

tározott, vizes Deval-aprózódás (aDv) átszámítására vasúti mikro-Deval-együtthatóra ( $M_{DE}RB$ ). Javasoljuk az

$$M_{DE}RB = 1,064_{aDv} + 0,894$$

képlet használatát. Így a korábbi vizsgálati eredmények a kőbányák értékelésénél, a kőzetvagyon minőségének megítélésénél hasznosíthatók lehetnek.

A 6. és 7. ábrán egy-egy andezit- és bazaltkőzet viselkedését szemléltetjük a vizsgálati minta bemutatásával vizsgálat előtti, majd Los Angeles-, vasúti mikro-Deval- és vizes Deval-vizsgálat utáni állapotban.



6. ábra. Andezit (Szob) vasúti ágyazati kőanyag jellemző képe vizsgálat előtt, Los Angeles-, vasúti mikro-Deval- és vizes Deval-vizsgálat után  
Properties of andesite aggregates (Szob) before and after Los Angeles-, micro-Deval and Deval test



7. ábra. Bazalt (Uzsa) vasúti ágyazati kőanyag jellemző képe vizsgálat előtt, Los Angeles-, vasúti mikro-Deval- és vizes Deval-vizsgálat után  
Properties of basalt aggregates (Uzsa) before and after Los Angeles-, micro-Deval and Deval test

## **Összefoglalás, további célkitűzés**

A vasúti ágyazatok kőanyagának közetfizikai minősítésénél az MSZ EN 13450:2002 számú, „*Kőanyagok a vasúti ágyazathoz*” című szabvány a használati ellenállás megítélésére egy új vizsgálati eljárást vezetett be. A szabvány az MSZ EN 1097-1:1998 számú, „*Kőanyagghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság meghatározása (mikro-Deval)*” című vizsgálati szabvány szerinti vizsgálatot úgy emeli be a vasúti ágyazati kőanyagok minősítési rendjébe, hogy mindenben módosítja a szabvány előírásait. Ehhez a vizsgálatához új berendezésre volt szükség, és a vizsgálattechnikai tapasztalatokat is meg kellett szerezni.

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumának közetvizsgáló laborrészlegében az újonnan beszerzett vasúti mikro-Deval-berendezés segítségével nagyléptékű kísérletsorozat kezdődhetett el, melynek eredményeként tisztázódtak azok a vizsgálattechnikai kérdések, amelyek megválaszolása nélkül e vizsgálat a hazai minősítési gyakorlatba nem vezethető be.

Hazai andeziten és bazalton végzett vizsgálatok után a vasútépítésnél felhasználásra kerülő üledékes kőzeteket – tömött mészkövet és dolomitot – is be kell vonni a vizsgálandóság körébe, valamint célszerűen bővíteni kell a

választékot a magmás kőzetváltozatok megismerésével. A vizsgálati eredmények és az így szerzett tapasztalatok alapot jelentenek a vasúti mikro-Deval-vizsgálattal történő használati ellenállás minősítésének lehetőségét.

### **Köszönetnyilvánítás**

A szerzők a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumának nevében köszönik a MÁV Zrt. és munkatársainak – *Kemény Ágnesnek, Szekeres Dénesnek és Türk Istvánnak* – a vasúti mikro-Deval-vizsgálatokkal kapcsolatos kutatási munka támogatását, valamint a COLAS-ÉSZAKKŐ Bányászati Kft. segítségét a vizsgáló-berendezés beszerzésében.

### **Irodalom**

- [1] *Árpás E. – Emszt Gy. – Gálos M.*: Mikro-Deval-vizsgálat az európai szabványosítás rendszerében. *Építőanyag*. 53. évf. 1. sz. (2001).
- [2] *Árpás E. – Emszt Gy. – Gálos M. – Kárpáti L.*: Los Angeles-vizsgálat az európai szabványosítás rendszerében. *Építőanyag*. 54. évf. 4. sz. (2002).
- [3] *Emszt Gy.*: Hazai ágyazati kőanyagok közetfizikai vizsgálata és minősítése. Diplomamunka. BME Építőmérnöki Kar Közszerkezeti Szakmérnöki Ágazat. Budapest. p. 57. (2005).
- [4] *Gálos M. – Kausay T. – Kertész P. – Marek I.*: Zúzottkővek mikro-Deval aprózódási vizsgálata. *Építőanyag*. 36. évf. (1984).
- [5] *Kausay T.*: Vasúti ágyazati zúzottkővek minőségi követelményei. (2000) [http://www.betonopus.hu/not\\_vasut/Vasuti-zuzottko.htm](http://www.betonopus.hu/not_vasut/Vasuti-zuzottko.htm)

## **EGYESÜLETI HÍREK**

### **A kérdőívre beérkezett válaszok összesítése**

Az utóbbi egy évben már jó néhány dolgot változtattunk a folyóiratban, például a szakmai cikkek angol nyelvű kivonattal, kétnyelvű ábrafelirattal jelennek meg, betesszük a cikkírók elérhetőségét, bővítettük a rovatokat.

A folyóiratról kialakult véleményük, elvárásuk fontos számunkra, ezért elkészítettünk egy kérdőívet, hogy a jövőben információs igényüket fokozottan figyelembe tudjuk venni.

A kérdőívet májusban kapták meg az egyesület tagjai, partnerei, illetve letölthető a honlapról is ([www.szte.mtesz.hu](http://www.szte.mtesz.hu)). Június végéig 32 kérdőív érkezett vissza, a jellemző válaszokat az alábbiakban foglaljuk össze.

A válaszadók többsége férfi egyéni tag a kutatás-fejlesztés, tervezés-szakértés, laboratórium szakterületről. 50%-uk 50 főnél kisebb létszámú cégnél dolgozik. Jellemző pozíció a felső és középvezetői, valamint a saját cég vezetése.

Az érdeklődésre leginkább számot tartó témák: új kutatási-fejlesztési eredmények, környezetvédelem, egyesületi és sajtóhírek, folyóiratszema, energiagazdálkodás. Szeret-

nének többet olvasni a világ technológiai fejlesztéséről, az EU-tagsággal kapcsolatos információkról, építőanyagipari és gyártástechnológiai kiállításokról, vásárokról, és növelnék a tudományos cikkek arányát. Kevesebben növelnék az angol nyelvű cikkek, termékbemutatók és hirdetések arányát, mint ahányan nem.

A folyóiratban megjelent cikkek, hirdetések, egyéb írásokra való hivatkozással vannak megkeresések, de a hatékonyság méréséhez kiegészítő kérdéseket kellett volna feltenni a kérdőívben. Legközelebb erre is odafigyelünk. A válaszadók döntő többsége jónak minősítette a tudományos színvonalat, az áttekinthetőséget, az olvashatóságot, a tetszetőséget és a méretet. A megjelenés gyakoriságát 30%-uk közepesnek tartja.

A javaslatok lényege, hogy rövid, tömör írások legyenek a folyóiratban, az iparágak mindegyike találjon cikket, ismertetést vagy beszámolót, valamint az érintkező szakterületekről is kapjanak információt az érdeklődők.

Köszönjük a válaszadóknak, hogy időt szántak a válaszok visszaküldésére, ezáltal segítve a Szerkesztőbizottság munkáját.

*Kiskovács Etelka főszerkesztő*

# EGYESÜLETI ÉS SZAKHÍREK

## A 80 éves Balázs György köszöntése

2006. június 26-án ünnepi ülésen köszöntötték Balázs György ny. egyetemi tanárt 80. születésnapja alkalmából a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem dísztermében.

1926. június 24-én született Rábaszentandrásán kisparszti családban. A Pápai Református Kollégiumban 1946-ban érettségizett, majd a Budapesti Műszaki Egyetemen 1950-ben szerzett jeles minősítésű híd- és szerkezetépítő mérnöki oklevelet.

1950-ben lett tanársegéd a II. sz. Hídépítéstani Tanszéken Mihailich Győző professzor mellett. A tanszéket 1963-ban kettéosztották, ő az Építőanyagok Tanszékre került. 1963-ban lett kandidátus *A gőzölés és a kalcium-klorid együttes alkalmazásával* c. értekezésével, majd 1965-ben kinevezték docensnek. 1976-ban tanszékvezetőnek választották, amit 65 éves korában adott át. 1982-ben *A betonstruktúra elemzése* c. értekezésével megszerezte a műszaki tudomány doktora fokozatot. Majd 1984-ben kinevezték egyetemi tanárnak. 70 éves korában ment nyugállományba. Tanszéki munkáját azóta is folytatja.

Az Építőanyagok Tanszéken az *építőanyagok* tantárgyat az építészhallgatóknak 26 éven át, az építőanyagok és kémia tantárgyat az építőmérnök-hallgatóknak kb. 20 éven át adta elő. Később kialakult a szabadon választható (választás után kötelező) tantárgyak rendszere. Az *építmények diagnosztikája, a szerkezetek védelme és javítása* tantárgyakat Kovács Károllyal még ma is előadják.

1950-ben alig volt írott tananyag. Már az első évben megjelent első jegyzete. További oktatómunkája során egyedül vagy társszerzővel 18 egyetemi jegyzetet írt. 1984-ben jelent meg *Építőanyagok, kémia* c. tankönyve, amelyet azóta is használnak.

Kezdetől fogva részt vett a *szakmérőképzésben*. A tanszék szervezte az *Építőipari minőségvizsgálat*, majd *Építőipari minőség szabályozás*, végül az *Építőipari minőségvédelem* c. szakmérnöki tanfolyamokat. Új tantárgyakat hozott létre, pl. *elemtervezés, felülettervezés, betontechnológia, különleges betonok, tartósság, anyagtechnológia, műanyagok a vízépítésben*.

Mindig súlyt helyezett a tehetséges hallgatók bevezetésére a tudományos kutatásba. Ezt a munkáját a TDK-mozgalom megindításával kezdte meg. 1975–1990 között a kari tudományos diákköri tanács, 1990–1995 között az egyetemi tudományos diákköri tanács elnöke volt. 1989-ben irányította a XIX. Országos Tudományos Diákköri Konferencia szervezését.

A gyakorlati oktatás elősegítésére megszervezte a központi



épület III. emeletén az állandó építőanyagkiállítást.

Kutatási területei dióhéjban: a beton szilárdulási folyamatának befolyásolása; betontechnológia; a beton, vasbeton alakváltozásai, valamint ebből eredő saját feszültségei; statikai és szilárdságtani problémák; a beton szilárdulásának gyorsítása; különleges betonok és betontechnológiák; a beton alakváltozási jellemzői; a beton és a vasbeton tartóssága és a tartósság növelése; a beton struktúrája és tulajdonságai közötti összefüggések keresése.

Többségében e kutatásokhoz kapcsolódik kiemelkedő szakkönyv- és szakkikkirói tevékenysége. Könyvei közül világviszonylatban is az első volt a *Betonszilárdítás* (1968) és a *Vasbetonelemek kapcsolatai* (1977). Utóbbit bolgár nyelven is kiadták.

*Beton és vasbeton* c. könyvsorozatban foglalta össze a beton és vasbeton történetét. *I. Alapismeretek története* (1994), *II. Mélyépítési beton- és vasbeton szerkezetek története* (1995), *III. Magasépítési beton- és vasbeton szerkezetek története* (1996), *IV. Az oktatás története* (2001), *V. A kutatás története I.* (2004), *VI. A kutatás története II.* (2005), *VII. Mit tettek a magyarok külföldön* (2006).

Ötvenéves betonkutatásainak új eredményeit *Barangolásaim a betonkutatás területén* c. könyvben (2001) foglalta össze. Dr. Tóth Ernővel szerkesztette a *Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I.* (1997), II. (1998) c. könyveket. Társszerzővel (dr. Kovács Károly, dr. Balázs L. György és dr. Farkas György) írta a *Beton- és vasbeton szerkezetek védelme, javítása és megerősítése* c. könyvet (1999), és szerkesztette a II. kötetet (2002). E négy könyv egyben tankönyv is. Könyvet írt dr. Mihailich Győző (2002) és dr. Palotás László (2004) elteréről és munkásságáról.

A Mérnöki Kar kezdeményezésére kapta meg 1952-ben a Népköztársasági Érdemérem bronz fokozatát. A Szilikátipari Tudományos Egyesület előterjesztésére (a KTE és ÉTE támogatásával) tudományos egyesületi munkájáért részesült 1997-ben a Magyar Köztársasági Érdemrend kiskeresztje kitüntetésben. A közlekedési, hírközlési és vízügyi miniszter előterjesztésére kapott 2000-ben Széchenyi-díjat.

A Szilikátipari Tudományos Egyesületben 1977-ben alapította a Beton Szakcsoportot, amelynek tagjai betonnal foglalkozó szakemberek voltak. A szakcsoport később szakosztályként működött, melyet 25 éven át vezetett.

Az Egyesület, az Építőanyag szerkesztősége és olvasói nevében szeretettel gratulálunk az ünnepeltnek, kívánunk jó egészséget, további tevékeny életet.

# Konferencia a 80 éves Szaladnya Sándor köszöntése alkalmából

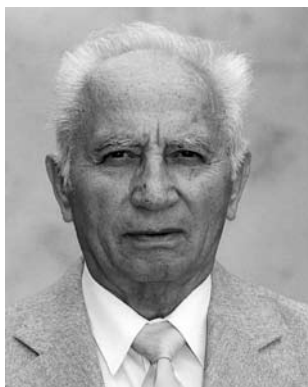
2006. május 31-én a Miskolci Egyetemen tartották a 80 éves dr. Szaladnya Sándor professor emeritus köszöntése alkalmából rendezett konferenciát. Az ünnepi konferencia a Műszaki Anyagtudományi Kar, a Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszéke, a Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszéke, az SZTE és a MÉASZ közös szervezésében került megrendezésre.

Az ünnepséget *dr. Gömze A. László* (egyetemi docens, tanszékvezető) mint levezető elnök és *dr. Illés Béla* (egyetemi docens, tanszékvezető) nyitotta meg.

Az ünnepség első fele Szaladnya Sándor életútjáról szólt. Az oktatásban eltöltött hosszú idő alatt számos tanszékkel és egyesülettel került kapcsolatba. Erről a munkáról rövid összefoglalót tartottak: *dr. Szépvölgyi János* (igazgató, MTA KK Anyag- és Környezetkémiai Intézet, a Szilikátipari Tudományos Egyesület elnöke), aki a Szilikátipari Tudományos Egyesület nevében mondott köszöntőt; *dr. Patkó Gyula* (egyetemi tanár, a Miskolci Egyetem rektor-helyettese), aki ismertette Szaladnya Sándor professzornak a Miskolci Egyetem életében betöltött szerepét; *Dömböczöni Ádám* (egyetemi tanár, a Gépészmérnöki Kar dékánja, a Gépelemek Tanszék vezetője), aki a Gépészmérnöki Kar életében betöltött szerepéről tartott előadást; *dr. Németh János*, aki a professzor életútját, munkásságát ismertette. Előadásában többek között elhangzott: „Sanyi bácsi gazdag életutat mondhat már most magáénak, amelyben a körülmények reális felmérése és értékelése, a mértéktartás, a kitartó szívósság, az optimizmus, az élet igenlése volt eddig, és reményeink szerint még sokáig lesz a meghatározó.”

Dr. Szaladnya Sándor professzor életútjának fontosabb állomásai:

- 1926. 04. 22-én született Kassa városában
- 1932-től elemi tanulmányok Kassán
- 1944-ben Miskolcra költözik szüleivel, középiskolai tanulmányait a Miskolci Gépipari Technikumban folytatja, ahol 1949-ben érettségizik
- 1949-ben sikeresen felvételizik a Nehézipari Műszaki Egyetemre, és 1953-ban gépészmérnöki diplomát szerez
- 1950-től az egyetemi tornász szakosztály aktív tagja, amelynek fő szervezője Lévai Imre tanársegéd
- 1951–1953 állami ösztöndíjban részesül, és a Gépelemek Tanszék demonstrátora
- 1953-ban aspiráns a Gépelemek Tanszéken, és 1964-ben kandidátusi fokozatot szerez
- 1956–1962 egyetemi adjunktus a Gépelemek Tanszéken
- 1962–1973 egyetemi docens a Gépelemek Tanszéken
- 1970–1973 a Gépészmérnöki Kar dékánhelyettese



(ipari kapcsolatok és továbbképzési koordinátori feladatok elvégzése)

A már említett előadások elhangzása után kaptak szót a jelen levő iparvállalatok, hazai társintézmények és különböző szervezetek képviselői. Méltatták a szakmai területen (üvegipar, Guardian, Orosháza), valamint a magánéletben és a sportéletben (bánkúti siklub) elért sikereit.

Ezután után került sor a szakmai előadásokra. A sort Szaladnya Sándor professzor nyitotta, aki ismertette szakmai életútjának fontosabb állomásait, így

többek között a következőket: pneumatikus szálfeszesség-szabályzó automatika kifejlesztése acélsodrony kötél gyártóberendezéséhez (7 országban bejelentett és levédett szabadalom); hidraulikus másolóberendezés kifejlesztése és pontosságvizsgálata; szilikátipari présgépek (könyökcuklós, másolóléces, frikciós, hidraulikus) méretezési módszereinek kidolgozása; üvegipari alapanyagok reológiai és préselési jellemzőinek mérésével történő meghatározása; öblösüveg alakítási és hőtechnikai jellemzőinek elemző vizsgálata; hidraulikus és pneumatikus végrehajtó egységek (munkahengerek, forgatóegységek) vezérlése hagyományos módszerekkel (követő- és kaszkádvezérlés) és PLC-vel.

A szakmai rész következő előadásában *dr. Németh János* (egyetemi docens, dékánhelyettes, ME Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék) ismertette a folyási törvény befolyását a silókban tárolt ömlesztett anyagok viselkedésére. Majd *dr. Gömze A. László* tartott egy áttekinthető előadást „A szilikátipari mérnök-képzés napjainkban a Miskolci Egyetemen. Kutatási főirányok a Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszéken” címmel. A silók tématerületéről még egy előadást hallhattunk *Telek Péter* (egyetemi adjunktus, ME Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék) előadásában, melynek címe: „A kiáramlási keresztmetszetek meghatározásának elméleti alapjai ömlesztettanyag-tároló silók pneumatikus működtetésű elzárószerkezetei esetén”. Üveges témában is több előadás volt, elsőként *Nagy János* (doktorandusz, Ross Mould International Kft.) szólt, aki üvegipari formázó szerszámokat tervez a használat során keletkező hőhatások figyelembevételével. Őt követte *Paróczai Csilla* (doktorandusz, ME Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszék), aki az üveg optikai tulajdonságainak javítási lehetőségeit ismertette. Az utolsó üveges előadás előtt még helyet kapott *Bánhidi Viktor* (egyetemi adjunktus, ME Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszék) „Mikrogravitációs hőtranszport-tulajdonságok végelem szimulációja” című előadása. A konferencia szakmai részét *Puskás Nikoletta* (doktorandusz, ME Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszék) zárta „Az üveg szerepe és hatása a kerámiamázas anyagszerkezeti tulajdonságainak kialakítására” című előadásával. Ezután *dr. Gömze A. László* összegezte a konferenciát, és megtartotta zárszavát.

### Szakmai nap az ASDAG Kavicsbánya és Építő Kft. jánossomorjai kavicsbányájában

2006. június 14-én az SZTE Kő és Kavics Szakosztálya az ASDAG Kft. jánossomorjai kavicsbányájában rendezte meg a hagyományos, bányalátogatással egybekötött szakmai napját. A rendezvényen a szakosztály egyéni és jogi tagvállalatai is képviseltették magukat, így vendéglátónkhoz 22 fővel érkeztünk. Megérkezésünkkor *Topler János*, az ASDAG Kft. ügyvezető igazgatója köszöntötte a megjelenteket, és bemutatta az üzemet. Elmondta, hogy 1995. január 1-jén alakult a cég, melynek anyavállalata az Ausztriában található Teerag-Asdag AG, mely már 85 éves múlttal rendelkezik, és megközelítőleg 5000 alkalmazottal dolgozik a magasépítés, mélyépítés, útépítés és a bányászat területén.

*Drobnics Vilmos*, az üzem felelős műszaki vezetője tájékoztatott minket, hogy a 127 hektár területen jelenleg 50 méteres mélységig termelhetik ki az engedélyek alapján a kavicsot, ez kb. 65 millió köbmétert jelent, így az évi 700 000 tonnás termelés mellett közel 150 évre elegendő az ásványvagyon. De a kutatások alapján a területen közel 300 méteres vastagságú kavicspad található, melynek kitermelése gazdasági és technikai okokból egyelőre megoldatlan. 1997 óta a homokos kavics fejtése a víz alól egy speciális úszótesten található modern, szívó-kotró berendezéssel történik. A kavicsot vízszugár lazítja fel a mélyben, aztán egy 350 mm átmérőjű csővezeték végén elhelyezett szívókosáron keresztül szívják a 30 méteres mélységből a felszínre, majd a pontonhídon keresztül a parton kerül deponálásra. A depóniából alagúton át szállítószalag-rendszer segítségével kerül az osztályozóberendezésre az ásványi nyersanyag, ahol a száraz- és vizesosztályozó-gépek végzik az osztályozást, valamint a durva frakciókat kalapácsos röpitőtörővel, a finom frak-

ciókat kúpos törővel aprítják a kívánt szemcseméretre. Az osztályozás tehát szárazon és vizesen is történik, a kívánt anyagminőség függvényében.

Megtalálhatók az üzem kínálatában az osztályozott és a tört frakciók is, melyeket külön deponálnak. A látogatásunk során a házigazdák végigvezettek a teljes mosó-, osztályozó- és törőberendezéseken, mely igazán egyedülálló technikai színvonalról tanúskodott. Láthattuk, hogy az Asdag Kft. osztályozó- és depóterei aszfaltozottak, „tiszták”, így biztosítják a magas tisztasági követelményeket és a kulturált kiszolgálást. Az Asdag Kft. jánossomorjai üzeméből nagy mennyiségben szállítják a homokos kavicsot az egész ország területére, Szombathelytől Budapestig, az M7 autópálya kőröshegyi híd szerkezeti betonjához, valamint Ausztriába is.

A bányáüzem látogatását követően vendéglátónk meghívott minket egy ebédre a jánossomorjai étterembe, ahol nem kis meglepetésünkre a város polgármestere, *dr. Kurunczi Károly* polgármester köszöntötte a résztvevőket, és megköszönte, hogy az ő városukat választottuk szakmai összejövetelünk helyszínéül. Röviden bemutatta a város történelmét és jelenlegi helyzetét, az ipari parkot, a város dinamikus fejlődésének egyik zálogát.

Az ebédet követően a szakosztály megkezdte szakmai napját. *Dr. Gálos Miklós* egyetemi tanár, a Kő és Kavics Szakosztály elnöke megtartotta a „Zúzottkövek közzefizikai minősítésének tapasztalatai a közzetani tulajdonságok alapján” című előadását, melyet a résztvevők szakmai beszélgetése, vitája követett. A résztvevőket és a vendéglátónkat meghívtuk az ősszel Budapesten megrendezendő Kő- és Kavicsbányász Nap 2006 című rendezvényünkre, melyet 2006. október 5-én (csütörtökön) tartunk.

A szakmai napot délután zártuk, újra megköszöntük *Topler János*nak a szíves vendéglátást, és bízva a szakosztály és az ASDAG kavicsbánya hosszú távú együttműködésében meghívtuk jogi tagvállalataink körébe.

*Kárpáti László szakosztálytitkár*

\* \* \*

### Szakmai továbbképzés kályhacsempegyártóknak

Nagy sikerrel zajlott 2006. május 27-én a Szilikátipari Tudományos Egyesület által Alsópáhokon szervezett szakmai továbbképzés, melyen 17 gyártó 30 fővel vett részt. A szakmai előadások anyagának összeállításában a MAT Kerámia Kft. segített.

Az egész napos továbbképzés reggel 9.30-kor regisztrációval kezdődött, majd *Tóth Lajos*, a Szilikátipari Tudományos Egyesület Finomkerámia Szakosztályának titkára köszöntötte a résztvevőket, és megnyitotta a továbbképzést. Először *dr. Korim Tamás*, a Pannon



*Topler János ismerteti a kavicsbányáüzem működését*



Egyetem Szilikát- és Anyagmérnöki Tanszékének adjunktusa ismertette a kerámiatermékek történetét és fejlődését a világban, majd a kerámia fogalmát, a kerámiák csoportosítását és az alapfogalmakat. Ezt követően részletesen szolt a kerámiamasszákból használt alapanyagokról és azok tulajdonságairól, illetve a vizsgálati módszerekről.

Ebéd után Tóth Lajos bemutatta az európai kályhacsempetrendet, melyet a ceramitec kiállítások tapasztalatai alapján állított össze, majd bemutatta a Ferro cég által gyártott új mázakat és szintesteket.

Ezt követően ismét Korim Tamás folytatta a szakmai napot a masszakészítés módjainak és hibáinak bemutatásával, majd a massa homogenizálásával és formázásával. Az előadást a szárítás és az égetés elméletével és a folyamatok során lejátszódó fizikai és kémiai változások bemutatásával fejezte be.

A továbbképzést *Melegné Kiss Katalin*, a Szilikátipari Tudományos Egyesület Finomkerámiai Szakosztályának elnöke zárta, aki megköszönte a két előadó magas színvonalú előadását, illetve ismertette a következő továbbképzés anyagát, melyet 2006. augusztus 26-án tartanak.

*Apagy Zsolt, MAT Kerámia Kft.*

## KÖNYVISMERTETÉS

### **Szőcs Katalin és Szőcs István: Formázóanyagok**

*(Szobrászat – Kerámia – Fémöntés – Építészet)*

*Kolozsvár, 2006*

Formázóanyagok alatt értjük azokat a természetes vagy mesterségesen előállított anyagokat, amelyek segítségével öntött tárgyak készülnek. Idesorolhatók a kerámiaipari anyagai, a cementalapú idomok, valamint a szobrok és más fémtárgyak öntéséhez szükséges formázókeverékek.

A 128 oldalas, tetszetős kivitelű, magyar nyelven megjelentetett könyv az alapvető formázóanyagokat tárgyalja a szakirodalomban közölt felhasználásával (pl. közel 150 ábra a forráshely feltüntetésével). Az irodalomjegyzék 304 hivatkozást tartalmaz.

A Bevezető után az első fejezet ismerteti a formázókeverékek fő összetevőit, vagyis a szemcsés összetevőket és a kötőanyagokat, azok fizikai és kémiai tulajdonságait. Tárgyalja a homok, a kötőanyag és más szükséges adalékanyag keverékeinek (elő)készítési módját, keverési sorrendjét és idejét, valamint a felhasználási technológiát. Szól továbbá a keverékek jellemzőinek változásáról a nyersanyag, a keverési technológia, valamint a levegő nedvessége és hőmérséklete függvényében.

A további fejezetek különböző keverékeket (2. nátrium-szilikát- és cementalapú keverékek, 3. agyagos keverékek, 4. műgyantás keverékek, 5. nyers formázókeverékek) mutatnak be részletes elemzéssel. Külön, rövidebb fejezetek foglalkoznak a vákuumformázással (6. fejezet), valamint a mágneses formázással (7. fejezet). A könyv utolsó, 8. fejezete a formák viselkedését tárgyalja, elsősorban a hőmérséklet hatására fellépő változásokat, valamint a nem kívánt hatások csökkentése érdekében használt formabevonó anyagokat.

Lektorálta: *dr. Pálfalvi Attila* konzultáns egyetemi tanár, *dr. Veres Erzsébet* egyetemi előadó tanár.

A könyv hasznos segítség az érintett területek, de éppúgy a kapcsolódó oktatási és kutató-fejlesztő intézmények szakemberei és könyvtárai számára is.

*Timár Imre – Verdes Sándor*  
*Pannon Egyetem, Veszprém*

## PIACVÉDELEM = TANÚSÍTOTT MINŐSÉG

*A németországi transzportbetonipar  
korábbi és mai gyakorlata*

A Szilikátipari Tudományos Egyesület – együttműködve a Magyar Betonszövetséggel – szakmai továbbképzést szervez a magyar transzportbetoniparban dolgozó szakemberek számára. A két alkalommal, azonos tartalommal megrendezendő egy-egy napos tanfolyam keretében az érdeklődő kollégák betekintést kapnak: Hogyan működik Németországban a transzportbeton gyártásának külső és belső ellenőrzése? Milyen szervezetek és hogyan működtetik az ellenőrzési rendszert, milyen a kapcsolat az építőanyag-felügyeleti hatóságokkal? Hogyan folyik a minőségirányítás és -ellenőrzés a németországi kavics-, homok-, habarcs- és transzportbeton-ipari gyakorlatban? Milyen jogszabályok segítik a munkát? Mit nyújtanak tagjaiknak ezen a területen a német szakmai szövetségek?

A tanfolyam tervezett időpontjai:  
2006.09.19. kedd és 2006.10.10. kedd

Jelentkezni valamelyik időpont megjelölésével az SZTE Titkárságán, *Meleg Reginánál* lehet (1027 Budapest, Fő utca 68. Telefon/fax: 06-1/201-9360, e-mail: mail.szte@mtesz.hu).