

Ferroelektromos kerámiák I.

Elméleti alapok, anyagrendszerek és tulajdonságok

Rádóczy Tünde – Kovács Kristóf

Veszprémi Egyetem Szilikát- és Anyagmérnöki Tanszéke

kris@almos.vein.hu

Ferroelectric ceramics I. – Theoretical background, materials and properties

Theoretical background of ferroelectric ceramics is discussed in the first part of this review. Ferroelectric ceramics find applications not only in demanding applications requiring high performance yet small size capacitors and polycrystalline semiconductors, but

also in many other fields of electronics. Microstructure of dielectric materials and semiconductors as well as concentration of dopants is of utmost importance in controlling properties using engineering on a molecular scale. Ionic substitutions of perovskite crystal lattice lead to semiconductors having outstanding electrical properties. Barium titanate is a well known example of ferroelectric materials having spontaneous polarization.

Kétrészes cikksorozatunk első részében áttekintjük a ferroelektromos kerámiák elméleti alapjait. A második rész bemutatja a hagyományostól eltérő előállítási lehetőségeket, a legújabb kutatási eredményeket, a mikroszerkezet és tulajdonságok kapcsolatát, és rávilágít az anyagrendszerben rejlő ígéretes lehetőségekre.

A Veszprémi Egyetemen Déri Márta professzor iskola-teremtő irányításával évtizedeken át folytatott kutatások-fejlesztések eredményeit több tucat diplomadolgozat és doktori értekezés örzi, de az új anyagokat, anyagrendszereket felhasználta az ipar is: a Kőbányai Porcelángyár a múlt század második felében világszínvonalú termékeivel kivívta az igényes felhasználók elismerését. Nagy kár, hogy a felhalmozódott tudás, gyártási tapasztalat a gazdasági és politikai környezet változásainak áldozata lett, de a gyár felszámolása után néhány lelkes munkatárs ma is tovább dolgozik, eredményesen részt vesz több hazai és nemzetközi projektben. A kutatások folytatását, létjogosultságát igazolja, hogy szerte a világon ma is rangos egyetemeken, akadémiái és ipari kutatóintézetekben szakemberek százai kutatják a ferroelektromos kerámiák tulajdonságait, előállításának és felhasználásának lehetőségeit.

A 20. század első felében rohamosan megindult a technika, különösen az elektronika fejlődése, ami új, a fokozott igényeknek megfelelő funkcionális anyagokat követelt, és létrehozott a híradástechnikai kerámiák gyártására egy új iparágat. Ez az új iparág „hagyományos” nyersanyagokkal szigetelő kerámiák, oxidok, kerámia dielektrikumok, kondenzátoranyagok gyártásával indult el. A termékválaszték

később kerámiai félvezetőkkel, mágneses kerámiákkal, piezoelektromos anyagokkal és új, molekuláris szinten tudatosan tervezett anyagrendszerekkel bővült [3].

A speciális igények kielégítésére, a nagy fajlagos kapacitású, kisméretű kondenzátorok, illetve szabályozott tulajdonságú félvezetők előállítása mellett az elektronika számos más területén alkalmazzák a különleges tulajdonságú ferroelektromos anyagokat. A dielektrikumok és félvezetők mikroszerkezete, valamint az alkalmazott adalékanyagok minősége és mennyisége döntően befolyásolja a tulajdonságokat.

A ferroelektromos anyagok rövid története

A történet az újkor hajnaláig, egészen az 1600-as évek közepéig nyúlik vissza, amikor is Elie Seignette La Rochelle-ben először állította elő az enyhe hashajtó hatású rochelle-sót orvosi célokra [2]. Közel 200 év telt el addig, amíg felfedezték, hogy ez a vízzoldható kristály piezoelektromos (1824), a hő hatására polarizálódik. Újabb fél évszázad elteltével felfedezték a kristály piezoelektromos tulajdonságait (1880), vagyis mechanikai hatásra (erő hatására) is polarizálódik. Végül újabb 40 év elteltével Joseph Vasek ugyanezen az anyagon felfedezte a ferroelektromosság jelenségét [1]. A seignette-só, más néven rochelle-só (kálium-nátrium-tartarát, $\text{KNa}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6) \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) dielektromos viselkedésének anomáliáit először 1917-ben figyelték meg, a mágneses anomáliára azonban csak 1929-ben mutattak rá. A kuta-

tások eredményeként az 1940-es években jelentek meg a nagy permittivitású kerámiai szigetelőanyagok. A tudomány történetében nem először fordult elő, hogy a kutatást, fejlesztést a katonaság kezdeményezte és támogatta. A katonai rádiókhoz nagy kapacitású, kisméretű és a mostoha körülményeknek, durva mechanikai hatásoknak jól ellenálló kondenzátorokra, dielektrikumokra volt szükség. A széles körű elterjedést, a felhasználást az a felismerés tette lehetővé, hogy vannak olyan ferroelektromos anyagok, melyek nagyfokú kristályszimmetriájuk miatt polikristályos alakban is ferroelektromosak.

Az elnevezés a laikusok számára első hallásra megtévesztő lehet, hiszen a ferroelektromos anyagok vasat nem tartalmaznak. A név a ferromágneses anyagokkal való analógia miatt terjedt el (mindkét anyag doménszerkezetű, a ferromágneses és ferroelektromos anyagok térerősség-indukció, illetve térerősség-polarizáció függvénye egyaránt hiszterézist mutat stb.).

A bárium-titanát volt az első, kerámiai technológiával előállított polikristályos ferroelektromos anyag. Ezt a tulajdonságát 1944-ben fedezték fel. Ekkor széles körű kutatás indult egyrészt újabb polikristályos ferroelektromos dielektrikumok fejlesztésére, másrészt az anyagok tulajdonságainak pontos felderítésére. Ezt követte az ólom-cirkon-titanát (PZT) piezoelektromos kerámia felfedezése az 1950-es évek közepén. A transzparens, elektrooptikai célokra alkalmazható ólom-lantán-cirkon-titanát kerámiaikat az 1960-as évek végén fejlesztették ki. A ferroelektromos kompozitokat az 1970-es évek végén, míg az ólom-magnézium-niobát (PNM) relaxor kerámiaikat és a szol-gél technikával készült ferroelektromos vékony rétegeket az 1980-as években fedezték fel. Ezzel egy időben új, a mikrohullámú hírközlés terjedésével egyre fontosabb alkalmazási területen, a felületi hullámszűrők anyagrendszerei között hódítanak a bárium-titanátra épülő anyagrendszerek. Az 1990-es években megjelentek a szilícium-egy kristályra integrált ferroelektromos filmek. A kutatások napjainkban is nagy erővel folynak az újabb ferroelektromos anyagrendszerek és alkalmazások fejlesztésére.

A ferroelektromosság jelensége

Az elektromos térben való viselkedésük szerint a szigetelőanyagokat a mágneses analógia alapján három csoportba sorolhatjuk:

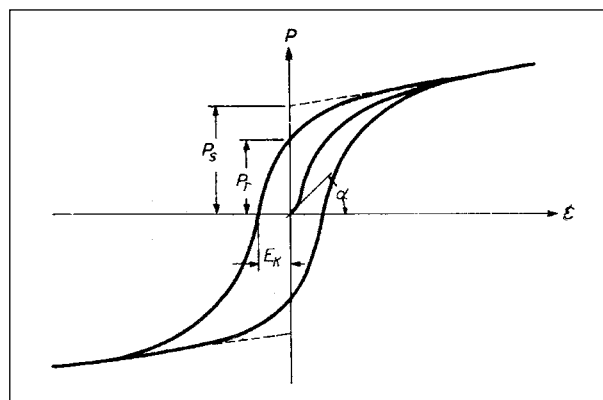
- dielektromos,
- paraelektromos,
- ferroelektromos anyagok.

A dielektromos anyagok molekulái alapállapotban nem polárosak, a pozitív és negatív töltések súlypontja egybeesik. A külső elektromos tér polarizálja az anyagot. A polarizáció független a hőmérséklettől.

A paraelektromos anyagok molekulái dipólusok. Ezek a külső elektromos tér hatására irányítódnak. Az eltolódási

polarizációhoz tehát orientációs polarizáció is járul. Ez a polarizáció már függ a hőmérséklettől, mivel a hőmozgás erősödése csökkenti az orientáció mértékét. A dielektromos és a paraelektromos anyagokra egyaránt jellemző, hogy a polarizáció az elektromos tér lineáris függvénye, és azzal egyirányú. A permittivitás (korábbi nevén dielektromos állandó) értéke független a térerősségtől [1].

A ferroelektromos anyagokban a polarizáció és a külső elektromos tér közti összefüggés nem lineáris. Már külső elektromos tér nélkül is bizonyos mértékig irányítottak a permanens dipólusok. A ferroelektromos anyagok legjellemzőbb tulajdonsága, hogy permanens polarizációjuk reverzibilis. Ennek oka, hogy a ferroelektromos anyagok poláros szerkezete egy nem poláros kristály enyhe deformációjából származtatható. Ez a megfordíthatóság nemlineáris dielektromos tulajdonságot vonz maga után. A ferroelektromos kristályban a polarizáció értéke a külső elektromos tér függvényében hiszterézisgörbe mentén változik (1. ábra).



1. ábra. A polarizáció értéke a külső elektromos tér függvényében
Polarization as a function of electric field

A görbéből megállapítható a spontán polarizáció értéke (P_s). A térerősség megszűnése után is polarizált állapotban marad a kristály, ezt remanens polarizációnak nevezzük (P_r).

A remanens polarizáció megszüntetéséhez szükséges koercitív térerősség (E_K) előjele természetesen ellentétes a polarizációt létrehozó külső elektromos tér irányával. Az analóg mennyiségekkel hasonlóan értelmezhető a ferromágneses anyagok hiszterézisgörbéje is. A ferromágnesség és a ferroelektromosság egyaránt hőmérséklet-függő jelenség. A ferroelektromosság egy meghatározott hőmérsékleti tartományban vagy egy meghatározott hőmérsékleti értéken alakul ki. Ezt a hőmérsékletet Curie-pontnak nevezzük. A ferroelektromosságba való átmenet hőmérsékletén a Curie-Weiss-törvény értelmében a permittivitás maximális értékű.

A ferroelektromos kerámiaik – hasonlóan a ferromágneses anyagokhoz – azonos spontán polarizációjú mezőkből, úgynevezett doménekből épülnek fel. Az egyes domének

polarizációja véletlenszerű elrendeződésben eltérő irányú, így az összes domén polarizációját tekintve az anyag kívülről elektromosan semleges. A ferroelektromos anyagok polarizációja külső elektromos mezővel átrendezhető.

A ferroelektromosság meghatározott kristályszerkezetekhez kötődik, csak polártengellyel rendelkező kristálysztályokban fordul elő [4].

Ferroelektromos anyagok csoportosítása

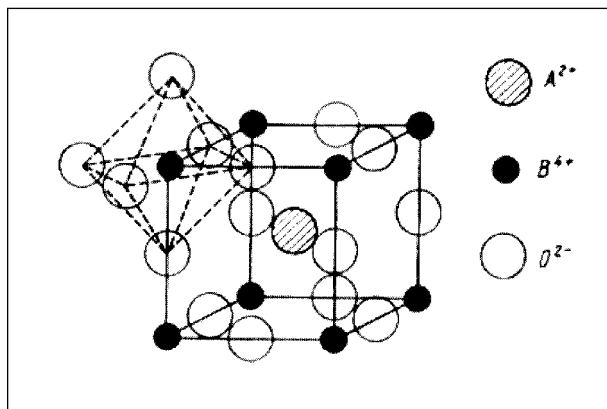
A ferroelektromos kerámiákat négy csoportba soroljuk [2]. A csoportosítás alapja az elemi cella, a csoportok a neveiket pedig egy-egy jellemző képviselőjükről kapták.

1. volfrám-bronz csoport,
2. oxigén-oktaéderes csoport,
3. piroklor csoport
4. bizmutréteg szerkezetű csoport.

Ezek közül a második, az ABO_3 perovszkit csoport a legfontosabb.

A perovszkit kristályszerkezet

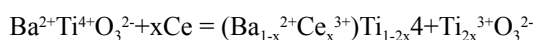
Az ABO_3 általános képlettel leírható vegyületcsoportot a szakirodalom általánosan perovszkitszerkezetnek nevezi. A csoport a perovszkitásvány ($CaTiO_3$) után kapta a nevét [1]. A perovszkitok a természetben ritkán előfordulók, de az ásványtanban jól ismert kristályok. A kisebb sugarú „B” ionokat az anionok oktaéderesen veszik körül, és a nagyobb „A” ionoknak 12-es koordinációs számuk van az anionnal, ahol „A” a sarkokon lévő két vegyértékű ion (például Ca^{2+} , Ba^{2+}), „B” pedig a központi, 4 vegyértékű kation (például Ti^{4+}), amelyet oxigén-oktaéder zár körbe. Valójában a központi kation kismértékben tetragonálisan torzult oxigén-tetraédernek nem a középpontjában van, hanem a c tengely irányában kissé eltolódva. Ez a szerkezet (2. ábra) több különleges tulajdonságot, egyebek mellett nagy permittivitást és egyes fématomok esetén ferroelektromosságot biztosít.



2. ábra. A perovszkit kristályszerkezet
Perovskite crystal structure

A perovszkitrácsban a lehetséges sokféle ionhelyettesítés módját ad olyan jellegű rácszhibák létrehozására, melyek hatására az anyag félvezetővé válik. Szennyezések hatására az egyenáramú fajlagos ellenállás szobahőmérsékleten jelentősen csökken. Az ellenállásnak a hőmérséklettel való változásában anomália figyelhető meg: a Curie-pont közelében az ellenállás hirtelen növekszik, majd maximumot ér el, és újra csökkeni kezd. Ezzel együtt jelentős mértékben változik, a Curie-ponttól távol eső hőmérsékleten a perovszkitszerkezetű félvezetők fajlagos ellenállása a növekvő hőmérséklettel csökken. A változást a tetragonális-köbös fázisátalakulás kíséri.

A vezetés mechanizmusa minden esetben vegyérték-váltásra vezethető vissza, amit a titánionnak többféle oxidációs fokon való jelenléte tesz lehetővé [5, 6, 8]. A cériummal adalékolt bárium-titanát esetében például:



A félvezető tulajdonságú, perovszkitszerkezetű ferroelektromos anyagok ellenállásának alakulására és a vezetés mechanizmusára vonatkozó irodalmi megállapítások az alábbiakban foglalhatók össze. $BaTiO_3$ -típusú perovszkitban a Ba^{2+} -iont valamilyen három vegyértékű kationnal (donor szennyező), célszerű ritkaföldfém-ionnal, helyettesítve n-típusú vezetés jön létre. Ugyanez a hatás érhető el a Ti^{4+} -ionoknak öt vagy hat vegyértékű ionokkal – például Nb^{5+} vagy W^{6+} – történő helyettesítésével. A Curie-hőmérséklettől távol eső hőmérsékleten az így vezetővé tett polikristályos anyagok a kerámiai természetben megszokott módon változtatják ellenállásukat a hőmérséklet függvényében. Növekvő hőmérséklettel az ellenállás az ismert logaritmikus összefüggés szerint változik, exponenciális alakban:

$$R = C \cdot e^{E/kT}$$

ahol

k a Boltzmann-féle állandó: $0,86 \cdot 10^{-4}$ eV,

E az aktiválási energia eV-ban,

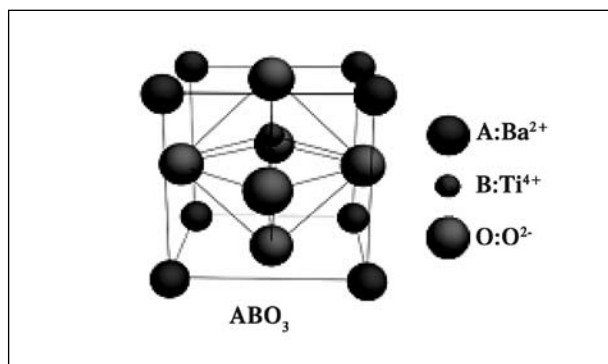
C az anyagi minőségtől függő állandó,

T a hőmérséklet K-ben.

Emelkedő hőmérséklettel, néhány fokkal a Curie-pont alatt az ellenállás növekedni kezd. Ezután újra negatív lesz az ellenállás hőmérsékleti együtthatója. A fajlagos ellenállásnak ez a viselkedése nagymértékben függ az előállítás körülményeitől.

A bárium-titanát

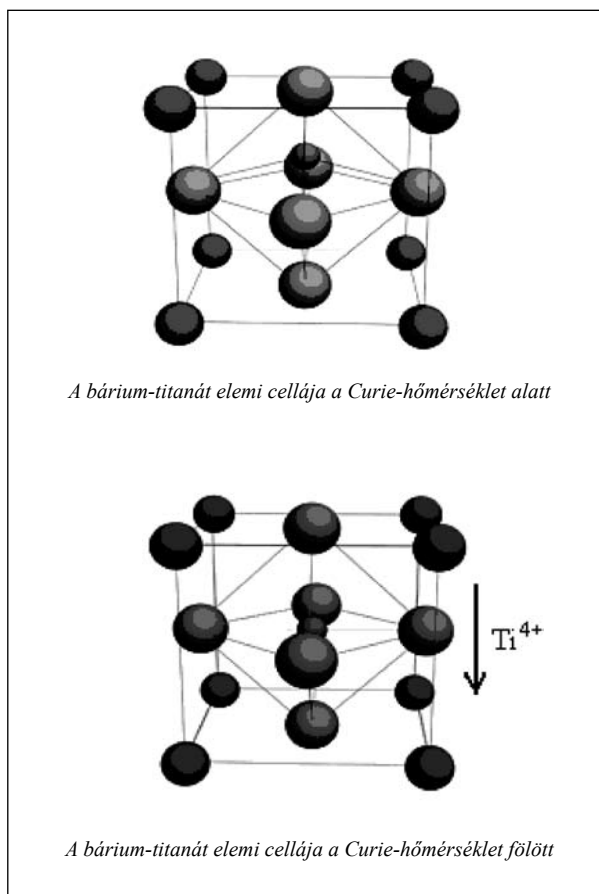
A perovszkitok legjelentősebb képviselője a bárium-titanát ($BaTiO_3$). Elemi cellájában a lapközepeken levő oxigén-oktaéderben a Ti^{4+} ion a központi kation (B hely), míg a Ba^{2+} ionok az elemi cella csúcsain helyezkednek el (3. ábra).



3. ábra. A bárium-titanát elemi cellája
Unit cell of barium titanate

A polarizációt a központi Ti^{4+} ion elmozdulása okozza, ami reverzibilis. Amikor elektromos mező hat az elemi cellára, a központi Ti^{4+} ion elmozdul egy új pozícióba az elemi cella c tengelye mentén, ha a térerősségvektornak van a c tengellyel párhuzamos komponense. A domén polarizációs vektorok eredeti, véletlenszerű orientációja visszaállítható, ha az anyagot annak Curie-hőmérséklete (T_c) fölé melegítjük. Ez az eljárás a termikus depolarizáció. A Curie-hőmérsékleten a permittivitás maximumot mutat, majd a T_c felett a permittivitás lassan csökken, mert a Ti^{4+} ion a központi pozícióba kerül (4. ábra).

A bárium-titanát jó példa azokra a ferroelektromos kristályokra, amelyekben a spontán polarizáció megjelenése az alrácsok eltolódásával magyarázható. Ez esetben a Ti-rács tolódik el az oxigénrácsához képest. A bárium-titanát-alapú dielektrikumok a nagyfokú kristályszimmetria miatt polikristályos állapotban is ferroelektromos tulajdonságúak. A permittivitás függ az elektromos térerősségtől. A polikristályos anyag egyedi kristályai c tengelyükkel (poláros tengely) a tér irányába állnak be, sokszor még akkor is, ha eredeti helyzetükben c tengelyük iránya erre az irányra merőleges volt. Ha a hőmérséklet jóval a Curie-pont felett van, az elektromos tér irányító hatását a hőmozgás ellensúlyozza, viszont közvetlenül az átalakulási pont körül, a tetragonális szabályos átmenet zónájában az elektromos tér megnöveli a tetragonális átmenetek számát [7]. Bárium-titanát egykristályban és polikristályban is a külső elektromos tér hatására alakváltozás következik be, amely arányos a külső térerősség négyzetével. Ez az „elektrosztrikciós” hatás nagyságrendekkel nagyobb a bárium-titanátban, mint a dielektrikumokban általában. A bárium-titanát (BaTiO_3) abban különbözik a többi ferroelektromos anyagtól, hogy nem poláros állapotban nem piezoelektromos.



4. ábra. Termikus depolarizáció
Thermal depoling

Irodalom

- [1] Déri, Márta: Seignette-elektromos kerámiai anyagok, Akadémiai Kiadó, Budapest (1963).
- [2] Haertling, G. H.: Ferroelectric Ceramics: History and Technology, J. Amer. Ceram. Soc. 82 (4) p. 797–818. (1999).
- [3] Roy, R.: Rational Molecular Engineering of Ceramic Materials, J. Amer. Ceram. Soc. 60 (7-8) p. 350–63. (1977).
- [4] Tamás, F. (szerk.): Szilikátipari kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1976).
- [5] Cheng Li, Z. – Bergman, B.: Electrical properties and ageing characteristics of BaTiO_3 ceramics doped by single dopants, J. Eur. Ceram. Soc., 25 (4) p. 441–5 (2005).
- [6] Qi, J. – Gui, Zh. – Wang, Y. – Zhu, Q. – Wu, Y. – Li, L.: The PTCR effect in BaTiO_3 ceramics modified by donor dopant, Ceram. Int. 28 (2) p. 2001.
- [7] Hench, L. L. and West, J. K.: Principles of electronic ceramics, John Wiley & Sons, New York, (1990).
- [8] Makovec, D. – Samardžija, Z. – Drofenik, M.: Solid Solubility of Holmium, Yttrium, and Dysprosium in BaTiO_3 , J. Amer. Ceram. Soc., 2004 July.

Dr. Rudnyánszky Pál

(kollégáinak és tisztelőinek Pali bácsi)

Magyar Köztársasági Ezüst Érdemkereszt kitüntetést kapott több mint ötvenéves eredményes, itthon és külföldön egyaránt elismert szakmai munkájának és emberi kvalitásának elismeréseként.

Gratulálunk és további jó egészséget kívánunk!

Investigation of kaolinite dehydroxylations is still interesting

Igor Štubňa – Gabriel Varga – Anton Trník

Physics Department, Constantine the Philosopher University

istubna@ukf.sk – gvarga@ukf.sk

A kaolinitásvány dehidratációjának aktuális kérdései

A kaolinit metakaolinitté történő átalakulásának folyamata mind a mai napig számos kérdést vet fel annak ellenére, hogy maga a dehidratációs folyamat látszólag kellően ismert és feltárt. A szerzők munkájukban ismertetik a kaolinitásvány kémiai összetételét, kristályszerkezeti felépítését, a rácspontok távolságát és szögeit.

A tanulmány részletesen foglalkozik a dehidratációval mint folyamattal, átfogó képet adva a kaolinitásványok dehidratációjáról alkotott tudományos tézisek fejlődéstörténetéről – részletesen kitérve a lejátszódó kémiai „bomlási” reakciókra, a kristályszerkezet átalakulására és a kristályvíz eltávolításához, dehidratációjához szükséges energiaigényre. Megállapítja, hogy

a kaolinit rácshibái jelentősen befolyásolják – „gyorsítják” – a dehidratációs folyamatot; míg tökéletes, tömör kristályok esetén a dehidratációhoz szükséges hőmérséklet elérheti akár a 850–950 °C-ot is! A tanulmány megvizsgálja és elemzi a dehidratáció eredményeként létrejövő metakaolinit szerkezeti struktúráját, miközben megpróbál magyarázatot adni a 950 °C-nál lejátszódó – zsugorodással együttjáró – exoterm reakciókra.

Végezetül a szerzők megpróbálják összefoglalni (Conclusion) a kaolinitásvány dehidratációjának feltételeit – elemezve a dehidratációs folyamat során lejátszódó jelenségeket is. Az elvégzett elméleti vizsgálódások és laboratóriumi mérések eredményei alapján megállapítják, hogy a dehidratációs mechanizmus nem írható le egyetlen modellel, amely érvényes lenne a teljes dehidratációs hőmérséklet-tartományra.

1. Introduction

Although the reactions in kaolinite during its heating have been investigated for many years, using several techniques (XRD, DTA, TG, thermogravimetry, gas chromatographic analysis, transmission electron microscopy, infrared spectroscopy), controversy about dehydroxylation continue to exist. A process of elimination of the OH groups from the kaolinite structure (dehydroxylation) is not fully understood up to now. The crystallization of metakaolinite and the crystallographic orientation relationships of the kaolinite – metakaolinite reaction remain controversial [1] as well as a range of opinions on the mechanism of dehydroxylation.

parameters are $a = 0.515$ nm, $b = 0.895$ nm, $c = 0.740$ nm, $\alpha = 91,68^\circ$, $\beta = 104,87^\circ$, $\gamma = 89,9^\circ$ [3]. An ideal cell of the kaolinite is electrically neutral. Its crystallochemical formula is $\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ and the theoretical composition expressed by oxides is 46.64% SiO_2 , 39.60% Al_2O_3 and 13.96% H_2O [4].

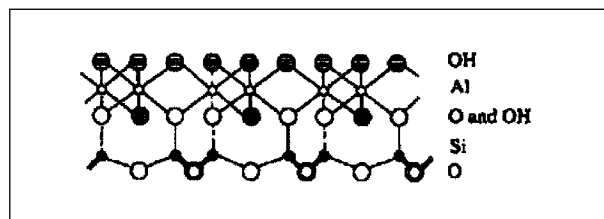


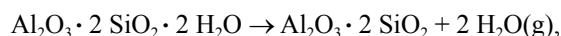
Fig. 1. Lattice of kaolinite
A kaolinitrács

2. Kaolinite

The theoretical formula for kaolinite is $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (other formulae are $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ and $\text{Al}_2\text{O}_7\text{Si}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), which represent a molecular weight of 258.071. Kaolinite has a 1:1 sheet structure composed of SiO_4 tetrahedral sheets and $\text{Al}(\text{O}, \text{OH})_6$ octahedral sheets (or, expressed in other way, $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ sheet and $[\text{Al}_2(\text{OH})_4]^{2+}$ sheet) with pseudo-hexagonal symmetry [2]. A structure of kaolinite is depicted in many textbooks and articles, e. g. [1, 4, 10], one from possible models is shown in Fig. 1. The sheets are created from planes, which are occupied as follows: $\text{O}_6 - \text{Si}_4 - \text{O}_4 - (\text{OH})_2 - \text{Al}_4 - (\text{OH})_6$. The morphology of the kaolin crystals is plate-like. The c-axis of the kaolinite crystal is perpendicular to the basal plane. A crystal system of the kaolinite is triclinic, the space group is P1, and lattice

3. Dehydroxylation

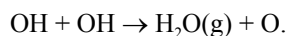
It is generally accepted, that a dehydroxylation begins at the temperature ~ 450 °C, although the first attributes of this process identified through mechanical [5], electrical [6] properties of kaolin (or unfired porcelain mixture), the isothermal weight loss in kaolin [7] shown, that the beginning of dehydroxylation can be shifted to the temperature ~ 420 °C. A chemical equation of dehydroxylation can be represented by several ways. The chemical equations describing this process are



or considering that in a unit cell there are eight OH groups, which undergo the following change



or



The water steam carries away 13.96% of the mass of the stoichiometric kaolinite during dehydroxylation. The result of this is decreasing of the specific mass of the kaolinite from 2.64 g/cm³ to 2.51 g/cm³, and increasing a porosity of the kaolin from ~45% to ~50% [7], and increasing its specific surface area ~5 m²/g [8].

Dehydroxylation occurs on the phase boundary. A mechanism of dehydroxylation includes a transport of OH⁻ groups to the phase boundary, then the reaction of the groups on the boundary and, finally, transport of the products (molecules H₂O) to the edge of the crystal. The rate of dehydroxylation is determined by the slowest process. It was revealed, that this process is diffusion of the molecules H₂O between layers of the kaolinite structure [4–13]. From this, the dehydroxylation is controlled by diffusion. The models of diffusion into cylinder (D2 model) and into sphere (D3 model) fit acceptably experimental results obtained from TGA. The model D2 is preferred because the kaolinite crystal is closer to a flat cylinder and a direction of the diffusion is radial along the layers. Activation energy of dehydroxylation for the following degree of the conversion $0 < \alpha < 0.65$ is 140–190 kJ/mol H₂O in dependence on size and defects of the kaolinite crystals. The smaller size have crystals and the more defects they content, the less activation energy is observed, which can decrease to 100 kJ/mol H₂O [4, 9, 14]. A rate of dehydroxylation is also influenced by the partial pressure of the H₂O vapor [12, 13, 17, 18].

From a different perspective, there are also experimental evidences for dehydroxylation as a reaction of the 1st order. Brindley and Nakahira came to this conclusion through isothermal TGA [19] and Anthony and Garn by the help of the gas chromatographic analysis [17, 18]. These authors discovered that dehydroxylation may be related to a reaction of the 1st order if H₂O molecules can escape without obstacles [17, 18]. The 1st order dehydroxylation kinetics is regarded also in a review [20]. Dehydroxylation rate is directly proportional to the surface area of the kaolinite crystals.

Authors of [10, 21] assume, that homogeneous and inhomogeneous mechanisms of the dehydroxylation are possible. In the homogeneous process water is formed by reaction between adjacent OH groups and migrate through the crystal. A consequence is the large disruption of the crystal lattice. The tetrahedral layer remains but octahedral layer destroys and the distance between these layers decreases. Every crystal cell loses one molecule H₂O, which is created by the jump of H⁺ between two neighbor OH⁻ groups. In the inhomogeneous process migration of H⁺ corresponding counter-migration of Al³⁺ and Si⁴⁺

between close microscopic regions are assumed. Water is lost from the first regions, which became micropores, and the structural continuity is preserved in the second regions, which became metakaolinite. The mechanism of the dehydroxylation was investigated in detail in [22] and it was determined that this mechanism is inhomogeneous for the temperatures lower than 455 °C. The inhomogeneous mechanism explains creation of the microporosity well.

Authors of the work [4] assume, that dehydroxylation is heterogeneous process. Not every molecule has the same probability for reaction, because the reaction is initiated in the defect places of the structure. Kinetics of dehydroxylation depends on defect density and the more perfect the structure, the higher the temperature of dehydroxylation. More present researchers regard dehydroxylation as a reaction with homogeneous mechanism.

Because of the condition that 2/3 of the OH groups in the octahedral layer are on the surface of the layer and 1/3 of the OH groups are inside, two difference activation energies of dehydroxylation can exist [4, 16]. Liberation of the outer OH groups appears at the temperature 420–600 °C, and the liberation of the inner OH groups appears at higher temperatures as far as 850–950 °C [25, 26, 27]. In these works, dehydroxylation as a two-step process is proposed. Estimated activation energy of the high-temperature step is ~56 kJ/mol H₂O. But it has to be said, that in spite of the theoretical possibility of the two-step dehydroxylation, neither thermogravimetry nor other experimental techniques do not show such course of the liberation of the constitutional water.

4. Metakaolinite

The result of dehydroxylation is a new phase called a metakaolinite. During this reaction, as XRD showed, the higher-order reflections lost their intensity and vanished in the XRD background. This result led to the opinion, that the metakaolinite can be amorphous, now a conception of the short-range order crystalline structure of metakaolinite predominates [1, 2, 23, 24]. The loss of high-order reflections indicates that dehydroxylation results in structural disturbances through the breaking of unstable bonds. As a result, the degree of ordering became lower than that in kaolinite as dehydroxylation progressed. The metakaolinite does not collapse but, rather, retains a layered structure. The first attempt to compile a crystallographic model of metakaolinite was made by Brindley and Nakahira, [23, 24], who proposed ideal well-ordered lattice depicted in Fig. 2. Metakaolinite maintains the *a* and *b* kaolinite lattice parameters, but *c*-axis parameter disappears, leading to diffuse of the XRD patterns. Octahedral layer is likely to be changed more than the tetrahedral silica layer during dehydroxylation process. Presumably, the remnant oxygen and vacant anion sites rearrange as a way to lower lattice energy. The structure of metakaolinite allows the kaolinite

to collapse to 0.63 nm in agreement with the measured densities of kaolinite and metakaolinite. Proposed structure of the metakaolinite shows no OH groups. A recent work [2] assumes the rearrangement of the oxygen and vacant sites, which gives stability to the layered structure. This rearrangement builds modulations along the c-axis in metakaolinite with a period of 0.14 nm.

A revisited structural model of metakaolinite was proposed by MacKenzie et al. by computer simulation and nuclear magnetic resonance studies [19]. This structure accounts the presence of 11-12% residual OH groups, which are incorporated in the Al-O layers.

A different view on the metakaolinite structure can be found in [28]. About 22% of the crystal volume is diverted by escaping H₂O. That theoretically decreases the lattice parameter *c* from the value 0.713 nm to 0.556 nm (parameters *a*, *b* remain to be constant). But experimentally it was found *c* = 0.685 nm. This disagreement was solved by a new model of the metakaolinite structure with high concentration of the polarized vacancies. That structure is unstable with excess of the lattice energy. This energy is released during exothermic reaction at the temperature 950 °C when the structure shrinks ~20% and changes into new phase with different structure.

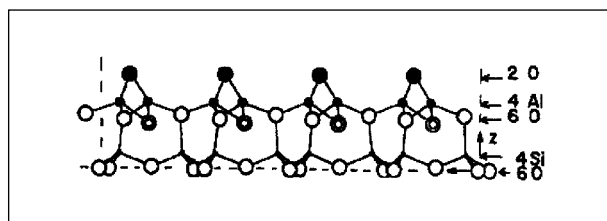


Fig. 2. Lattice of metakaolinite supposed by Brindley and Nakahira
A metakaolinitrács Brindley és Nakahira szerint

5. Conclusion

The study of dehydroxylation of kaolin, despite of the long time of investigation and many obtained results, continues to be attractive. The cross-flow of ideas still brings new impetus for application of the new sophisticated methods and techniques, which advance our knowledge and may build our conception of dehydroxylation sequence and the metakaolinite structure.

For the present day we know these facts about dehydroxylation:

- dehydroxylation begins at the temperature ~420 °C;
- water steam carries away 13.96% of the mass of the stoichiometric kaolinite;
- specific mass of the kaolinite decreases from 2.64 g/cm³ to 2.51 g/cm³;
- porosity of the kaolin increases from ~45% to ~50% and its specific surface area increases ~5 m²/g;
- dehydroxylation occurs on the phase boundary;
- kinetics of dehydroxylation depends on defect den-

sity. The more perfect the structure, the higher the temperature of dehydroxylation. Activation energy of dehydroxylation for degree of the conversion $0 < \alpha < 0.65$ is 140-190 kJ/mol H₂O in dependence on size and defects of the kaolinite crystals. The smaller size has crystals and the more defects they content, the less activation energy is observed, which can decrease to 100 kJ/mol H₂O;

- rate of dehydroxylation is influenced by the partial pressure of the H₂O vapor. The less this partial pressure, the higher rate of dehydroxylation is observed;
- it is not unambiguously stated which mechanism describes dehydroxylation. Homogeneous and inhomogeneous mechanism was proposed;
- dehydroxylation can be described by the model F1, (reaction of the 1st order) and by the model D2 or D3 (reaction controlled by diffusion). A comparison of the experimental values with theoretical values F1 and D2 (or D3) shown, that dehydroxylation mechanism can not be described by only one model in a full temperature region.

Acknowledgements

This work was supported by grant VEGA 1/3179/06.

References

- [1] Chin-Yi Chen – Wei-Hsing Tuan: Evolution of mullite texture on firing tape-cast kaolin bodies. J. Amer. Ceram. Soc., 85, 2002, N5, 1121–1126.
- [2] Sujeong Lee – Youn-Joong Kim – Hi-Soo Moon: Energy-filtering electron microscopy (EF-TEM) study of a modulated structure in metakaolinite represented by a 14 modulation. J. Amer. Ceram. Soc., 86, 2003, N1, 174–176.
- [3] Iqbal, Y. – Lee, W.E.: Microstructural evolution in triaxial porcelain. J. Amer. Ceram. Soc., 83, 2000, N12, 3121–3127.
- [4] Čičel, B. – Novák, I. – Horváth, I.: Mineralogy and crystallochemistry of clays. SAV, Bratislava, 1981.
- [5] Kozík, T. – Štubňa, I.: Mechanical strength of the ceramic material in the dehydroxylation temperature region. Silikáty, 25, 1981, N3, 237–241.
- [6] Kozík, T. et al.: The temperature dependence of the electric conductivity of unfired porcelain mixture. Ceramics-Silikáty, 36, 1992, N2, 69–72.
- [7] Knovel International Critical Tables, Physics, Chemistry and Technology. (1st electronic edition, 2003), www.knovel.com/knovel/databook/pdf/735/44927_05.9.pdf.
- [8] Norton, F. H.: Fine ceramics – technology and applications. McGraw-Hill Book Co., New York, 1970 (s. 240–243).
- [9] Horváth, I.: Sedlec kaolinite dehydroxylation kinetics. In: Proc. 7th Conf. Clay Mineral and Petrol. Karlovy Vary, 1976, 121–127.
- [10] Hanykýř, V. – Kutzendoerfer, J.: Technologie keramiky. Silis Praha a Vega Hradec Králové, 2000.
- [11] Hanykýř, V. – Maryška, M. – Bouška, P. – Pume, D.: Vznik keramického střepu a jeho stárnutí. Silika, 14, 2004, č. 5-6, 130–135.
- [12] Brindley, G. W. – Sharp, J. H. – Patterson, J. H. – Narahari, B. N.: Kinetics and mechanism of dehydroxylation process, I. temperature and vapor pressure dependence on dehydroxylation of kaolinite. The Amer. Mineralogist, 52, 1967, N1-2, 201–211.
- [13] Toussaint, F. – Fripiat, J. J. – Gastuche, M. C.: Dehydroxylation of kaolinite, I, kinetics. J. Phys. Chem., 67, 1963, N1, 26–30.
- [14] Horváth, I. – Kranz, G.: Thermoanalytic study of the high-tempe-

- ature dehydration of kaolins with different degree of the order. *Silikáty*, 24, 1980, N2, 149–160.
- [15] *Sánchez-Soto, P. et al.*: Effects of dry grinding on the structural changes of kaolinite powders. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 83, 2000, N7, 1649–1657.
- [16] *Pampuch, R.*: Infrared study of thermal transformation of kaolinite and the structure of metakaolin. *Prace mineral.*, 6, 1966, 53–70.
- [17] *Garn, P. D. – Anthony, G. D.*: The questionable kinetics of kaolin dehydroxylation. *J. Thermal Analysis*, 1, 1969, N1, 29–33.
- [18] *Anthony, G. D. – Garn, P. D.*: Kinetics of kaolinite dehydroxylation. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 57, 1974, N3, 132–135.
- [19] *Brindley, G. W. – Nakahira, M.*: Kinetics of dehydroxylation of kaolinite and halloysite. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 40, 1957, N10, 346–350.
- [20] *Carty, W. M. – Senapati, U.*: Porcelain – raw materials, phase evolution, and mechanical behavior. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 81, 1998, N1, 3–20.
- [21] *MacKenzie, K. J. D.*: Feats of clay, or mineral chemistry revisited. *Chemistry in New Zealand*, 1978, N3, 8–12.
- [22] *Sutch, P. R.*: Mechanism for the dehydroxylation of kaolinite, dickite and nacrite from room temperature to 455 °C. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 69, 1986, N1, 61–65.
- [23] *Brindley, G. W. – Nakahira, M.*: The kaolinite-mullite reaction series: I, A survey of outstanding problems. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 42, 1959, N7, 311–314.
- [24] *Brindley, G. W. – Nakahira, M.*: The kaolinite-mullite reaction series: II, Metakaolin. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 42, 1959, N7, 314–318.
- [25] *Kiselev, I. M.*: Firing of kaolin and investigation of fired products. PhD thesis stored in ONITECHIM, Čerkassy, 1978, No. 1762178.
- [26] *Živanovič, B. – Janovič, O.*: Dehydroxylation of kaolinite. *Hem. Ind.* 32, 1978, N8, 512–516.
- [27] *Poppe, L. – Gabor, M. – Wajand, J. – Szabó, Z.*: Two-step dehydroxylation of the kaolinite. In: *Proc. 1st Symp. Thermal Anal.*, Salford 1976, 332–335.
- [28] *Freund, F.*: Kaolinite-metakaolinite, a model of a solid with extremely high lattice defect concentration. *Ber. Deutsche Keram. Ges.*, 44, 1967, N4, 5–13.

* * *

BESZÁMOLÓ RENDEZVÉNYRŐL

Kazahsztán, az építési paradicsom

Fenti címmel tartott figyelemfelhívó előadást 2006. február 8-án *Németh János*, Magyarország kazahsztáni nagykövete a Szilikátipari Tudományos Egyesület Szigetelő Szakosztálya rendezvényén.

Kazahsztán Közép-Ázsia legnagyobb országa, korábban a Szovjetunió részét képezte, 1991. december 16-a óta független állam. Fejlődése látványos és igen gyors, melynek oka mindenekelőtt természeti kincsekben való gazdagsága.

A Szovjetunióban is az egyik leggazdagabb köztársaság volt, de önállósodása óta a természeti kincseivel maga gazdálkodik, így erőforrásai megalapozzák gyors fejlődését. Különösen kiemelkedő szénhidrogénvagyon, valamint jelentős az uránvagyon és szénbányászata is.

Fejlődésének egyik leglátványosabb jele a nagyarányú építkezés, mely az ipari létesítményeken túl az út-sztráda és a városfejlesztésekben mutatkozik meg. Új fővárost jelöltek meg az ország ázsiai területén, Asztanát. 1995-ben új alkotmányt fogadtak el. Kétkamarás parlamenttel, erős elnöki hatalommal rendelkező köztársaság. Elnökük a 2005-ben újraválasztott Nazarbajev.

Magyarországgal a külkereskedelme 2000–2004-ben megkétszereződött, a forgalom 2005-ben 160 millió USD volt. Minden alap megvan az ennél sokkal szorosabb és bővebb kapcsolatok kiépítésére, de ehhez szükséges az állami és a civil szféra fokozottabb kapcsolatkeresése és építése.

Magyarország számára elsősorban szolgáltatási és szellemi exportra van lehetőség. A gyors fejlődéshez nincs



elég építőanyag-kapacitásuk, főleg a befejező munkák anyagaiból, a különféle szigetelőanyagokból mutatkozik hiány. A távolság miatt persze az építőanyag-szállítás nem reális, de a gyártókapacitások tervezése, megvalósítása igen komoly üzleti lehetőséget rejt magában.

A magyarokat és munkájukat ismerik és elismerik. Korábban, főleg az 1980-as években, 5000 fő magyar szakember dolgozott egy időben a szénhidrogén-létesítmények megvalósításán (Tengíz). Az együttműködésnek akadálya gyakorlatilag nincs. A jogi keretek rendezettek, a piaci vállalkozások keretében megtalálhatók a kapcsolatok. Erős tőkésréteg alakult ki.

A nagykövetség fontos programként dolgozik a magyar üzleti lehetőségek megismertetésén és a kapcsolat építésén, vállalják a partnerkeresést, a megfelelő kapcsolatok kiépítését.

Érdeklődés esetén célszerű felvenni a kapcsolatot a Szilikátipari Tudományos Egyesületen Szigetelő Szakosztályával.

Pataky Elemér
SZTE Szigetelő Szakosztály titkára

A redukálószer hatása a cementek reológiai és kötési tulajdonságaira

Papp Krisztina, CEMKUT Kft.

cemkut@mcsz.hu

Bevezetés

2005 óta előírt követelmény az EU tagországaiban, hogy a cementek vízzoldható Cr(VI)-tartalma maximálisan 2 mg/kg (ppm) lehet. Ez a követelmény a cementipari gyakorlatban csakis megfelelő minőségű redukálószeres megfelelő mennyiségben történő adagolásával teljesíthető.

A cementhez adagolandó redukálószer mennyiségének meghatározásánál ismerni kell a cement vízzoldható [Cr(VI)-] krómtartalmát, a redukálószer összetételét, minőségét. A biztonságos és hatékony redukáláshoz a cementipari gyakorlatban a sztöchiometriailag kiszámított redukálószer-igényhez képest redukálószer-„túladagolást” kell alkalmazni, mely irodalmi adatok és külföldi tapasztalatok szerint akár 30-szoros is lehet. A redukálószer adagolandó mennyiségét, ill. a túladagolás mértékét az adott üzem tapasztalatainak, ill. tényleges méréseinek figyelembevételével állapítják meg.

A hazai cementgyárak részéről felvetődött a kérdés, hogy a redukálószer mennyisége befolyásolja-e a cement minőségét, elsősorban reológiai és kötési tulajdonságait.

Kísérleti anyagok és vizsgálati módszerek

A vizsgálatokhoz redukálószer nem tartalmazó üzemi CEM I 42,5 N portlandcementet (*alapcement*), valamint *Ferro Duo* redukálószer használtunk, mely halványzöld színű, a cementnél durvább szemcsézetű, összetapadt agglomerátumokat, csomókat tartalmazó porszerű anyag. Röntgendiffrakciós vizsgálataink szerint az általunk használt redukálószer vas(II)sulfát-hidrát módosulatok – heptahidrát ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$), tetrahydrát ($\text{FeSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) és monohidrát ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) – keveréke. (Finomság: $>200 \mu\text{m} = 49,0 \text{ m/m} \%$; $>90 \mu\text{m} = 73,0 \text{ m/m} \%$) [1].

A kísérleti cementeket a redukálószer-mentes *alapcement*ből (C_{V0}), *Ferro Duo* redukálószer különböző mennyiségű (0,4; 0,8; 1,6; ill. 3,2 $\text{m/m} \%$) adagolásával, laboratóriumi keverőtartályban homogenizálással állítottuk elő (a cementek jele: **K1**, **K2**, **K3**, **K4**), majd megvizsgáltuk a cementek SO_3 -tartalmát, valamint reológiai és kötési tulajdonságait.

Az előállított cementek, illetve cementpépek reológiai (folyási) tulajdonságainak összehasonlító vizsgálatát *RHEO-TEST 2* rotációs viszkoziméterrel végeztük (1. ábra).

1. táblázat

Redukálószer nem tartalmazó üzemi CEM I 42,5 N cement (alapcement) kémiai és ásványi összetétele

Kémiai összetétel [m/m%]	Ásványi összetétel (Bogue szerint számított) [m/m %]
Izzítási veszteség	C_3S 62,69
SiO_2	C_2S 7,16
Fe_2O_3	C_3A 8,32
Al_2O_3	C_4AF 9,52
TiO_2	CaSO_4 4,85
CaO	
MgO	Modulusok számított értékei
K_2O	AM 1,77
Na_2O	SM 2,2
SO_3	TT 0,95
Oldhatatlan maradék	KSt 98,33%
CaO _{szabad}	
„összes” (Cr)-króm* 110 mg/kg [ppm]	
Vízzoldható [Cr(VI)]-króm** 11,69 mg/kg [ppm]	

* MSZ 21978-18:1986 sz. szabvány szerint – a minták $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ -vel történő roncsolása után – ICP-AES (Atomemissziós plazmaspektrometriás) módszerrel.

** TRGS 613:2002 sz. Műszaki Szabályok szerint.



1. ábra. RHEO-TEST 2 rotációs viszkoziméter

* A 2005. októberi Cementipari Konferencián elhangzott előadás szerkesztett változata.

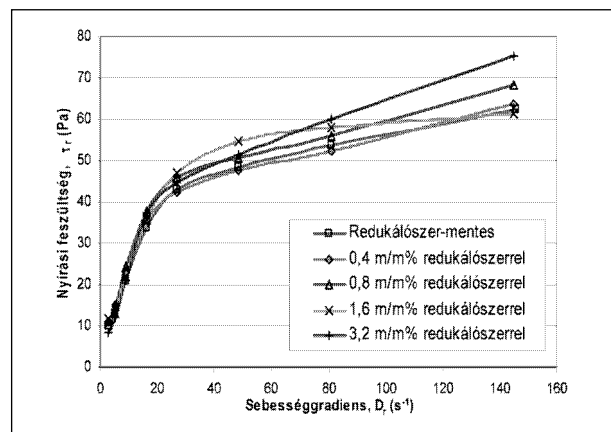
Néhány szó a reológiai vizsgálatokról általában [2]. A szilárd anyagokban, folyadékokban és szuszpenziókban az anyag mechanikai viselkedését, azaz az alakváltozást okozó erő (az anyagban ébredő feszültség) és az idő közötti összefüggést a reológia vizsgálja. Az alakváltozás lehet rugalmas deformáció, folyás, vagy rugalmas plasztikus deformáció. A folyadékok, szuszpenziók áramlásában igen fontos szerepet játszik a belső súrlódás, a viszkozitás. Newton súrlódási törvénye ($\tau = \eta \cdot D$) lamináris áramlási viszonyok között az η dinamikai viszkozitást arányossági tényezőként határozza meg az egymáson elcsúszó folyadékrétegek között támadó τ nyírófeszültség és az erre merőleges D sebességgradiens (deformáció sebesség) között.

A különböző mennyiségű Ferro Duo redukálószerrel előállított cementek folyási tulajdonságainak összehasonlíthatósága érdekében azonos mérési tartományban, azonos körülmények között, azonos víz/cement tényezőkkel ($v/c = 0,42$ ill. $0,46$) dolgoztunk. Mivel a viszkozitás hőmérsékletfüggő tulajdonság, reológiai vizsgálatainkat klimatizált helyiségben, állandó hőmérsékleten ($20 \pm 0,5$ °C-on) végeztük [3]. A vizsgálat ideje mindkét v/c tényező esetén 60 perc volt.

Vizsgálati eredmények

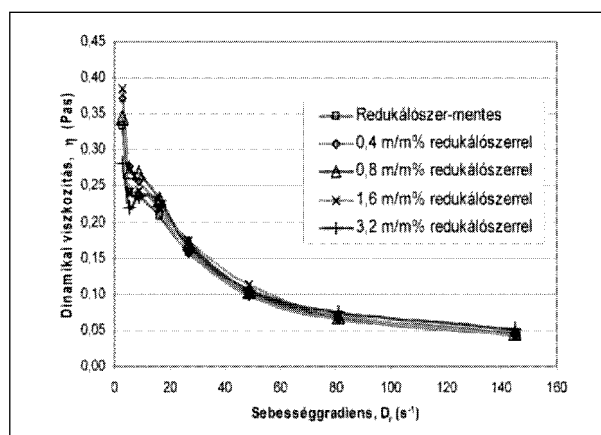
1. A cementek reológiai tulajdonságai

Az 2–5. ábrák a cementek nyírási feszültségeinek, ill. dinamikai viszkozitásainak alakulását mutatják a $0,46$ v/c tényező esetén a 0., ill. a 60. percben.

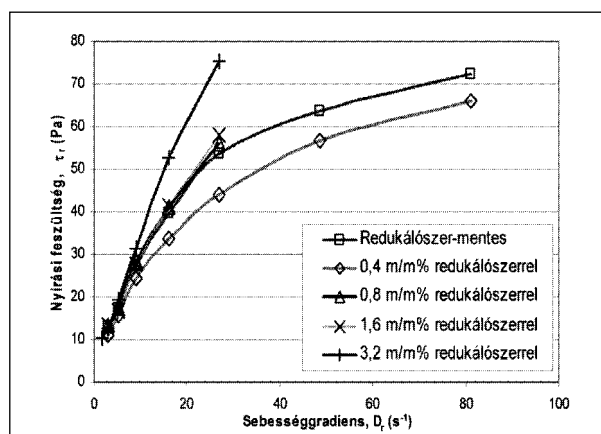


2. ábra. A cementek nyírási feszültsége $v/c = 0,46$ esetén a 0. percben

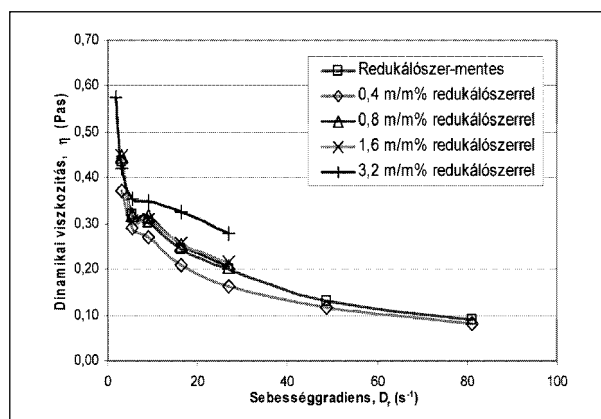
Látható, hogy a cementpépek τ nyírási feszültsége és η dinamikai viszkozitása – $0,46$ víz/cement tényező mellett általában minden vizsgált mérési idő (0., 15., 30., 60. perc) esetén – a redukálószer mennyiségének növekedésével nőtt, azaz a nagy (1,6; 3,2 m/m%) redukálószer-tartalmú cementpépek sűrűbbé, nehezebben kezelhetővé váltak, mint a kis (0,4; 0,8 m/m%) redukálószer-tartalmú pépek. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a nagy redukálószer-tartalmú cementek vízigénye nő, bedolgozhatósága nehe-



3. ábra. A cementek dinamikai viszkozitása $v/c = 0,46$ esetén a 0. percben



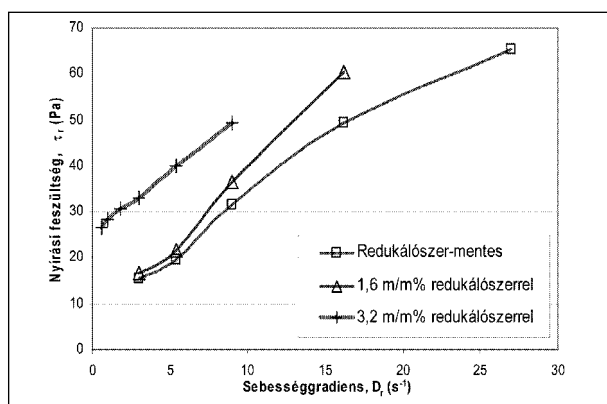
4. ábra. A cementek nyírási feszültsége $v/c = 0,46$ esetén a 60. percben



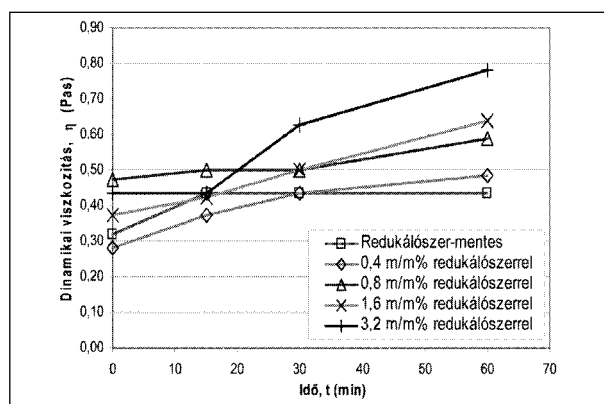
5. ábra. A cementek dinamikai viszkozitása $v/c = 0,46$ esetén a 60. percben

zebbé válik. Hasonló megállapításra jutottunk $v/c = 0,42$ víz/cement tényező esetén is.

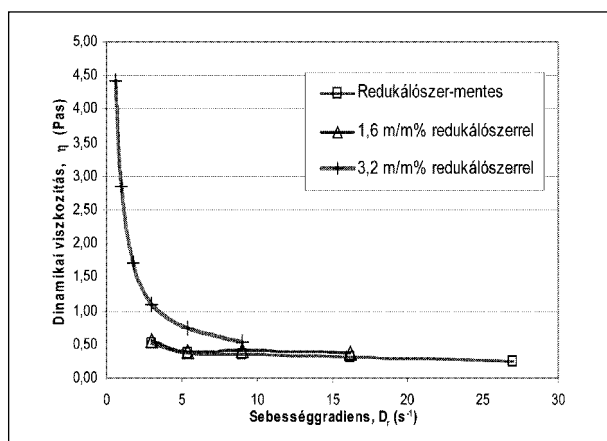
Megfigyelhető továbbá, hogy minél több a redukálószer-tartalom a cementpépben, annál nagyobb lesz nyírási és viszkozitási görbéinek meredeksége (rövidebb idő alatt nő meg a nyírási feszültség és a dinamikai viszkozitás). A ce-



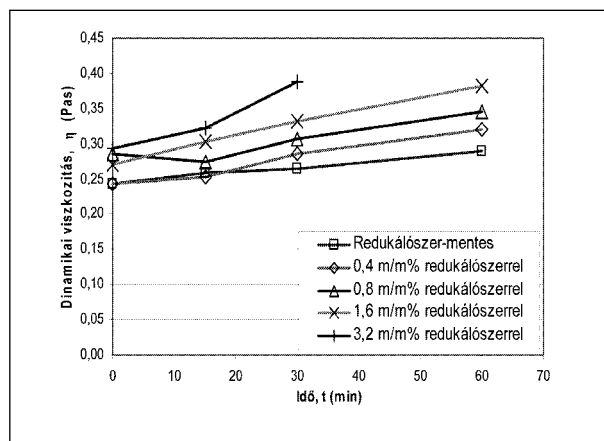
6. ábra. A cementek nyírási feszültsége $v/c = 0,46$ esetén a 150. percben



8. ábra. A cementek dinamikai viszkozitásának alakulása az idő függvényében; $D = 3 \text{ s}^{-1}$



7. ábra. A cementek dinamikai viszkozítása $v/c = 0,46$ esetén a 150. percben



9. ábra. A cementek dinamikai viszkozitásának alakulása az idő függvényében; $D = 16,2 \text{ s}^{-1}$

mentpépek reológiai tulajdonságai közti különbségek az idővel egyre szembetűnőbbé válnak.

Ez utóbbit támasztják alá az $1,6 \text{ m/m}\%$, ill. a $3,2 \text{ m/m}\%$ redukálószer-tartalmú (K_3 és K_4 -jelű) cementmintákból, $v/c = 0,46$ -tényezővel készült cementpékek 150 perces vizsgálatának eredményei is (6. és 7. ábra).

Megállapítható, hogy a nagy redukálószer-tartalmú cementpékek nyírási feszültsége és dinamikai viszkozitása hosszabb idő (150 perc) után is nagyobb, mint a kis redukálószer-tartalmú cementeké.

Az elmondottakat támasztja alá a cementpékek η dinamikai viszkozitásainak vizsgálata a viszkoziméter rotorjának (forgó hengerének) adott forgási sebessége (D) esetén. A viszkozitás-idő függvényeket a 8–9. ábrák szemléltetik ($v/c = 0,42$).

Látható, hogy a dinamikai viszkozitásgörbék változásának jellege hasonló. A nagy ($3,2 \text{ m/m}\%$) redukálószer-tartalmú (K_4 -jelű) cement görbéi a 15. és 30. perc között hirtelen meredekség- (azaz viszkozitás-) növekedést mutatnak.

2. A cementek kötési tulajdonságai

A 10–11. ábrák az előállított cementek vízigényét és kötési idejének alakulását mutatják.

A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a cementek vízigénye a redukálószer mennyiségének növekedésével nő. A redukálószer mennyiségének növekedésével a cementek kötésének kezdete és kötési ideje elhúzódik.

3. A cementek SO_3 -tartalma és térfogat-állandósága

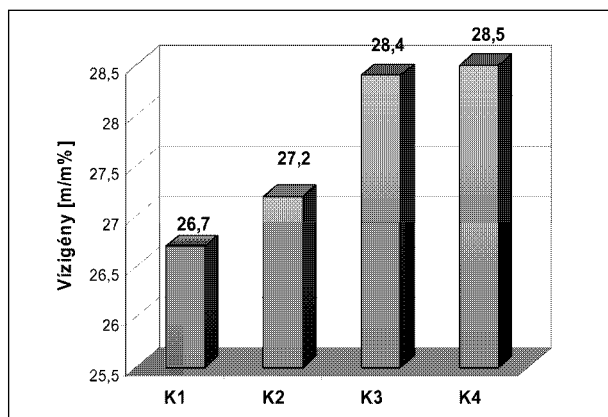
Redukálószer alkalmazása esetén a cement-kötésszabályozó anyagok mellett a redukálószer-adagolástól függő mennyiségben szulfátok kerülnek a cementbe, melyek növelik annak SO_3 -tartalmát.

A kísérleti cementek SO_3 -tartalmának meghatározását az MSZ EN 196-2:1996, szabványos térfogat-állandósági vizsgálatát az MSZ EN 196-3:1996 sz. szabványok szerint végeztük.

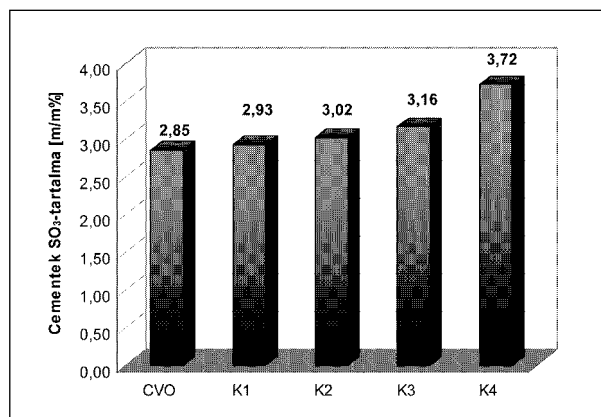
A 12. ábra a különböző redukálószer-tartalmú cementek SO_3 -tartalmát, a 13. ábra a Le Chatelier-gyűrűvel mért térfogatváltozását mutatja.

A cementek SO_3 -tartalmának az adott tartományban történő növekedésével a térfogatváltozás mértéke is némileg változott, de egyik esetben sem haladta meg a szabvány által előírt értéket ($3,2 \text{ m/m}\%$ esetén is csak $3,0 \text{ mm}$).

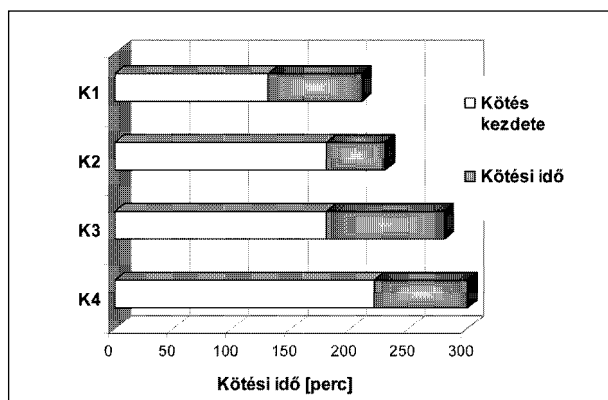
Munkavédelmi szempontból fontos, hogy a redukálószer hatása a cement vízzel történő összekeverése során azonnal és minél nagyobb mértékben érvényesüljön.



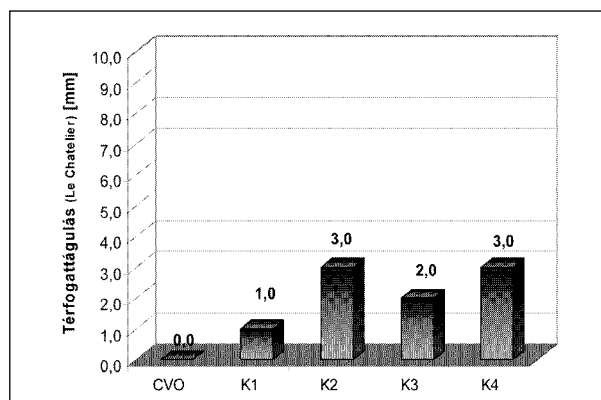
10. ábra. A cementek vízigénye



12. ábra. Különböző redukálószer-tartalmú cementek SO₃-tartalma



11. ábra. A cementek kötési idejének alakulása



13. ábra. Különböző redukálószer-tartalmú cementek térfogatváltozása

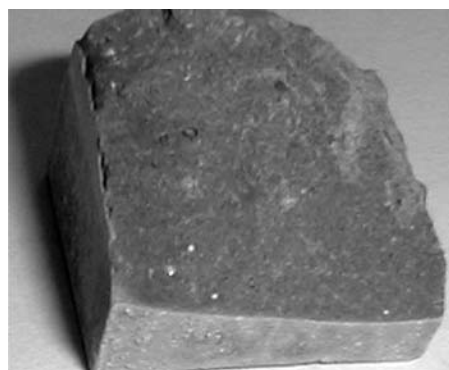
Köztudott, hogy a redukálószer redukáló hatékonysága elsősorban a redukálószer *oldhatóságától* függ, mely utóbbit a redukálószer *finomsága és összetétele* – heptahidrát ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$), tetrahydrát ($\text{FeSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$), monohidrát ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) – határozza meg [4].

Megvizsgáltuk, hogy a *redukálószer mennyisége*, ill. *koncentrációja a cementpépben* hogyan befolyásolja a redukálószer oldhatóságát.

Megállapítottuk, hogy a kis mennyiségű (0,4; 0,8 m/m%) redukálószer-tartalmazó cementekben a redukálószer szemcséi a 60 perces vizsgálat végéig feloldódtak, a megszilárdult, 28 napos hasáb töretében jele sem volt fel nem oldódott, ill. oxidálódott (rozsdás) redukálószer-szemcséknek.

Ezzel szemben nagy mennyiségű (pl. 1,6; 3,2 m/m%) redukálószer-tartalmú cementekben a durva redukálószer-szemcsék mérete az idő előre haladtával csökkent, de ezek a 60 perc alatt, tehát a vizsgálat végéig sem oldódtak teljes mértékben. Még a 28 napig szilárdult hasáb töretében is láthatók voltak fel nem oldódott, ill. később feloldódott szemcsék nyomai (14. ábra).

A vizsgálati eredményekből olyan következtetés vonható le, hogy a redukálószer oldhatóságát, ill. hatékonyságát a cementhez adagolt *redukálószer mennyisége*, ill. a cementpépben lévő *koncentrációja* is befolyásolja, mely bizonyos mennyiségen túl már hátrányos is lehet.



14. ábra. 1,6 m/m% redukálószer-tartalmú cementpépből készült 28 napos, kisméretű próbatest törete

Fontosabb megállapítások és következtetések

A laboratóriumi körülmények között előállított, különböző mennyiségű redukálószer-tartalmazó cementek reológiai és kötési tulajdonságainak vizsgálata során a következő megállapításokra jutottunk.

- A redukálószer, ill. annak mennyisége a cementpép reológiai és kötési tulajdonságaira egyaránt befolyással van. A redukálószer mennyiségének növekedésével a cementpépek τ nyírási feszültsége, η dinamikai viszkozitása, valamint a cementek vízigénye nő, kötésének kezdete és kötési ideje elhúzódik. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a nagy redukálószer-tartalmú cementek *bedolgozhatósága nehezebbé válik*.
- A cementhez adagolt redukálószer mennyisége hatással van a redukálószer *oldhatóságára*, ill. *oldódási idejére*. Nagy mennyiségű (pl. 1,6 ill. 3,2 $\text{m}/\text{m}\%$) redukálószer nehezebben, ill. hosszabb idő alatt oldódik fel a cementpépben, mint kisebb (pl. 0,4 ill. 0,8 $\text{m}/\text{m}\%$) mennyiségben történt adagolás esetén.

- A cement redukálószer-tartalmának 3,2 $\text{m}/\text{m}\%$ -ig történő növelésével a cementek SO_3 -tartalma és a térfogatváltozás mértéke is némileg változott, de egyik esetben sem haladta meg a szabvány által előírt értéket.

Irodalom

- [1] *Opoczky, L.*: A kromátszegény cementek üzemi előállításával összefüggő cementkémiai, cementtechnológiai és cementminőségi kutatások, vizsgálatok. Szaktanácsadás a témát érintő kérdésekben. Részjelentés. CEMKUT Kft., CK-7/2005, Budapest.
- [2] *Tarján Iván*: A mechanikai eljárás technika alapjai. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1997.
- [3] *Jankó, A. – Papp, K.*: A REA-gipsz felhasználásával összefüggésben fellépő technológiai és cementminőségi kérdések vizsgálata, különös tekintettel a cementek reológiai és kötési tulajdonságaira. Jelentés. CEMKUT Kft., CK-21/2004, Budapest.
- [4] *Opoczky, L.*: Alternatív anyagok cementipari hasznosításával összefüggésben cementkémiai, cementtechnológiai, környezeti hatásainak vizsgálata. Kutatása, különös tekintettel a nyers-, ill. cementkiegészítő anyagként felhasználható alternatív anyagokra. Jelentés. CEMKUT Kft., CK-8/2003, Budapest.

* * *

BESZÁMOLÓ RENDEZVÉNYRŐL

Építészek és Mérnökök IV. Épületszigetelési Konferenciája

2006. március 8-án került sor a tavasz legnagyobb létszámú szakmai rendezvényére, immáron negyedik alkalommal, a Budapesti Műszaki Egyetem dísztermében.

A főrendező VILLAS Hungária Kft. és a tizenhárom társrendező cég komoly segítséget kaptak a támogatóktól: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Magyar Építész Kamara, Mérnök Kamara, Épületszigetelők, Tetőfedők és Bádogosok Magyarországi Szövetsége, Építéstudományi Egyesület Építész Szakosztálya, valamint Szilikátipari Tudományos Egyesület Szigetelő Szakosztálya. A regisztrációnál 516 érdeklődő adta le a névkártyáját. Nem tartott előadást, de kiállította termékeit a SCHÖCK Hungária Kft. és a KRAIBURG GmbH.

Becker Gábor DLA tanszékvezető tanár megnyitó szavai gondolkodóba ejthették a hallgatóságot, mivel az oktatás jelenlegi helyzetéről is beszélt. Gondolata ezen esemény kapcsán: „... visszatérés az alma materba ...” jól jellemezte az egész rendezvényt.

A megnyitó elméleti előadást *Horváth Sándor* egy. adjunktus, az IFD elnöke tartotta, figyelemfelkeltő megállapításokat tartalmazó „szerkezettanórája” a csarnokszerkezetek tervezésének és építésének tipikus hibáit is bemutatta.

A csarnokszerkezetek különböző szerkezeti kialakítását *Horváth Csaba* (LINDAB Kft.), *Trabach János* (Kingspan Kft.) és *Gerendi Gábor* (RW Bautech Kft.) ismertették saját termékeiken keresztül.

A módosult hőszigetelési előírások legfontosabb alkal-

mazási elveiről *Lestyán Mária* (ROCKWOOL Kft.) beszélt, majd speciális hőszigetelési megoldások bemutatása következett *Szatmári Zoltán* (BACHL Kft.) és *Kovács Zoltán* (AUSTROTHERM Kft.) előadásaiban.

Böcskei Zsolt ügyvezető igazgató (VILLAS Hungária Kft.) köszöntötte a jelen levő hölgyeket „nők napja” alkalmából.

A VILLAS Hungária Kft. az elmúlt évben megjelentette a szigetelési szakma legfontosabb kiadványát, a lapostetőszigetelések kivitelezői kézikönyvét. Megköszönte a jelen levő szerzők, *Bangha László*, *Zádor Oszkár*, *Szász Pál* és *Haraszi László* munkáját.

Györök János (Heraklit Hungária Kft.) az akusztikai megoldásokról beszélt *Arató Éva* meghívott vendég előadóval. Ezt követték a padlószigetelési megoldások *Farkas Imre* (DÖRKEN Kft.) és a tetőszigetelési és párvédelmi megoldások bitumenes lemezekkel *Haraszi László* (VILLAS Hungária Kft.) ismertetőjében. A PVC-anyagú tetőszigetelések új termékeiről *Szabó Ferenc* (SOLVAY Kémia Kft.) beszélt.

Alle László (Geberit Kft.) a vízvezetés különleges megoldását ismertette, majd *Topor László* (ESSMANN Hungária Kft.) látványos bemutatót tartott a csarnokszerkezetek füstmentesítő felülvilágítóiról. Ezt követte *Bíró Boldizsár* (EJOT Hungária Kft.) lapos tetők rögzítéstechnikájára vonatkozó ismertetője. A záró előadásban *Molnár Tamás* (FEBA Kft.) az épületszerkezeti hőhidak termovíziós vizsgálatának hasznosságát ismertette. Ezután *Horváth Sándor* lépett újra az emelvényre, és a feltett kérdésekre válaszolt.

Böcskei Zsolt zárszavában megígérte, hogy „... újra találkozzunk az alma materban egy év múlva, ugyanitt, ugyanezért...” a téma az épületek teljes körű felújítása lesz, a 2006. januárjától bevezetett előírások tükrében.

Haraszi László
SZTE Szigetelő Szakosztály vez. tag

A viszkozitás szerepe az üvegyártásban

Szemán József

jszeman@freemail.hu

Effect of viscosity by the glass production

This report shows the usable processing of tested glass viscosity and temperature. It uses examples for preferences and disadvantages

of graphic and no graphic methods. To determine the value of VFT constants first rearrange the VFT equation. Next adapts the linear regression method. It exhibits to practice the method using tested data and for the validity shows using DGG glass standard data.

Az üvegyártás minden fázisában: az olvasztás, az üvegeképződés, a tisztulás, a homogenizálódás, a kidolgozás, az alakítás, a fémekkel való összeolvasztás során a viszkozitásnak meghatározó befolyása van. A gazdaságos termeléshez, üzemvezetéshez, közben tartható minőségirányításhoz feltétlenül ismerni kell az üveg viszkozitásának hőmérsékletfüggését. A viszkozitás és a hőmérséklet kapcsolatát a több hőmérsékleten meghatározott viszkozitásértékkel, illetve az ebből szerkesztett viszkozitásgörbével jellemezzük.

Az irodalomban többféle mérésértékelési módszer található, melyekhez speciális vizsgálatokat kell elvégezni, vagy egyedi számítógépes programokra van szükség.

Az általam kidolgozott és bemutatandó eljárással viszonylag egyszerűen kezelhető és az üveg teljes viszkozitástartományára jellemző viszkozitási modellt kapunk. A továbbiakban bemutatom a korábbiakban alkalmazott viszkozitásértékeléseket, előnyeiket, hátrányaikat és az új, statisztikai feldolgozáson alapuló módszert.

A viszkozitás hőmérsékletfüggése

Az üveg viszkozitása a gyártás, a feldolgozás során 10^0 – 10^{16} dPas (poise) tartományban van, és a hőmérséklettel exponenciálisan, illetve hiperbolikusan változik.

A különböző folyadékok viszkozitásának hőmérsékletfüggésére Vogel [1] a következő összefüggést dolgozta ki:

$$\log \eta = A + B/(T - T_0)$$

ahol

η a viszkozitás,
A, B, T_0 konstansok és
T a hőmérséklet.

Kocsis Géza kimutatta [2], hogy az A, B üvegről üvegre

viszonylag kicsit változik, de T_0 rendkívül erősen változik a kémiai összetétellel.

Az üveg jellemző viszkozitási pontjai

Aggregációs pont: a 10^1 poise hőmérséklete, az üvegszerkezet kialakulásának határa.

Olvasztási pont: a 10^2 poise hőmérséklete, az üveg olvasztása e hőmérsékleten történik.

Likvidusz pont: a $10^{2.5}$ poise hőmérséklete, az üvegolvadékban a folyadék és a kristályos fázis egyensúlyban van.

Munkapont: a 10^3 poise hőmérséklete, az egyes üvegalkító technológiákra jellemző.

Kidolgozási pont: a 10^4 poise hőmérséklete, az üvegolvadék formálható, alakítható.

Folyási pont: a 10^5 poise hőmérséklete, az üvegolvadék folytni kezd.

Lágyulási (Littleton) pont: a $10^{7.65}$ poise hőmérséklete, az üveg meglágyul, hajlítható.

Felső hűtési pont: a 10^{13} poise hőmérséklete, az üveg szilárd, és a benne levő káros feszültségek 15 perc alatt megszűnnek, a kristályosodás itt befejeződik.

Alsó hűtési pont: a $10^{14.5}$ poise hőmérséklete, a szilárd üvegben a káros feszültségek 15 óra alatt értékük 10%-ára csökkennek le.

Üveghossz (kidolgozhatóság) ΔT : a 10^4 és $10^{7.65}$ poise hőmérsékletei közötti különbség.

Csepp-, alakítási, feeder-, gobhőmérséklet: az adott gépre, technikára jellemző helyen mért viszkozitáshoz tartozó hőmérséklet.

A felsorolt viszkozitási pontok részben szabványokban rögzítettek, részben egyes területek szakmai zsargonjában használatosak.

Viszkozitásmérések feldolgozása

Az üveg viszkozitálásának mérésére számos különböző elven működő módszert és műszert, berendezést használnak az óriási mérendő viszkozitástartomány miatt. A mért értékekből a korábban említett, adott technikához, technológiához szükséges viszkozitás-hőmérsékleteket kell meghatározni.

A mért értékek elemzésére szintén hatalmas számú értékelési módszert alkalmaznak. A módszereket két nagy csoportba lehet foglalni:

- a) adott hőmérséklet-tartomány jellemzése,
- b) teljes viszkozitástartomány leírása.

A lehetséges feldolgozásokat példászerűen a gyakorlatban alkalmazott módszerekkel mutatom be.

A viszkozitásméréshez és a párhuzamos oxidos üvegösszetétel meghatározáshoz kéthetente vettünk mintát a feeder kifolyásnál a már homogén üvegből. A mintákat aprítottuk, feleztük, és az egyik adagból a viszkozitásméréshez használt platinatégelyben 1050 °C-on 16 órás homogenizáló olvasztást végeztünk. A viszkozitást golyóhúzásos viszkoziméterrel mértük 900, 950, 1000, 1150, és 1300 °C-on. Minden egyedi mérést háromszor ismételtük, és a mért értékek átlagát tekintettük eredménynek. A viszkozimétert DGG standard üveggel kalibráltuk.

A további feldolgozásokat a következő mérési eredményekkel mutatom be (1. táblázat).

Mért viszkozitásiértékek
Tested viscosity

T, °C	η_1 poise	η_2 poise	η_3 poise	η átlag poise
1300	73	85	56	71
1152	169	154	130	151
1002	867	726	738	777
950	1829	1655	1739	1741
901	5166	4641	4582	4796

1 táblázat

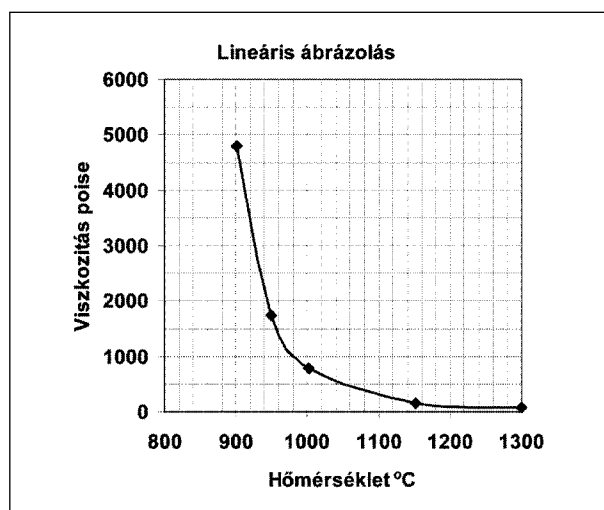
Grafikus feldolgozások

Lineáris ábrázolás

Módszer: az egyedi mérési pontok ábrázolása és összekötése flexibilis görbevonalzóval és a 10^2 , illetve 10^3 poise hőmérséklet kivetítése a T hőmérséklettengelyre (1. ábra).

Hátrányok:

- szubjektív görbeszerkesztés,
- hőmérséklet-leolvasás szubjektív,
- 10^1 – 10^4 poise tartományon túlra az extrapolálás megoldhatatlan,
- ΔT meghatározhatatlan.

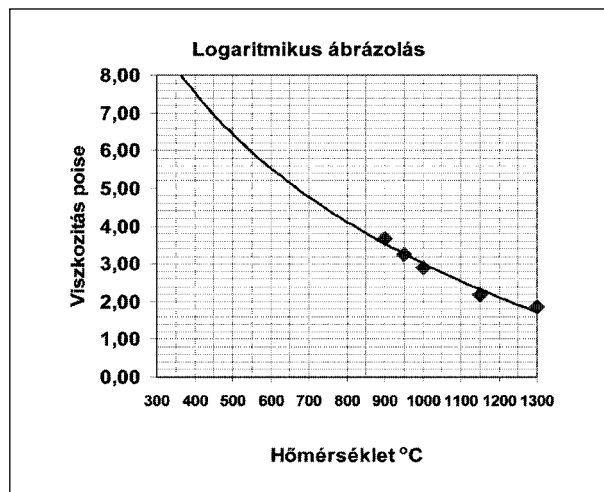


1 ábra. Lineáris ábrázolás
Linear plotting of temperature and viscosity

Előny: gyorsan, egyszerűen végrehajtható, nem igényelt számítógépes háttérrel, sok számolást ('80-as évek).

Logaritmikus ábrázolás

Módszer: az egyedi viszkozitáspontok logaritmusának ábrázolása és összekötése flexibilis görbevonalzóval, és a 10^2 , 10^3 , 10^4 , illetve $10^{7.64}$ poise hőmérséklet kivetítése a T hőmérséklettengelyre (2. ábra).



2 ábra. Logaritmikus ábrázolás
Logarithmic plotting of temperature and viscosity

Hátrányok:

- szubjektív görbeszerkesztés,
- hőmérséklet-leolvasás szubjektív.

Előny:

- a kevésbé ívelő görbe biztosabban megszerkeszthető, gyorsan, egyszerűen végrehajtható, nem igényel számítógépes háttérrel,

- $10^{7,65}$ poise is ábrázolható, az extrapolálás megoldható, ΔT meghatározható.

Nem grafikus feldolgozások

VFT összefüggés alkalmazása

Módszer: a viszkozitás-hőmérsékletfüggést leíró VFT egyenlet állandóinak meghatározása összetartozó mért értékekkel:

$$\log \eta = A + B/(T - T_0)$$

Az irodalom [3] a következő 3 fix pontot javasolja az együtthatók meghatározásához:

- kidolgozási pont, viszkozitása 10^4 poise,
- lágyulási pont, viszkozitása $10^{7,65}$ poise,
- felső hűtési pont, viszkozitása 10^{13} poise.

A mért értékekkel megoldva az egyenletet, megkapjuk A, B, T_0 értékét.

Méréseink viszont a 10^1 – 10^4 poise tartományban helyezkednek el. Kérdés, hogy melyik 3 értéket célszerű felhasználni az 5 mérésből a konstansok meghatározásához?

A döntéshez a lehetséges hármas csoportosításokkal számítottuk az együtthatókat és a 10^3 , 10^4 , $10^{7,65}$ poise hőmérsékletét (2. táblázat).

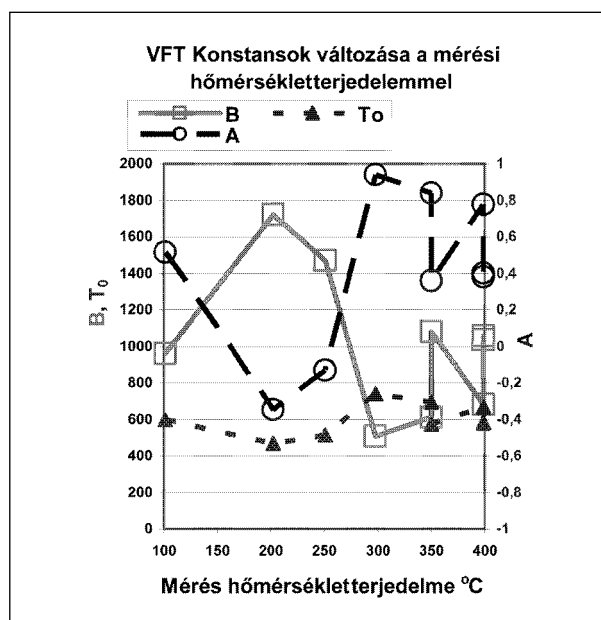
2. táblázat

Számolt VFT állandók
Calculated VFT constants

Mérések	A	B	T_0	T_3	T_4	$T_{7,65}$
123	0,941	508,6	741	988		817
124	0,84	611,6	695,3	978		785
125	0,776	680,8	666,6	973		766
134	0,361	1081	574,6	984		723
135	0,381	1058	580,4	984		726
145	0,402	1037	584,9	984		728
234	-0,345	1722,1	469,8	985		685
235	-0,131	1472	514,9	985		704
345	0,516	960,1	597,6	984		732
Átlag	0,416	1015	602,8	983		741
Minimum	-0,345	508,6	469,8	973		685
Maximum	0,941	1722,1	741	988		817
Terjedelem	1,286	1213,5	271,2	15	41	132
Terj. hiba %	309,1	119,6	45	1,5	4,7	17,8

A VFT konstansait és a számított viszkozitás-hőmérsékleteket erősen determinálja a mérés hőmérséklet-tartománya, így megbízhatatlan (3. ábra).

A számolt konstansok periodikus ingadozást mutatnak, és különböző nagyságrendjeik ellenére jól megfigyelhető A és B ellentétes irányú mozgása. A számolt T_3 , T_4 , $T_{7,65}$



3. ábra. VFT állandók mérésfüggése
VFT constants correlate with temperature range

hőmérséklet tartományai elfogadhatatlanul szélesek. Összefoglalva: a három pont kijelölése önkényes, és ezzel az együtthatók is más-más, elfogadhatatlanul különböző értéket eredményeznek.

Lineáris regresszió használata a VFT konstansok meghatározására

„A regresszióanalízis változó mennyiségek közötti összefüggés ismeretlen állandóinak meghatározására is szolgál ... a legkisebb négyzetek elvének alkalmazásával. ... A lineáris regresszió alkalmazásának feltétele, hogy az elméleti összefüggést lineáris alakban kell felírni.” [4]

A VFT függvény linearizálása

Az erősen nemlineáris, hiperbola és exponenciális tulajdonságokkal is rendelkező összefüggés segédváltozók bevezetésével lineárisra alakítható:

$$\eta_i = \exp(A + B/(T_i - T_0)) \quad (1)$$

$$v_i = \log \eta_i = A + B/(T_i - T_0) \quad (2)$$

$$\text{átrendezve: } v_i - A = B/(T_i - T_0) \quad (3)$$

$$v_i T_i - v_i T_0 - A T_i + A T_0 = B \quad (4)$$

$$v_i T_i = A T_i + v_i T_0 - A T_0 + B \quad (5)$$

új változók bevezetésével legyen:

$$Z_i = v_i T_i \quad (6)$$

és

$$-A T_0 + B = D \quad (7)$$

a segédváltozókkal az új alakú függvény:

$$Z_i = \alpha T_i + \beta Z_i - D \quad (8)$$

Ez már lineáris kétismeretlenes összefüggés a T_i és v_i független és $Z_i = v_i T_i$ függő változóval, amiből A, B, T_0 meghatározható lineáris regresszióval. A mért értékekből a v_i és Z_i segédváltozók értékeit számítva az Excel lineáris regresszió programcsomagját használva a következő értékeket kapjuk.

Eredmények

A korábban ismertetett átalakításokba visszahelyettesítve a VFT egyenlet konstansai:

$$\alpha = 0,57005 = A$$

$$\beta = 628,1 = T_0$$

$$D = 497,95 = -AT_0 + B \Rightarrow B = D + AT_0 = 856,0$$

ahol:

$$A = 0,57005$$

$$B = 856,0$$

$$T_0 = 628,1$$

$$r^2 = 0,9993$$

A kapott eredmény megbízhatóságát a magas, 1 közeli r^2 is alátámasztja. Azaz a mérést leíró összefüggés:

$$\eta_i = 10^{[0,57005+856,0/(T_i-628,1)]}$$

A módszer validálása

A kidolgozott módszer validálását a viszkoziméter kalibrálásához használt DGG standard üvegünk közötti összetartozó hőmérséklet viszkozitásértékeivel végeztem el, a saját méréseknek megfelelő hőmérsékleti adatokkal (3. táblázat).

3. táblázat

60-937-1 jelű DGG üveg viszkozitásai
Viscosity of 60-937 DGG glass standard

Hőmérséklet °C	Közölt viszko- zítás poise	Számolt visz- kozítás poise	Hiba poise
1300	341	342	1
1150	16 67	1663	-4
1000	14 940	14 966	26
950	38 041	38 115	74
900	111 768	111 530	-238

A közölt adatokat az előzőekben leírt módszerrel feldolgozva a következő eredményeket kaptam a VFT egyenlet együtthatóira:

$$A = -1,69764$$

$$B = 4541,17$$

$$T_0 = 226,7$$

$$r^2 = 0,999998$$

A számolt és a közölt értékeket figyelembe véve a kidolgozott új módszer hibája + 0,13% és - 0,21% tartományban van, a gyakorlati felhasználás követelményeit messze kielégíti.

Az alkalmazott módszer előnye

Egyértelmű megoldást ad, nem iterációfüggő, minden mérési pontot figyelembe vesz, a megszerkesztett számológép bármikor használható, mindig azonos viszkozitás-, illetve hőmérsékletértéket eredményez, egyszerűen kezelhető a mindennapi gyakorlatban. A lineáris regressziós módszerrel a nehezebben kezelhető boroszilikátüvegek viszkozitása is könnyedén feldolgozható, irányítható.

Irodalom

- [1] Vogel, H.: Physikalische Zeitschrift. 22 (1921) 645.
- [2] Kocsis Géza: Építőanyag. 1 (1980) 32.
- [3] Tamás Ferenc: Szilikátipari laboratóriumi vizsgálatok. MK (1970) 489-490.
- [4] Vincze István: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. MK (1968) 213-222.

MEGHÍVÓ

**A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET**
tisztelettel meghívja Önt
2006. május 17-én (szerdán) 10 órakor
tartandó
XXIX. KÜLDÖTTGYŰLÉSÉRE

Helye: MTESZ Budai Konferencia Központ
(Budapest II., Fő u. 68. VII. emelet 700-as terem)

PROGRAM

Szakmai előadás

Napirend:

Beszámoló az Egyesület múlt évi tevékenységéről.
Közhasznúsági jelentés.

Előadó: DR. SZÉPVÖLGYI JÁNOS elnök

Az Egyesület 2006. évi tervei.

Előadó: ASZTALOS ISTVÁN főtitkár

Az Ellenőrző Bizottság jelentése.

Előadó: DR. DANI SÁNDORNÉ,

az Ellenőrző Bizottság elnöke

Beszámoló és előterjesztés a 2005. évi költségvetés teljesítéséről és a 2006. évi költségvetési előirányzatról.

Előadó: KOSKA JÁNOS főtitkárhelyettes

Hozzászólások

A SZILIKÁTIPARÉRT emlékérmek átadása

ÖRÖKÖS TAGOK avatása

Elnöki zárszó

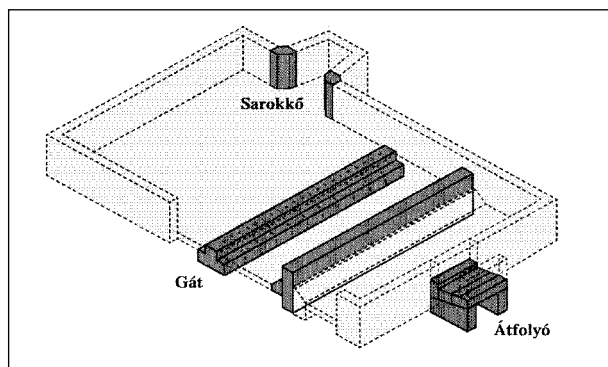
Határozatképtelenség esetén a küldöttgyűlést ugyanezen a helyen és napon a megjelölt napirendi pontokkal 11.00 órára összehívjuk.

Magas króm-oxid-tartalmú, izosztatikusan préselt anyagok alkalmazása az üvegolvasztásban, elsősorban öblösüveg-olvasztó kemencéknél*

G. Boymanns – F. Gebhardt – L. G. Libal – D. Schlacht

libal@libal-glass.net

Tapasztalati tény, hogy az olvasztva öntött alumínium-cirkon-szilikátok (AZS) a sík- és öblösüveggyártásban a leggyakrabban alkalmazott üveggel érintkező anyagok. Ismertek e termékek előnyei, hátrányai, és a szakirodalom is gyakran foglalkozik velük. A düsseldorfi tűzállóanyag-üzemünk mintegy 20 éve gyárt nagy, ill. egészen magas króm-oxid-tartalmú, nagyrészt izosztatikusan préselési eljárással készült köveket, amelyeket kimondottan nagy igénybevételnek kitett kemencéreszekhez – átfolyókhoz, sarokkövekhez, gátakhoz – terveznek, és a legtökéletesebb technikai felkészültséggel gyártanak (1. ábra).



1. ábra. A CR95WB felhasználási lehetőségei egy üvegolvasztó kemencében

Emeljük ki a CR95WA és CR95WB minőségű köveket. Mind a kettő izosztatikusan préselési eljárással készül, és 96 tömeg% Cr_2O_3 -ból + 4 tömeg% TiO_2 -ből áll. Eltérés egyedül a porozításban, ill. az általa befolyásolt fizikai-műszaki adatokban, mindenekelőtt a hőlékésállóságban mutatkozik meg.

Évekkel ezelőtt a cég laboratóriumában egy nagyobb tanulmány részeként tudományos kísérletek folytak a króm-oxid-tartalmú anyagok hatásait vizsgálva az öblös- és síküveg olvadékok-ra, s ezeket a „Glastechnische Berichte”-ben (1977. 5. szám 121–125. old.) publikálták. Ezek során egyértelműen bebizonyosodott, hogy mészmagnézia üvegekben az ilyen eljárással készült kövek korrózióállósága egyértelműen jobb az olvasztva öntött, ugyancsak krómtartalmú kövekénél.

A vizsgálatok során ugyancsak elemezték a króm-

oxid-tartalmú üvegek spektrális áteresztőképességét, és az eredmények alapján ki lehetett mutatni, hogy a króm-oxid oldódását az üvegolvadékokban a diffúzió szabályozza, és mint ilyen, a Brown-mozgásokkal kapcsolatos törvények hatálya alá esik. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy az oldódási folyamat nagyon lassan játszódik le, valamint az is közismert, hogy a króm-oxid csak nagyon minimálisan oldódik az üvegben – gondoljunk csak az üvegszál kemencékre, melyek fenekén a króm-oxidban feldúsult üveget a leeresztőn keresztül lecsapolják! Az emberi szem számára az üvegben a króm-oxid által okozott zöld szín csak kb. 60 ppm felett ismerhető fel.

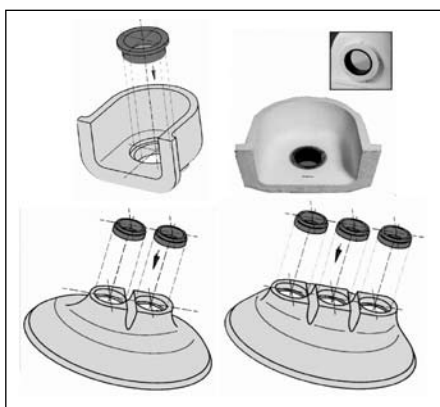
Egy német öblösüveggyártó, aki egy-egy öblösüveg-olvasztó kemencét működtetett króm-oxid gátfallal, ill. anélkül, dokumentálni tudta, hogy az üveg króm-oxid-tartalma mindkét soron gyakorlatilag egyforma volt. A kemencék akkoriban 60%-os cseréparánnyal dolgoztak, melyek króm-oxid-tartalma 1,5-szer magasabb volt a végtermékben talált króm-oxidénál, amiből arra lehet következtetni, hogy az üveg minimális króm-oxid-tartalma (kb. 0,003%) a cseréből származott!

Amikor króm-oxidokkal foglalkozunk, nem lehet azt a tényt figyelmen kívül hagyni, hogy ezek az üvegolvadék felületén a kemence atmoszférájával érintkezve párolognak. A párolgás króm-trioxid (CrO_3) formában történik, mértéke a kemenceatmoszféra oxigéntartalmának, vízgőztartalmának, valamint hőmérsékletének a függvénye. Ugyanakkor nátrium-hidroxid (NaOH) is párolog az olvadékból, amely a hidegebb helyeken a króm-trioxiddal nátrium-kromáttá (NaCrO_4) egyesül.

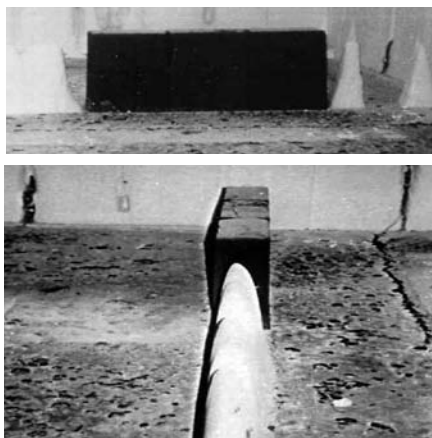
Amíg a tömörebb CR95WA minőség szinte kizárólag az E-üveg kemencék paliszádköveihez készül, a porózusabb és ennek megfelelően nagyobb hőlékésállósággal bíró CR95WB szélesebb körben alkalmazható. A már említett gátló és átfolyó, E-üveg, üveg- és ásványgyapot kemencék sarokkövein kívül gyakran használják azokat csomagoló- és floatüveg kemencéknél előlemezként az üvegszintnél idő előtt elvékonyodó kövek védelmére. Nagyon jól bevált ez a minőség feeder-csatornában adagolófej-betétként is (2. ábra).

A magas krómtartalmú fajták közül érdemes az ugyan- csak izosztatikusan préselési eljárással előállított CR50WB és

* Készült az Üvegipari Konferencián elhangzott előadás alapján.



2. ábra. CR95WB felhasználása feedersatornában adagolófej-betétként



3. ábra. Króm-oxid kövekkel egybeépített AZS gátfal kopása 5 éves kampány után

CR60WB minőségű, 50–60 tömeg% Cr_2O_3 -t, 30 tömeg% Al_2O_3 -t és 5 tömeg% ZrO_2 -t tartalmazó krómkorund követ megemlíteni, amelyből többek között C-üveg (ásványgyapot) kemencék paliszádjai készülnek. Eddig újonnan gyártott kövekről volt szó, most vizsgáljuk meg azt, hogy a kövekkel mit lehet kezdeni a felhasználásuk után. Ahogy azt egy öt éve beépített gátfalról készült fénykép is mutatja, a króm-oxid köveknél szinte nincs kopás (3. ábra).

Az üzemeltetés alatt bizonyos fizikai törvényszerűségeknek megfelelően a kövek üveggel érintkező felületén pár centiméter vastagságban az üveg a porózusabb CR95WB anyagba beszivárog. Viszont mivel a króm-oxid az üvegben csaknem oldhatatlan, itt, az AZS kövekkel ellentétben, gyakorlatilag alig van elhordás. Kemencebontáskor tehát az üvegoldali réteget a beszivárgás vastagságában el lehet távolítani, és a maradék anyagot gyakorlatilag újra lehet használni. Ez az áru komoly értéket képvisel a másodlagos nyersanyaggyártók számára, akik a kibontott és az üvegszennyeződéstől megtisztított tűzálló anyagot megőrlik, és a masszában ismét felhasználják.

Időközben az öblösüveggyártásban mintegy 100 referenciával rendelkezünk. A CR95WB-t majdnem minden fontosabb üveggyártási ágazat használja, és a vevők által állított követelményeknek eddig nagy megelégedésre megfeleltünk.

ÉRDEKESSÉGEK A KERÁMIAIPARBAN

Ingegneria Ceramica új mázazóberendezése

Hétévnyi fejlesztés után az Ingegneria Ceramica új mázazóberendezések sorát készítette el. A Metrica egy alacsony költségű és magas teljesítményű modell, mely az új mázazási technológiában a „művészet alapja”. A Metricában minden fontos üzemelési paramétert (burkolólapok sebességét, máz mennyiségét, sűrűségét) automatikusan koordinál a rendszer, és garantálja a paraméterek állandóságát és pontosságát a működés során.

A cég technikusai nagy figyelmet szenteltek a túlnyomásos, szórópisztolyos mázazásnak is. A Nebula, mely a Vela-hoz hasonló töltő rendszeren alapul, egy túlnyomásos egységet tartalmaz, mely nagyon magas nyomáson képes ellátni a berendezést a megfelelő mázmennyiséggel. A nyomás 40 bar körüli, mely növeli a mázazás hatékonyságát és a tökéletes mázazási felület elérését.

Ceramic World, 2005. január-február, p. 86.

A Bohémiagres 8 új termelősort indított el

A Bohémiagres (Chlumcany, Csehország) 2005 márciusában 8 új termelősort indított el, mely körülbelül 2 millió négyzetméter porcelán burkolólapot fog termelni évente. Az új termelősor fő kivitelezői a Sacmi, a System és a Siti voltak. A Bohémiagres tulajdonosa az ausztriai Lasselsberger-csoport, amely 13 országban 62 céggel működik főleg építési alapanyagok, kerámiagyártásban használt alapanyagok és a burkolólapgyártás területén.

Ceramic World, 2005. május-június, p. 30.

Tecnargilla 2006

2006. szeptember 28. és október 2. között rendezik meg a következő Tecnargilla-t Reginiben (Olaszország). A kerámia- és téglagyártás kiállítói és látogatói részére egy, az eddiginél nagyobb terület áll majd rendelkezésre. 2006 júliusára két új csarnokot, egy új kiszolgáló egységet és egy új keleti bejáratot készítenek el.

A legutolsó, 2004-es Tecnargilla volt a világ eddigi legnagyobb kiállítása ebben a szektorban, melyet 83 000 m² területen rendeztek. A rendezvényen 110 ország 773 kiállítója és több mint 30 000 látogató vett részt.

A 2006. évi trend

A 2006. év trendjét Ornella Bignami állította össze, aki már több mint húsz éve tervez új, divatos termékeket a gyártók számára.

A 2006-os évben a felületek erősen széttörték, mint egy grafikai játék. Ez a mozgalmas, egymásra rakott, háromdimenziós, modern origami jellegű geometriai felületekre hasonlít, amit a fehér szín egyszerűségével lehet hangsúlyozni.

A természet az inspiráció kimeríthetetlen forrása. Extravágáns növények, földtani rétegek, fa és kő, állati szőrme és bőr a maguk természetes színeiben. Természetesen divatban marad a csillogó, fémes vagy maga a fém-, illetve mozaikhatás is.

Ceramic World, 2005. május-június, p. 104.

Apagyi Zsolt, MAT Kerámia Kft.
matkeramia@freeweb.hu

ÉPÍTŐANYAG-IPAR

Száraz szigetelőlemez nedves, penészes, különféle vízben oldott sókkal terhelt falazatok rendbetételére

Smudla Mihály

eramis@eramis.axelero.net

A MASTERCLIMA® és MASTERCLIMA plus® száraz szigetelőlemez új megoldás a nedves, penészes, továbbá a különféle vízben oldott sókkal terhelt falazatok, egészségtelen, károsodott épületek rendbetételére.

Eddigi megfigyelések alapján a szakemberek jelentős része – mikor először hall ezen termékek tulajdonságairól, felületesen figyelve az információkra – követve az iskolákban tanultakat és az eddigi tapasztalatait, meglehetősen szkepticizmussal fogadja a hallottakat. Szerencsére egyre növekszik azoknak a száma is, akik fogékonyak az újdonságokra, majd miután megismerték és kipróbálták a termékeket, híveivé váltak ennek az új, az eddig ismert szigetelőanyagoktól eltérő szerkezetű, tulajdonságú és hatású terméknek.

MASTERCLIMA®

A magyarországi lakásállomány, illetve a középületek egy jelentős részénél is találkozhatunk nedves, penészes épületszerkezetekkel. Ezek között lehetnek régi és sajnos új építésű, különféle építőanyagokból, téglából, kőből, betonból stb. épített falazatú épületek, de a panellakások egy része is ilyen.

A falszerkezetek nedvesedésének több oka is lehet. Néhány ok:

- Nem megfelelő hőszigetelési tulajdonságokkal rendelkezik a falszerkezet. Ezáltal a falfelület belső oldala az úgynevezett harmatponti hőmérséklet alá hűlhet, és kicsapódhat rajta a belső térben levő nedvesség.
- Az alkalmazott építőanyag megfelelő hőszigetelési tulajdonságú, de a födémeknél, áthidalóknál, erkélyek csatlakozásánál stb. a nem megfelelően kialakított szerkezet hőhídhatást eredményez, és ezeken ugyanúgy kicsapódhat a pára, mint az előző pontban leírt esetben.
- Az indokoltnál nagyobb mértékű relatív légnedvesség kialakulása a belső térben (a szabvány 65%-ot enged meg). Ez kialakulhat a lakáshasználati szokásoktól is. A sok mosás, szárítás, főzés, fürdés stb., illetve a sokak által kedvelt szobanövények eltúlzott mennyisége

és mindezek mellett nem elegendő mértékű légcseré biztosítása.

- Rossz vagy előregedett talajvíz elleni szigetelésen keresztül felszívódó talajnedvesség.
- Porózus külső falfelület, amely a csapó esőt „elnyeli”.

Ezekon kívül is lehet még néhány egyéb ok, amely a falszerkezet átnedvesedését okozhatja.

Az átnedvesedett falfelületen könnyen megtelepedhetnek a levegőben mindenütt jelen levő gombák spórái, amelyek kedvező életfeltételek esetén gyorsan elszaporodhatnak. Ennek látható jelei a penészfoltok. A penészesedés a dohos, bűdös szagokon kívül súlyos egészségügyi problémák kiváltója is lehet. A penészfoltok eltüntetésére több módszer terjedt el, de ezek a legtöbb esetben csak tüneti kezelést jelentenek, nem az okokat szüntetik meg, és a penészesedés rövid időn belül újra jelentkezik.

Ennek a problémának a végleges megoldása lehet a Promat cég által gyártott és kizárólag a saját kereskedőhálózatán keresztül forgalmazott MASTERCLIMA® száraz szigetelőlemez, mely Magyarországon nemrég került bevezetésre. A termék egy könnyű, cellulózzsal erősített kalcium-szilikát-alapanyagú építőelem, amely kiválóan alkalmas a nedves, penészes falak rendbehozatalára.

A szigetelőlemez tehát egy speciálisan kifejlesztett termék, amely a fenti problémák kiküszöbölésére a következő tulajdonságai miatt alkalmas.

- A speciális és szabadalommal védett gyártás során kialakuló nagymértékű kapillaritása miatti rendkívül erős szívóhatása következtében a falak felületén és a falak belsejében levő nedvességet is képes magába szívni, majd kapillárisaiban egyenletesen eloszlatva tárolni azt. Ezt ráadásul úgy teszi, hogy a felülete száraz marad, így a nedves környezetet igénylő penészgombák nem tudnak megtelepedni rajta. Pl. a 25 mm-es lap kb. 20 liter nedvességet tud így magában tárolni, amelyet a környezeti párányomásnak megfelelően folyamatosan „lead” a belső levegőnek, ahonnan az a szellőztetés útján távozik. Ebből adódóan az adott épületszerkezet kiszárad, javítva annak – többek között – a saját hőszigetelő képességét is.

- Szabályozza a belső páratartalmat, ezáltal a belső klíma egyértelműen kiegyensúlyozottabbá válik.
- Emeli a fal belső oldali hőmérsékletét, javítva a hőérzetet is. A kedvezőbb hőérzet miatt nem szükséges az épületet túlfűteni, ezáltal energiamegtakarítást is eredményezhet.
- A gombák megtelepedését akadályozza a szigetelőlemez lúgos kémhatása is (pH-érték kb. 10–10,2). Ilyen körülmények között a gombafélék már sem szaporodni, sem fennmaradni nem képesek. Ezáltal megszűnik a dohos, kellemetlen szagterhelés is.
- A lap hőszigetelő képessége is egészen kiváló. A referenciabeépítéseken az ellenőrző méréseket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszékének munkatársai végezték, és értékelésük alapján az energiamegtakarítás az alap falszerkezet típusától, illetve a szigetelőlemez vastagságától függően 20–40% is lehet. Belső oldali hőszigetelésként alkalmazva, az alkalmazás részletes lehetőségei kidolgozás alatt vannak. Javasolt az alkalmazása belső oldali hőszigetelésként azokban az esetekben, amikor a külső hőszigetelés különféle okok miatt nem végezhető el. Tulajdonságai gyökeresen eltérnek az eddig ismert hőszigetelő anyagokétól, mert azokat csak gondos tervezéssel és korlátozottan lehet ilyen célokra használni (pl. átszellőztetett szigetelés). A szigetelőlemez mindazokat az épületfizikai és páratechnikai feltételeket biztosítja, amelyek a belső oldali hőszigetelő anyagként való alkalmazását lehetővé teszik.
- Nem éghető „A1” besorolása miatt tűzvédelmi szempontból is előnyös. Beépítése egyszerű, gyors, a helyszíni élőmunka aránya minimális. A lapok egyszerű kézfűrésszel darabolhatók. A megfelelően letisztított, előkészített felületre a MASTERCLIMA® lemezt csak gyárilag előkevert, cementbázisú, bevizsgált és engedélyezett ragasztóval lehet felragasztani. Csak a páraáteresztő tulajdonságú ragasztó biztosítja a kedvező szigetelőhatást. Az általunk javasolt, bevizsgált rendszerragasztó az LB-Knauf „ragasztótapasz” nevű terméke (nem keverendő össze a ragasztóhabarccsal és egyéb ragasztókkal).

A ragasztómasszát fogazott simítóval kell a teljes felületre egyenletesen felhordani, majd az így kialakult ragasztóágyba kell a szigetelőlapokat belenyomni. A lapok érintkezési oldalfelületeit is ezzel a ragasztótapasszal kell bekenni. A rögzített szigetelőlapok felületét ugyanezen ragasztótapasz hígabb változatával simára kell glettelni.

Ezután páraáteresztő tulajdonságokkal rendelkező festékkel kell festeni, illetve tapétázni. Javasolt festék pl. a mész-, illetve a szilikátfesték. Tapéták közül javasolt az ún. könnyű üvegszövet tapéta.

A rendszerhez nem alkalmazható semmiféle párazáró, párafékező tulajdonságú ragasztó- és glettelőanyag, továbbá nem használható semmiféle diszperziós (latex-) alapú festék, illetve műanyag tapéta.

A lényeg, hogy az így kialakított falszerkezetnek a belső tér felé „paranyitott”-nak kell lennie.

A MASTERCLIMA® száraz szigetelőlemez kb. 10 éve használják egész Nyugat-Európában régi, többek között műemléki épületek felújításánál is. A lapokat kiváló eredménnyel alkalmazták az egykori NDK panellakásainak felújításánál (Drezda, Berlin), valamint a néhány évvel ezelőtti drezdai árvíz után az elöntött pincék falainak kiszáraitására is.

Magyarországon 2003 októberétől készültek referenciabeépítések panellakásokban és családi házakban (Budapest, Dunaújváros, Győr, Miskolc, Székesfehérvár). Az azóta elvégzett vizsgálatok egyértelműen igazolták az elvárásokat. A lakások falai szárazak, penészmentesek lettek, egészséges életkörülményeket teremtve a bennük lakók számára.

Az elmúlt időszakban elvégzett további újabb beépítések hasonló pozitív eredményekkel szolgáltak.

A MASTERCLIMA® száraz szigetelőlemez műszaki jellemzői

DIN 4102 szerinti építőanyag-osztály	nem éghető A1
Testsűrűség (kg/m ³)	kb. 300
Nyomószilárdság 5% összenyomás esetén (N/mm ²)	1,4
Hővezetési tényező λ (W/(m · K))	0,065
Páradiffúziós ellenállási tényező (μ)	4,5/9,5
Nyitott pórustartalom (térf.%)	80
pH-érték	kb. 10
Méretváltozás 50%–90% relatív nedvességtartalom esetén (%)	0,01
Hajlítószilárdság, száraz (N/mm ²)	0,8
A lapok mérete: 500 x 1000 mm, a vastagság 25 és 50 mm	

MASTERCLIMA plus®

Az épületek szerkezetét károsító, vízdoldható sókat is tartalmazó, talajnedvességtől átitatott épületszerkezetek belső oldali burkolásakor – akár utólagos nedvességszigetelés kiegészítéseként, akár anélkül – az alkalmazott technológia alapvető követelménye, hogy nyitott pórusrendszere révén a burkolat segítse elő a falnedvesség kipárolgását, és a felülete száraz tapintású legyen, továbbá akadályozza meg a nedvességből kikristályosodó sók felületi kivirágzását, a köznyelven salétromosodásnak ismert jelenséget.

Erre a célra kb. két évtizede alkalmazzák az üzemben előkevert és a helyszínen felhordott pórusos javítóvakolatokat. A cementkötésű pórusos vakolatok használata azonban több bizonytalansággal és korlátozással jár együtt: a bedolgozott vakolatréteg minőségén sokat ronthat a nem megfelelő keverővíz-mennyiség, a túlzott betömörítés és az utókezelés elmaradása. A kész vakolat 40–45 térfogat% pórustartalma megszabja a páraáteresztő és sóbetároló

képesség határértékét. Így pl. a pórusos javítóvakolatok alkalmazása – utólagos nedvességszigetelés nélkül – csak olyan falakon engedélyezett, amelyek nedvességtelítettsége legfeljebb 50%, és vizoldható sóartalma sem több mint 1–2 tömeg%.

A MASTERCLIMA plus[®] a korábbi MASTERCLIMA[®] szigetelőlap továbbfejlesztett változata, amely a gyártó Promat és a bécsi Műszaki Egyetem céltudatos kutató együttműködése révén jött létre. Ennek legfontosabb eredménye a pórusrendszer módosított, hidrofobizált kialakítása, amelynek köszönhetően a párologtatóképesség változatlan megtartása mellett megszűnik a cseppfolyós nedvesség felületre áramlásának és a sók felületi kivirágzásának a lehetősége. A szigetelőlapon csak légnemű pára halad át, és a kikristályosodó sók az alapfelülettől kiindulva fokozatosan tárolódnak be a pórusrendszerbe.

A burkolólap teljesíti a pórusos javítóvakolatokra vonatkozó nemzetközi előírásokat (WTA Merkblatt 2-2-91), sőt több tulajdonságában lényegesen felülmúlja azokat, és egyszerű, biztonságos kivitelezhetőségével előnyös alternatívát ad az átnedvesedett és sószennyezett falak utólagos belső felújítására. Ezenkívül fontos szempont lehet a felújításhoz alkalmazott technológia kiválasztásánál a gyors beépíthetőség, azaz a helyszíni minimális élőmunkaigény is.

A MASTERCLIMA plus[®] szigetelőlemez beépítési technológiája azonos a MASTERCLIMA[®] szigetelőlemezével.

MASTERCLIMA[®] MASTERCLIMA plus[®] száraz szigetelőlemezek

**nedves, penészes, különféle vízben oldott
sókkal terhelt falazatok,
egészségtelen, károsodott épületek
rendbetételére**

**ERAMIS Energetikai és
Szigeteléstechnikai Mérnökiroda Kft.**

- **rendszergazdai tevékenység**
- **műszaki információ**
- **beépítési szaktanácsadás**
- **kereskedelmi forgalmazás**

Telefon és fax: 06-26-360-361

A MASTERCLIMA plus[®] száraz szigetelőlemez műszaki jellemzői

MASTERCLIMA plus[®] mért átlagértékek

Testsűrűség (kg/m ³)	300
Nyomószilárdság (N/mm ²)	2,1
Nyitott pórustartalom (térfogat%)	kb. 80
Páradiffúziós ellenállási szám (μ)	9
Sóállóság	megfelelő
Hővezetési tényező λ (W/(m·K))	0,065
DIN 4102 szerinti építőanyag-osztály	„A1”, nem éghető
A lapok mérete: 500 x 1000 mm, a vastagság	25 mm

WTA-Merkblatt 2-2-91 követelmények

Testsűrűség (kg/m ³)	max. 1400
Nyomószilárdság (N/mm ²)	1,5–5,0
Nyitott pórustartalom (térfogat%)	min. 40
Páradiffúziós ellenállási szám (μ)	max. 12
Sóállóság	megfelelő
Hővezetési tényező λ (W/(m·K))	–
DIN 4102 szerinti építőanyag-osztály	–
A lapok mérete: 500 x 1000 mm, a vastagság	25 mm

EGYESÜLETI ÉS SZAKHÍREK

Az Európai Unió hivatalos lapjában 2005. 12. 14-én megjelent **harmonizált szabványok listája** az SZTE honlapján megtalálható, amelynek frissítéséről folyamatosan gondoskodunk.

A **Beton Szakosztály** 2006. április 25-én 13 órától kerekasztal-beszélgetést tart a Pesti Sörscarnokban (Bp. V., Várház krt. 16.). Bővebb információ az SZTE Titkárságán kérhető.

Az **SZTE Üveg Szakosztálya** 2006. május 23-án tartja első idei félnapos szimpóziumát külföldi előadókkal. Részletes program igényelhető az SZTE Titkárságán.

Az SZTE és a Miskolci Egyetem szervezésében ünnepséget tartanak dr. Szaladnya Sándor prof. emeritus 80 éves születésnapja alkalmából május 31-én 10 órakor a Miskolci Egyetem 34-es előadójában. Az érdeklődőket szeretettel várják a szervezők. Telefon: 46/565-111/2377.

A magánszemélyek 2004. évi személyi jövedelemadójának 1%-ából

Egyesületünk **357 160 Ft összegben részesült**. Köszönjük felajánlásukat és kérjük, hogy az idén hasonlóan támogassák ilyen módon is Egyesületünket.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület
adószáma: 19815943-2-41

SZTE vezetősége

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Fenntartható hulladékgazdálkodás és környezetkímélő cementgyártás: lehet-e alternatív tüzelőanyag a települési szennyvíziszap?¹

Bolczek Veronika – Pálvölgyi Tamás

Magyar Cementipari Szövetség

mcsz@mcsz.hu

Sustainable waste management and environmentfriendly cement-manufacturing, use of communal sewage for fuel in the cement industry

Cement production demands large amounts of energy. The European cement industry has been increasingly substituting, for many years, natural resources with various alternative fuels, recovered from selected industrial by-product. Various waste streams suitable to cement production in terms of certain criteria (process, environment, product quality and health and safety), in order to be able to supply the society needs in a sustainable way.

In the first part of the article the Hungarian waste management

and the status of sewage sludge have been shown. The different energy-related utilizations of sludge are also compared. The use of alternative fuels in cement manufacture has many advantages for environment, society, economy and industry; so the possibility of cement industrial utilization always has to be taken into account when choosing among the waste-treatment procedures. There are some critical parameters of the burning of sewage sludge (such as high emission, heavy metals content, etc.), but if these problems are solved, then cement production can get away from large amount of sewage sludge in an environment sound way.

Finally, some conclusions have been made about the Hungarian situation in the field of sewage sludge recycling.

1. Bevezetés

Környezetvédelem és versenyképesség – fejlődő gazdaságunkban gyakran ellentétbe állított fogalmak. Mégis mind szélesebb körben nyer teret az a nézet, hogy az ipar tartós és fenntartható fejlesztése csak oly módon képzelhető el, ha a termelés versenyképességét a környezet védelmének keresztül valósítjuk meg. Ennek egyik gyakorlati alkalmazási lehetősége, ha két különböző technológia anyagáramait összekapcsoljuk: azaz, ha az egyik termelési folyamatban feleslegessé váló anyagokat egy másik termelési folyamatban hasznosítjuk. Jelen elemzés keretei között azt vizsgáljuk, hogy a hulladékgazdálkodás egyik egyre növekvő mennyiségben keletkező „felesleges” mellékterméke, a települési szennyvíziszap milyen módon válthatja ki a környezetszennyező és klímakárosító fosszilis energiahordozókat a cementgyártás során. Vizsgáljuk a települési szennyvíziszap ártalmatlanításának hulladékgazdálkodási jelentőségét, majd összehasonlító elemzést mutatunk be az energetikai hasznosítási lehetőségekre. Végül részletezzük a települési szennyvíziszap cementgyártási hasznosításának előnyeit és akadályait.

2. A települési szennyvíziszap hulladékgazdálkodási jelentősége

A 2000. évi XLIII. sz. törvény a hulladékgazdálkodásról a környezet, az emberi egészség védelme és a fenntartható fejlődés biztosításának érdekében fogalmaz meg különböző előírásokat. Az elsődleges célként megjelölt megelőzést, illetve minimalizálást követően az egyes technológiákban keletkezett hulladékok más technológiában való alkalmazását írja elő a fent említett jogszabály és az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (2000) egyaránt. Ezen utóbbi meghatározás alatt *elsősorban az anyagában, másodsorban az energiavisszanyerés formájában, alternatív tüzelőanyagként való hasznosítás értendő.* Az energetikai hasznosításra több tevékenység is lehetőséget nyújt, számos ipari létesítmény, pl. erőművek, kohászat, az egyes szilikátipari technológiák (tégla-, illetve a cementgyártás) alkalmas bizonyos, a technológia által előírt követelményeknek megfelelő hulladékok alternatív tüzelőanyagként való alkalmazására.

A szennyvíziszap fogalma úgy határozható meg, hogy az a szennyvízkezelés során kiválasztott, nagy víztartalmú

¹ Készült az SZTE 2005. évi Diplomadíj Pályázatán díjazott diplomamunka alapján.

A szennyvíziszap általános összetétele
The general composition of sewage sludge

Hasznosítható anyagok	Iszapvíz	szabad vagy könnyebb eltávolítható iszapvíz (70%)
		kapillárisvíz (20%)
		pehelyrészcscék nedvességtartalma (2%)
		sejtben kémiaiilag kötött víz (8%)
	Aprított, őrölt ásványi részecskék	finom és durva homok
		egyéb szemcsés anyagok
	Szerves anyagok	széntartalmú maradék anyagok
	Tápanyagok	N
		P
		K
Hasznosítást gátló anyagok	Nyomelemek	fémek, szerves vegyi
		nehézfémek (Cd, Pb, Hg, Cu, Ni, Zn, Cr)
	Mérgező elemek	egyéb toxikus anyagok (As, Mo, Se stb.)
		baktériumok
		vírusok
Hasznosítást gátló anyagok	Patogének	paraziták

hulladék. A települési szennyvizek tisztításából keletkező szennyvíziszap a települési szerves hulladék körébe tartozik. A keletkezés helyét tekintve tehát két fő csoport határozható meg, a kommunális szennyvíztisztítás során keletkező, illetve az ipari eredetű szennyvíziszapok. Az utóbbi fogalomkörbe tartozó szennyvíziszapok kezelése meglehetősen bonyolult, hiszen összetételük teljesen eltérő, iparág-specifikusnak mondható, éppen ezért e hulladéktípus részletes tárgyalásától ezen elemzés keretében eltekintünk.

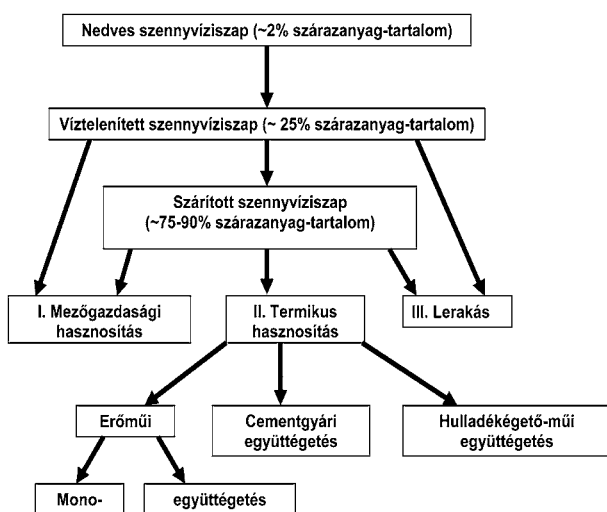
A települési szennyvíziszap egyre nagyobb mértékű keletkezése – hazánkban évente több mint 1 millió tonna – napjaink egyik legjelentősebb környezeti problémája. Jelenleg ipari hasznosítása nem megoldott, csak kísérleti

próbálkozások vannak rá (pl. téglagyártásban). A mezőgazdaságban való hasznosítása pedig csak korlátozott mértékben mehet végbe az egyre szigorodó európai uniós szabályozások miatt. Éppen ezért érdemes más hasznosítási módok után kutatni, mégpedig annak érdekében, hogy minél kevesebb mennyiség kerüljön deponálásra. Ekkor jöhet szóba a fosszilis energiahordozókat kiváltó (alternatív) tüzelőanyagként való hasznosítás lehetősége.

A szennyvíziszap összetételét vizsgálva (1. táblázat) két fő alkotócsoporthatározhatunk meg, hasznosítható, illetve hasznosítást gátló összetevőket. E két csoport közül nyilvánvalóan a másodikra kell nagyobb figyelmet fordítani, hiszen az itt található alkotóelemek akadályozhatják a szennyvíziszap bármilyen hasznosítását (pl. nehézfémek). Éppen ezért fontos a keletkező szennyvíziszap összetételének alapos vizsgálata a megfelelő hasznosítási, ártalmatlanítási eljárás kiválasztása előtt. A szükséges vizsgálatok elvégzését, illetve a különféle kezelési folyamatokat (pl. iszapsűrítés, kondicionálás, szárítás stb.) követően a 1. ábrán látható hasznosítási és/vagy ártalmatlanítási technológiákra nyílik lehetőség.

Bár megbízható statisztikák a hazánkban keletkező szennyvíziszapok mennyiségére és összetételére nem léteznek, a Nemzeti Települési Szennyvíz-elvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program szerint azonban Magyarországnak rövid idő alatt meg kellene háromszoroznia szennyvíztisztító telepeinek a számát, mialatt a tisztítókapacitás 2,5-szeresére növekszik. Ebből fakadóan a keletkező szennyvíziszap mennyisége is többszörösére nő. A 2. táblázat szemlélteti a szennyvíziszap keletkező, illetve a várható mennyiségét.

Jól látható, hogy a lehetséges kezelési módok között meglehetősen nagy részarányt képvisel a lerakás mint ár-



1. ábra. A szennyvíziszap lehetséges hasznosítási, illetve ártalmatlanítási eljárásai

The potential utilization and disposal methods of sewage sludge

2. táblázat

A képződő és várható hulladékmennyiségek, illetve kezelési módok az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (2000) szerint
The occurring and expectable amount of sewage sludge, and the typical treatment methods in a pursuance of National Plan for Waste Management (2000)

Hulladék típusa		Települési szennyvíziszap (millió t/év)
Képződő mennyiségek (millió tonna)	1990	0,3
	1995	0,4
	2000	0,7
Várható mennyiségek (millió tonna)	2005	1,1
	2008	1,5
Kezelés módja (%)	Hasznosítás	40
	Lerakás	50
	Égetés, egyéb ártalmatlanítás	10

talmatlanítási megoldás. Ezt a mennyiséget mindenképpen csökkenteni kell, mivel 2005. június elseje óta a szennyvíziszap kezelés nélküli lerakása tilos a 22/2001. (X. 10.) KöM rendelet értelmében. A mezőgazdasági alkalmazás szintén nagy számban van jelen, de a korábban már említett szigorodó szabályozások meglehetősen csökkenthetik ezt a mennyiséget. Ez azonban mégsem jelenti a mezőgazdasági hasznosítás háttérbe szorulását, hiszen rengeteg technológia tartozik ehhez a területhez (pl. komposztálás, rekultiváció stb.), illetve számos új eljárás van jelenleg is kutatási fázis alatt (pl. fitoextrakció).

3. Települési szennyvíziszap energetikai hasznosításának lehetőségei – előnyök, hátrányok

A szennyvíziszap energetikai hasznosítása során nemcsak az iszap energiatartalma hasznosul, hanem egyben a hulladék

ártalmatlanítása is megoldódik. A technológia folyamán az alábbi három fő szempontra kell különös figyelmet fordítani:

- a szennyvíziszap magas hamutartalommal (~40–50%) rendelkezik, így az égetés során keletkező salak megfelelő ártalmatlanítását biztosítani kell;
- magas emisszió közvetlenül az égetőtér után (HCl, HF, CO₂, NO_x, SO₂, dioxin, VOC, nehézfémek, por), ezek miatt a megfelelő füstgáztisztítási rendszer kiépítéséről gondoskodni kell;
- „bűz”-hatás megakadályozása (főleg a tárolás során).

Az égetés történhet kizárólag szennyvíziszap égetésére létesült erőműben (monoégetés), illetve együttégetéssel kőszén- vagy baranzsenerőműben, cementgyárban és kommunális hulladékot égető műben. A 3. táblázat szemlélteti ezeket a fő technológiákat és néhány fontosabb sajátosságait. Ha az egyes hasznosítási, illetve ártalmatlanítási eljárásokat a környezeti elemekre gyakorolt hatásaiak szerint vizsgáljuk egy 0-tól 5-ig terjedő skála szerint (0 – nincs hatással; 5 – toxikus, veszélyes hatás), akkor a 4. táblázat által mutatott eredményeket kapjuk.

Alternatív tüzelőanyag hasznosítása a cementgyártás során

A 3. és 4. táblázatok alapján látható, hogy a cementipari feldolgozás környezeti szempontból kimondottan előnyös megoldást nyújthat a szennyvíziszap hasznosítására, mivel ez az eljárás rendelkezik a legcsekélyebb környezetre káros hatásokkal. Ennek fő oka, hogy ezen technológia során csak minimális mennyiségű szennyező anyag keletkezik, hiszen szinte minden beépül a klinkerbe.

A cementgyártási technológia folyamán a magas hőmérséklet létrehozására és fenntartására különféle energiahordozókra van szükség (ügymint: szén, földgáz, fűtőolaj). A nem megújuló (fosszilis) energiaforrások azonban végesek, és ezért egyre drágábbak, ami arra ösztönözte a fejlett országok cementiparát világszerte, hogy a hagyományos cementgyártási mód helyett új, alternatív tüzelőanyagokat

3. táblázat

Szennyvíziszap termikus hasznosítására alkalmas eljárások jellemzői
The properties of different technologies, which are suitable for using sewage sludge as energy source

	Füstgáztisztítás	Energiahasznosítás	Maradékanyag-felhasználás	Szennyvíziszap-kondicionálás			Probléma
				Víztelenített	Rész. szárított	Telj. szárított	
Szennyvíziszap-erőmű (monoégetés)	3	1 (?)	1 (?)	?	X	?	primer energia szükséges, magas költségek
Szénerőmű	2	3	2	X	?	X	szárítási kapacitási korlátok
Cementgyár	1	3	3	—	—	X	drága szárítás, Hg-, ill. P-tartalom
Hulladékégető-mű	3	1	0	X	X	X	tökéletes égés

0: jelentéktelen

5: kiemelt jelentőségű

Települési szennyvíziszap esetleges kezelési módjainak környezeti szempontú összehasonlítása
Comparative environmental assessment of sewage sludge treatment methods

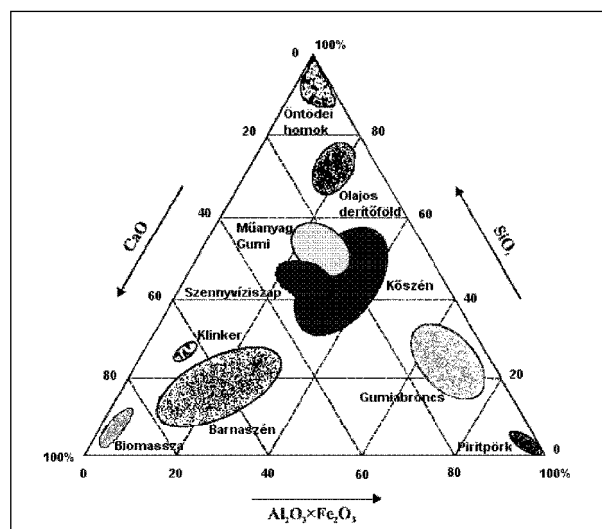
Települési szennyvíziszap kezelési lehetőségei		Környezeti terhelések						
		Talaj	Levegő	Víz	Élővilág	Emberi egészség	Táj	Globális környezet
Termikus hasznosítás	Szennyvíziszap-erőmű (monoégetés)	4	3	1	3	3	2	3
	Szénerőmű	4	3	1	3	3	2	3
	Cementgyár	0	2	1	1	1	2	3
	Hulladékégető-mű	4	3	1	3	3	2	3
Mezőgazdasági hasznosítás		3	1	3	3	3	1	1
Lerakás		4	1	2	2	2	3	2

keressenek, amelyek nem csupán gazdaságosak, hanem környezetvédelmi szempontból is jobb helyzetet teremtenek. Mind több kutatás, illetve gyakorlati alkalmazás támasztja alá, hogy a cementgyártási technológia kiválóan alkalmas számos hulladékfajta alternatív tüzelőanyagként való hasznosítására méghozzá anélkül, hogy a *klinker-, illetve cementgyártási folyamat során a szennyezőanyag-kibocsátás bármi módon is növekedne, és a cement minősége romlana*. Ennek oka a technológiában keresendő, hiszen a cementgyártás folyamán számos, hulladékégetés szempontjából kedvező körülmény alakul ki, mint pl.:

- *hosszú tartózkodási idő*. Az égéstermékek tartózkodási ideje a kemencében 10 s körül van, ezen belül a 1100 °C feletti térben kb. 5–7 s, 850 °C felett kb. 10 s;
- *magas hőmérséklet*. Az ún. zsugorító zónában az anyag hőmérséklete eléri a 1400–1450 °C-ot (a láng hőmérséklete itt ~ 2000 °C);
- a magas hőmérséklet és hosszú tartózkodási idő a hulladékégetésre vonatkozó legszigorúbb követelményeknek való megfelelő feltételeket biztosít. A magas hőmérséklet és a nagy turbulencia biztosítja még a legstabilabb *szerves vegyületek hatékony lebomlását* is;
- *oxigénfelesleg* lesz, a távozó füstgáz O₂-tartalma nagyobb, mint 6 tf %;
- a klinkerképződés folyamatában kialakul egy erősen bázikus és oxidatív közeg, amely ideális a távozó *füstgázok káros anyagának a megkötésére*. Ezzel magyarázható, hogy a cementgyári emissziók mértéke – gyakorlati alkalmazási viszonyok között – alig függ az alkalmazott tüzelőanyagtól, csak a nyersanyagban található illó komponensek függvénye.

Az egységes hatásági megítélés, az engedélyezési eljárás egyszerűsítése, meggyorsítása, a társadalmi elfogadás elősegítése érdekében számos országban (Németország, Svájc stb.) bizottságokat (pl. BUWAL²) hoztak létre, amelyek a szakértők által kidolgozott műszaki irányelveket és az iparágban hasznosításra javasolt hulladéklistát – az ún. pozitív listát – megvitatták és jóváhagyták.

A cementgyártásnál felhasznált alternatív anyagokkal szemben a legfontosabb követelmény, hogy a komponensei olyanok legyenek, hogy az égetéskor keletkezett hamu ugyanolyan összetevőket tartalmazzon, mint a klinker, tehát ne legyen többletszennyezés és többletkibocsátás (2. ábra). Kizáró ok lehet azonban valamely komponens károsan magas koncentrációja, illetve az anyag veszélyes tulajdonsága, pl. robbanásveszélyesség és radioaktivitás, bűz. Az alternatív tüzelőanyagokat szemléltető ábrán többek között a szennyvíziszap is felfedezhető, felhasználását esetleg a benne lévő alkotók (főleg a foszfor és nehézfém-tartalom) korlátozhatják, mivel a klinker, illetve a cement minőségét ezekkel nem szabad károsan befolyásolni.



2. ábra. A cementklinker és az alternatív anyagok kémiai összetétele
 Chemical composition of cement clinker and alternative materials

4. Következtetések

Hazánkban jelenleg még kevés lehetőség van a szennyvíziszap energetikai hasznosítására. Erőművi alkalmazásra igaz

² Svájci Környezetvédelmi, Erdőgazdálkodási és Tájvédelmi Ügynökség – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft – BUWAL.

akad példa, de gazdasági okok miatt a mai napig sem került gyakorlatba. A hulladékégető-műben való együttégetés kérdése szintén nem megoldott, mivel jelenleg nincs az országban erre a hasznosítási módra alkalmas égetőmű. A fejlett országok mindegyike végig gondolt és széles körű szakmai egyetértésen nyugvó stratégiát dolgozott ki a települési szennyvíziszap fosszilis tüzelőanyagokat kiváltó hasznosítására. Vannak országok (pl. Dánia vagy Svájc), ahol a cementipari hasznosítás dominál, míg máshol (pl. Németország) a szennyvíziszap erőműi felhasználása került előtérbe. Szem előtt tartva az energiaellátás biztonságának kérdését is átfogó, több évre kitekintő nemzeti stratégia kidolgozása szükséges a gyarapodó mennyiségű települési szennyvíziszap energetikai hasznosítására.

Vizsgálataink szerint e stratégiában a cementgyártási hasznosításnak célszerű központi szerepet kapnia, ugyanis nagy mennyiségű szennyvíziszaptól szabadulhatunk meg, mégpedig a leginkább környezetbarát módon. A települési szennyvíziszap cementgyárakban történő hasznosítása során nem csupán a hulladék ártalmatlanítása lenne megoldott, hanem az üvegházhatású CO₂ kibocsátása is csökkenthető, és a nem megújuló energiaforrásokat alternatív tüzelőanyagok alkalmazásával őrizhetjük meg a jövő generációja számára. Mindezek után azonban joggal merül fel a kérdés, hogy ha ez a hasznosítási mód ilyen sok előnnyel rendelkezik, akkor miért nem ez a „vezető” szennyvíziszap-hasznosítási (-ártalmatlanítási) mód.

A válasz a korábban már említett alkalmazást gátló tényezők (nagyfokú szárítás problémája; Hg-, illetve P-tartalom) kiküszöbölési nehézségeiben (mind technikai, mind gazdasági) rejlik. Ehhez még sok esetben hozzáadódhat a társadalommal való elfogadtatás problémaköre is.

A fenntartható fejlődés sokban múlik a „kíméletes” anyag- és energiafelhasználáson. Ebben nagy segítséget nyújthat, ha az eddigi hagyományos technológiákat környezetkímélő megoldásokkal próbáljuk kiváltani. A települési szennyvíziszap cementgyári együttégetése hazánkban is új alternatívát teremthet ezen a területen.

Irodalom

- [1] Alternative Fuels in Cement Manufacture – Technical and Environmental Review, 1997. Cembureau, www.cembureau.be
- [2] *Bolczek Veronika*: Alternatív tüzelőanyag-hasznosítás környezeti és gazdasági vonatkozásai a cementgyártásban. Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki Kar. 2005.
- [3] *Friedrich Wilitisch – Gernot Strum*: Use and preparation of alternative fuels for the cement industry. Cement Plant Handbook (2003).
- [4] *Klaus Steier*: Ist die thermische Entsorgung aller Klärschlämme in der BRD kurzfristig gewährleistet? Umwelt Praxis 11-12/2003, pp. 13–18.
- [6] *Kovács Adrienn – Kovács Róbert – Pétsy Zolt – Szűcs Beatrix – Zelei Krisztina*: A szennyvíziszap-kezelés és hasznosítás jogi, gazdasági, műszaki, környezeti-egészségügyi feltételrendszere. EMLA Tanulmány, Budapest (2003).

* * *

38 év a műszaki értelmiség szolgálatában



Amikor 1968-ban beléptem a MTESZ Bács-Kiskun Megyei Szervezetének ajtaján, nem gondoltam, hogy több évtizedre elkötelezem magam a műszaki értelmiség civil szervezetének segítésére, szolgálatára. A MTESZ megyei szervezőtitkárként kaptam alkalmazást abban az évben, és egyre jelentősebb feladatokat bízta rám. Néhány év után a Tudomány és Technika Háza felújításában, berendezésében és működtetésében vettem részt. Családi körülményeim Budapestre szőlítottak. Örömmel fogadtam az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület akkori titkárának – Szabó Csabának – a hívását. Az Egyesületben élénk társadalmi élet fogadott, új feladatok, kihívások megoldásán keresztül az egyesületi munka szinte minden részletével megismerkedtem. A sokszínű munka érlelte meg bennem azt a felismerést, hogy a társadalom számára milyen fontos a szakmai összetartozás.

Igyekeztem a társegyesületekkel is jó, személyes kapcsolatot teremteni. Ennek egyik eredménye lett, hogy amikor Palócz Mária, az SZTE ügyvezető titkára nyugdíjba vonult, megkeresett azzal a kérdéssel, hogy lenne-e kedvem munkakörét folytatni. Ezt a felkérést, majd későbbi megbízatást örömmel fogadtam, és elvállaltam. Nem könnyű időszakot megelőzően kezdtem meg ezt a munkát, hiszen az SZTE szakmai háttere megváltozott, és maga az egyesületek önállósá válása újabb feladatok elé állított. Az Egyesület akkori vezetői – dr. Mihócs Ferenc elnök, Sey Pongrácz főtitkár, Sági Lajos társelnök – és a tagság nagy bizalommal fogadott, és támogatta tevékenységemet.

Az Egyesületnél eltöltött több mint 14 év alatt az SZTE tagságát, vezetőségét, a szakosztályokat, a szélesebb körű szakmai közvéleményt nagy odaadással szolgáltam, és részesének tekintem magam abban a sikerben, hogy a változó körülmények között az Egyesület önállóan fennmaradt, megítélése és anyagi helyzete stabil. Mindezek jogosítanak fel arra, hogy emelt fővel, tiszta szívvel adjam át a stafétabotot fiatal utódoknak, Meleg Reginának, akit tisztelt Tagjaink jóindulatába ajánlok. Kérem, támogassák, hogy hatékonyan és sikerrel tevékenykedhessem.

Egyesületünk elmúlt 55 éves, amely nem túl hosszú idő, de előttünk áll egy újabb évezred, amely úgy vélem, a szakmai civil kezdeményezések, a szakmai összetartozás és összefogás évezrede lehet, hiszen a műszaki tudományok innovációja folyamatos és nélkülözhetetlen. Kívánom, hogy a műszaki társadalom minden tagja ebben a munkában sok sikert érjen el!

Dr. Szalóki Gyuláné, Ildikó

EGYESÜLETI ÉS SZAKHÍREK

BAT technológiai ajánlások a kerámiaipar számára

Napjaink egyik legsúlyosabb, globális méretű és hatású problémája a környezetszennyezés, annak minden megnyilvánulásával és látható vagy a jövőben bekövetkező hatásával együtt. Az ezzel kapcsolatos álláspontok lényegében becsléseken és következtetéseken alapulnak, de némely vélemények meglehetősen zord képet rajzolnak fel bolygónk környezeti viszonyairól, és a jelen vagy a közeljövő természeti katasztrófáit közvetlen összefüggésbe hozzák a környezet állapotával, elsősorban az üvegházhatású gázok kibocsátásának jelenlegi szintjével.

A világ felelősen gondolkodó tudományos és társadalmi-politikai erői és nemzetközi intézményrendszerei a káros folyamatokat felismerve arra a következtetésre jutottak, hogy világméretű intézkedéseket kell hozni a szennyeződés további növekedésének megakadályozására, majd csökkentésére. A szóban forgó területek közül a két legfontosabb: az integrált szennyezésmegelőzéshez, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásához kapcsolódó jogi szabályrendszer.

A hazai szilikátipar területén működő szakmai szövetségek, a Magyar Cementipari Szövetség, a Magyar Üvegipari Szövetség, a Magyar Tégla Szövetség, a Magyar Kerámia Szövetség, továbbá az úgynevezett „ernyőszervezetek”, a Magyar Építőanyagipari Szövetség (MÉASZ) és a Munkáltatók és Gyáriparosok Országos Szövetsége (MGYOSZ) egyre határozottabb és növekvő hatékonyságú munkát végeznek e területeken, nem utolsósorban tagvállalataik felkészítése, segítése és érdekvédelme céljából.

Szövetségeink úgy vélik, hogy erről a nagy jelentőségű és sokirányú tevékenységről a szélesebb szakmai közvéleményt is rendszeresen tájékoztatni szükséges, ezért az „Építőanyag” folyóirat szerkesztőbizottságának felkérésére a környezetvédelem egy-egy részterületének bemutatására, az aktuális tudnivalók ismertetésére cikksorozatot indítunk.

Első alkalommal az integrált szennyezésmegelőzés területéhez tartozó, az elérhető legjobb technikák – BAT (Best Available Techniques) összefoglaló néven ismertté vált rendszer európai és ezzel összefüggésben hazai fejleményeit mutatjuk be a kerámiaipar területén.

1. Előzmények

A 96/61/EK irányelv (IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control) az integrált szennyezésmegelőzésről és

szabályozásról 1999. október 30-ától került bevezetésre az Európai Unióban.

A megelőzési-csökkentési és szabályozási rendszer alapelve, hogy a környezetszennyezés problémakörét nem környezeti elemként külön-külön, hanem komplex módon, minden környezeti elemre vonatkozóan együtt kell vizsgálni és kezelni.

További alapelv a megelőzés: a kibocsátásoknak már a keletkezésnél történő csökkentése, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a folyamatokban (tervezés, engedélyeztetés, megvalósítás, módszerek alkalmazása stb.) minden esetben az elérhető legjobb technikát (Best Available Techniques, BAT) kell alkalmazni. Deklarált alapelv továbbá a szigorú ellenőrzés

Az irányelv hazai jogharmonizációja két lépésben történt meg.

1. lépés: a 2001. évi LV. törvény egyes törvények környezetvédelmi célú módosításáról (a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény módosítása) – 2001. június 19.

2. lépés: a kormány 193/2001. (X. 19.) rendelete az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályairól.

A BAT-alapú engedélyezési rendszerek alapfeltétele a működő létesítmények környezeti teljesítményének, valamint a legújabb megoldások ipari méretű alkalmazásainak aktuális, naprakész és hiteles ismerete. Ezen környezetpolitikai célkitűzések megvalósítására, a hatékony információcsere és -áramlás segítésének érdekében hozta létre az Európai Bizottság a brüsszeli Információcsere Fórumot (IEF – Information Exchange Forum) és a sevillai Európai IPPC-irodát. Az elérhető legjobb technikákról szóló információk hiteles gyűjteményei a BAT Referenciadokumentumok (BREF). Az IPPC (hazánkban egységes környezethasználati) engedélyezési eljárás során a BREF-ekben foglalt információkat figyelembe kell venni.

2. A hazai BAT-útmutatók kidolgozása

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium a BREF-ek változtatás nélküli átvétele helyett nemzeti útmutatók kidolgoztatása mellett döntött. A nemzeti útmutatók a BREF-ek alapján készülnek, de az adott ország természeti sajátosságainak, környezeti adottságainak, gazdasági fejlettségének figyelembevételével, természetesen a BREF-ben található információkat is felhasználva.

Ez a munka hazánkban 2001. április 25-én kezdődött, mikor a Környezetvédelmi Minisztérium kezdeményezésére a minisztérium szakmai háttérintézményében, a Környezetgazdálkodási Intézetben (2004. április 1-jétől: *Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főigazgatóság*), a Környezetvédelmi Igazgatóságon megalakult az IPPC Osztály. Ennek az egységnek a feladata – többek között – a hazai útmutatók kidolgozásának koordinálása is. A *hazai útmutatókat* a BREF-dokumentumokat elsődleges forrásként használva, a regionális körülményekre tekintettel, valamint a rendelkezésre álló, más országokban kidolgozott BAT-útmutatók megfelelő részeinek magyar viszonyok közé való átvételével, *az iparral és a hatósággal közös munkacsoportok dolgozzák ki*.

A BAT-ajánlásoknak egyébként sok, nagyon lényeges szekunder hatása van. Egyebek mellett a technológiák felülvizsgálata kapcsán minden környezeti tényező és a technológia minden elemének végiggondolására készíti az üzemeket. Ez egyben azt jelenti, hogy elősegíti a „környezettudatos menedzsment” szemléletének alakulását.

A BAT-ajánlások célközönsége egyfelől az érintett engedélyesek, másfelől az eljáró környezetvédelmi hatóság. Ebből a szempontból célszerűnek látszott, hogy a hatóság munkatársai számára a kerámiaiparban üzemeltetőket szervező szövetség, amelynek során képet kaphatnak az adott szakma valóságos viszonyairól, környezeti hatásairól, s ez a tapasztalat a későbbiekben előnyösen hasznosulhat a környezetvédelmi engedélyezések és felülvizsgálatok során. Egy üzemeltető az elmúlt év végén Hódmezővásárhelyen lezajlott.

Tekintve, hogy 2005 júniusától rendelkezésre áll az EU kerámiaipari BAT Referenciadokumentum 2. tervezete, erre alapozva sokkal célszerűbb és könnyebb a feladatot elvégezni, mint e dokumentum nélkül.

3. Kerámiaipari BAT-útmutatók tartalma

A KvVM szakmai álláspontja szerint az eddigi, más iparágakban szerzett hazai tapasztalatokat is figyelembe véve a szövetségeknek az alábbi fejezeteket célszerű a hazai BAT-útmutatóhoz elkészíteni.

- Az ágazat főbb környezeti hatásai (*a BREF, illetve egyéb információk alapján*).
- Az ágazat magyarországi helyzetének bemutatása (*az érintett iparági szövetségeknél rendelkezésre álló információk alapján*).
- Az ágazatban folytatott tevékenységek bemutatása (*a vonatkozó BREF, illetve hazai szakirodalom és egyéb hozzáférhető információk felhasználásával*).
- Az elérhető legjobb technikák (*a BREF 4-5. fejezete*).
- Mellékletek:
 - jelenlegi kibocsátási és anyagfelhasználási szintek (*BREF 3. fejezete*);
 - a BAT alkalmazásával elért fogyasztási és kibocsátási szintek (*BREF 5. fejezete*);
 - referenciák, irodalomjegyzék.

(Megjegyezzük, hogy a dokumentum végleges és részletes tartalmi összefüggéseinek ismertetésére külön cikk keretében visszatérünk.)

Ami az ajánlások készítésének technikai kérdéseit illeti, a minisztérium és a Magyar Kerámia Szövetség, illetve a Magyar Téglás Szövetség között létrejött megállapodásnak megfelelően a munkát a fentiekben vázolt tartalommal, első megközelítésben 2006 közepére kell befejezni.

Fontosnak tartjuk ismertetni, hogy a Magyar Téglás Szövetség 2003-ban már készített a saját iparága számára BAT technológiai ajánlást, amelynek tapasztalatai a szövetség tájékoztatása szerint az alábbiakban foglalhatók össze:

- egységes útmutatás a hatóságnak az engedélyező és ellenőrző munkában;
- az ipar számára egységes technológiai és környezetvédelmi információs bázis;
- a BAT készítése lehetőséget ad az iparnak, hogy az általa legfontosabbnak tartott elemeket beépítse az ajánlásba, vagy a belátható időn belül megszüntetendő, túlhaladott megoldásokat ne dokumentálja.

4. A munkacsoportok

Az ismertetett jogszabályok és elhangzott indokok alapján belátható, hogy az iparágban működő vállalkozások számára meghatározó fontosságú komplex feladatról van szó, amely elsősorban a kötelezett cégeket érinti, de a kis- és középvállalkozások számára is alapvető fontosságú, hogy a tevékenység során felmerülő bármiféle környezetvédelmi engedélyezési, ellenőrzési vagy jogvitás ügyben az *eljárás és a döntés egyik alapja a BAT-útmutató lehet*.

További igen jelentős eredménye lesz ennek a munkának, hogy iparágunk rendelkezni fog egy korszerű, a vállalati anyagi folyamatok legfőbb területeit átfogó, iparági információbázissal.

A szakmai szövetségek és a munka végrehajtására alakult munkacsoportok úgy látták, hogy a finomkerámia-ipar számára – az EU gyakorlatának megfelelően – egységes BAT-útmutatót kell elkészíteni, azonban a technológiai részeket („az elérhető legjobb technikák”, valamint a 2., 3., 4. mellékletek) a szakmai tagozódásnak megfelelően külön-külön kell kidolgozni.

Ennek megfelelően a KvVM-mel szerződő Magyar Kerámia Szövetség az alábbi szakterületeken végzendő munka végzésére kérte fel a munkacsoport tagjait és munkáltatójukat.

- Burkolólapok – *Domonyi Frigyesné*, Zalakerámia Zrt.; *Czigány Barbara*, Zalakerámia Zrt.
- Szaniter- és tűzálló anyag – *Kerekesné Szikora Magdolna*, Villeroy & Boch Zrt.
- Műszaki kerámia – *dr. Kovács Kristóf*, Veszprémi Egyetem.
- Porcelán- és cseréparu – *Henszelmann Imre*, Iparművészeti Egyetem.
- Kályhacsempe – *Apagyi Zsolt*, MAT Kerámia Kft.

– Téglá- és cserépipar – *Dudás Judit, MATÉSZ; Szerző: László, Wienerberger Zrt.; Mátó Gyula, Mályi Téglagyár Kft.; Felegyi Mihály, Tondach Zrt.*

A munka koordinálását *dr. Szabó Miklós* (Magyar Kerámia Szövetség) végzi.

A feladat szakmai előkészítésében jelentős szerepet vállalt az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főigazgatóság Környezetállapot-értékelési Osztálya részéről *Babcsány Ildikó* osztályvezető.

A munkában részt vevő szövetségek és munkacsoportjaik kifejezik azt a meggyőződésüket, hogy a kerámiaipar vállalkozásainak és az iparban működő szakembereknek feltétlenül hasznos és a jövőben folyamatosan rendelkezésre álló technológiai információbázis jön létre ezzel a munkával.

Köszönettel vennénk, ha a Szilikátipari Tudományos Egyesület Kerámia Szakosztályába tömörült kollégák a bevezetőben említett közleményeket, publikációkat figyelemmel kísérik, és észrevételeikkel, véleményükkel a további munkát segítenék.

Dr. Szabó Miklós
Magyar Kerámia Szövetség
dr.szabo-miklos@chello.hu

BESZÁMOLÓ RENDEZVÉNYRŐL

Konferencia Kárpátalján 2005. október 24–27.

„Az EU házhoz jön” program keretében a Szilikátipari Tudományos Egyesület, a SZTE Szigetelő Szakosztálya integrációs felkészítő konferenciát szervezett a KIÚT Térségfejlesztési Egyesület közreműködésével, a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium támogatásával.

Az 1997 júniusában tartott kárpátaljai első rendezvényünket Ukrajna magyarországi ungvári főkonzulja, *Németh János* javaslatára szerveztük meg. Magyar részről a delegációban 32 szakember mutatta be a magyar építőipart. Ukrán, illetve kárpátaljai részről az ungvári, munkási, beregszászi megyei adminisztrációnak a gazdasági élettel és építéssel foglalkozó vezetői, az oktatás képviselői vettek részt. A bemutatkozás eredményezte a mai napig meglévő és bővülő kapcsolatunkat, amely a 2005. októberi eredményes tevékenységünket megalapozta.

A 2004 júniusában tartott Integrációs felkészítő konferencia és kiállítás c. rendezvényen ukrán partnereink kérték, hogy az Ungvári Nemzeti Egyetem Építésmérnöki Tanszékén a negyedéves és ötödéves hallgatóknak tartsunk előadásokat, melyre 2005. októberben került sor.

A termékeit, tevékenységét bemutató vállalatok: AMB-DER TRADE '97 Építőipari, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., AUSTROTHERM Hőszigetelőanyag Gyártó Kft., CEMKUT Cementipari Kutató-fejlesztő Kft. DÖRKEN



Egyetemi előadás

Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Duna-Dráva Cement Kft., Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Kht. G&B Elastomer Trade Kft., Heraklith Hungária Kft., ISOLA Budapest, Fedéllemezgyár Kft., KIUT Térségfejlesztési Egyesület, MINERALHOLDING Kft., Saint-Gobain Weber Terranova Kft., STABIMENT Hungária Kft., SZIKKTI Labor Szilikátkémiai Anyagvizsgáló-Kutató Kft. TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. VILLAS Hungária Kft., Zsindely „kas” Kereskedelmi, Építőipari Tervező és Kivitelező Kft., XELLA Pórusbeton Magyarország Kft.

Az SZTE Szigetelő Szakosztály 10 éves tevékenységét értékelő ünnepi ülése ezt a rendezvényt minősítette a legeredményesebbnek. Az előadásaink iránti nagy érdeklődésre jellemző, hogy az egyetem vezetői, a rektorok közül többen, valamint a dékán is több előadásunkat meghallgatták.

Néhány személy a fogadó partnerek részéről: *Sztudenják Igor* prof., helyettes rektor, *Vladimir Vaszilijevich* prof., helyettes rektor, *Turjanica Iván* docens, a Mérnöki Kar dékánja, *Harhalisz Mikola* docens, az Építészeti és Városgazdálkodási Tanszék vezetője, *Rubis Jurij* docens, a Mérnöki Kar volt dékánja, *Szopo András*, az egyetem külügyi osztályának vezető munkatársa, *Aroslavcinaj Kristina*, a külügyi osztály munkatársa, *Vicián Tamás* első titkár, a főkonzul megbízottja, *Visky János*, a konzuli iroda vezetője. *Koblik Vaszil*, a Kárpátalja Megyei Közigazgatási Hivatal építészeti és tervezési főosztályvezetője, *Parfenyuk Leonyid*, a Kárpátalja Megyei Közigazgatási Hivatal



A Megyei Közigazgatási Hivatalban tartott előadások hallgatói



A vendégek az M0-s autópályán

építészeti-kivitelezési főosztály vezetője, *Melega Antal*, a Kárpátalja Megyei Közigazgatási Hivatal munkatársa.

Az egyetemen tartott előadásokon kívül a Kárpátalja Közigazgatási Hivatalban is tartottunk előadást, ahová kárpátaljai területi építési szakembereket, hatósági ügyintézőket is meghívták.

Tárgyalásokat folytattunk a további feladatok meghatározása céljából a Kárpátalja Megyei Közigazgatási Hivatal építészeti-kivitelezési főosztályának képviselőivel. Egyeztetéseket bonyolítottunk le a Kárpátaljai Közigazgatási Hivatal gazdasági, EU-integrációs és határ menti kapcsolatokért felelős főosztályának képviselőivel.

Az elhangzott előadások során sokan érdeklődtek a Duna-Dráva Cement Kft. termékei iránt, mivel az autópálya építése szempontjából különösen fontos a cement.

Az érdeklődő szakembereket meghívtuk a Budapestet elkerülő M0-s autópálya elkészült újabb szakaszának és az új 4-es számú főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszának 2005. december 17-i átadására, amelyet elfogadtak, és az ünnepségen részt is vettek: *Kovács József* alkalmazástechnikai koordinátor, Duna-Dráva Cement Kft., az Ungvári Nemzeti Egyetem 4 fős delegációja, azaz *Turjanica Iván* dékán, *Harhalisz Mikola* tanszékvezető, *Melega Antal* tolmács, *Koblik Vaszil* főosztályvezető a Kárpátalja Megyei Közigazgatási Hivatalból.

Ungvári tartózkodása alatt a delegáció szakmai látogatást tett az Ungvár rakparton épülő magyar főkonzulátus építkezésén, a DOMOVOJ Építőanyag Kereskedelmi Központban és a BERKUT Építőanyag Kereskedésben.

A hazautazás során meglátogattuk partnereinket is. A munkácsi vár Petőfi és Rákóczi kiállítási szobájának megtekintése után tárgyaltunk a vár igazgatójával, *Igor Havasival* a szobák felújítási igényéről, a 10 éves fennállás megemlékezéseinek előkészítéséről. Találkoztunk a munkácsi Szent István Líceum igazgatónőjével, *Kristofori Olgával*. Az iskolát segíteni fogjuk oktatástechnikai eszközökkel, irodalmi anyagokkal. Találkoztunk Beregszászon a Kárpátaljai Református Püspökség főjegyzőjével, *Nagy Bélával*, aki ismertette a templom felújítási munkálatait, és szakmai tanácsot kért a magyar delegációtól. A Diakóniai

épületegyüttes felújításáról és bővítéséről is tájékoztatást kaptunk.

A kárpátaljai integrációs felkészítő konferencia tapasztalatai alapján megállapítható, hogy a konferencia elérte a célját, a konferencián részt vevő hallgatók és a megye vezetése külön is hangsúlyozta és megköszönte a színes program megvalósítását. Igen nagyra értékelték az előadások színvonalát és azt a tényt, hogy olyan ismeretekkel járultunk hozzá a hallgatók felkészítéséhez, melyeket az Ungvári Nemzeti Egyetem információ hiányában nem tud oktatni hallgatóinak. A legtöbb kérdés és a tapasztalatok utáni érdeklődés Kárpátalja építészeitől és főépítészeitől hangzott el annak a kapcsán, hogy bizonyos anyagok és technikák megjelentek már Kárpátalján is, ugyanakkor az alkalmazási technológiákról és szabványokról csak ezen a konferencián tudtak ismereteket szerezni.

Dr. Rudnyánszky Pál
SZTE-társelnök

* * *

Dr. Pauka Imre

Az elmúlt év őszén rövid betegség után hunyt el dr. Pauka Imre Budapestben.

Okleveles vegyészként végzett 1952-ben az ELTE Természettudományi Karán. A szilikátiparban kezdett dolgozni. A szilikátipari technológia későbbi pályafutásának egyik alapvető szakterülete lett.

Dolgozott a Selypi Cementgyárban és a Központi Cementipari Laboratóriumban. A későbbiekben szakértői tevékenysége mellett az oktatás vált fő hivatásává. Generációkat oktatott az építőanyagok, technológiák ismeretéről. Előadó volt a Felsőfokú Építő- és Építőanyagipari Technikumban, majd a pécsi Pollack Mihály Műszaki Főiskola rendes tanárává nevezték ki 1970-ben. Ugyanitt előbb főigazgató-helyettes, majd 1985-ig főigazgató volt. Innen ment nyugdíjba 1990-ben.

Nyugdíjba vonulása után nem szakadt meg műszaki, környezetvédelmi munkássága. A főiskolai szilikátipari szakemberképzés megszűnését követően a Környezetvédelmi Intézetnek lett előbb igazgatóhelyettese, majd igazgatója. Műszaki doktorátusát 1972-ben szerezte a Veszprémi Vegyipari Egyetemen. Kapcsolatot épített ki német felsőoktatási intézményekkel Weimarban, illetve Würzburgban, ahol hosszabb-rövidebb ideig meghívott előadóként is tevékenykedett. Több tudományos szakmai és társadalmi szervezet tagja és tisztségviselője volt, többek között az MTA Pécsi Akadémiai Bizottságnak, a MTESZ szakmai bizottságának, a Magyar Mérnöki Kamarának, amely „A környezet védelméért” kitüntetését adományozta számára. Számos szakmai könyv, cikk és tudományos közlemény szerzője volt.

Kedves „Tanár úr”, emléket megőrizzük.