



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

9

XXXVI. ÉVFOLYAM

BUDAPEST, 1984. SZEPTEMBER

ÉPÍTŐANYAG 36 (9) 257—288 (1984)

A mész- és cement-, az üveg-, a finomkerámia-, a tégl- és cserép-, a beton és kő-kavicsipar és a szigetelőanyagok iparának tudományos szakirodalmi folyóirata

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofosik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lönkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

TARTALOM

<i>Horváth Zsolt</i> : Egy kvarceszemcse áramló üvegolvadékában történő feloldódásának matematikai megfogalmazása	257
<i>Lamos Jenő – Mihályfi Gyula</i> : A sárisápi kaolinos homokkő mágneses vastalanítási lehetősége	262
<i>Ujhelyi János – Toma Murad</i> : A duzzasztott agyagkavics betonok nyomószilárdsága	268
<i>Szőőr Gyula – Balázs Éva – Bohátka Sándor</i> : Agyagásványok, karbonátok, szulfátok együttes meghatározása összetett termoanalitikai módszerekkel	274
<i>Gálos Miklós – Kausay Tibor – Kertész Pál – Marek István</i> : Zúzottkővek mikro-Deval aprozdási vizsgálata	278
Kitüntetettjeink	273
A világ szilikátiparából	288

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Хорват, М.</i> : Математическая формулировка растворения одного кварцевого зерна в текущем стеклорасплаве	257
<i>Ламос, Е. – Михайли, Д.</i> : Возможности магнитного обезжелезования шарисапского каолинового песчаного камня	262
<i>Уйхей, Я. – Тома, М.</i> : Прочность при сжатии бетонов со вспученным гравием	268
<i>Сzőőr, Д. – Балаж, Е. – Богатка, Ш.</i> : Одновременное определение карбонатных, сернокислых и глиняных минералов комплексными термоаналитическими методами	274
<i>Галос, М. – Кайшай, Т. – Кертес, П. – Марек, И.</i> : Испытание измельчаемости щебенки методом микро-Деваля	278

INHALT

<i>Horváth, Zsolt</i> : Die mathematische Formulierung der Auflösung eines Quarzkorns in einer strömenden Glasschmelze	257
<i>Lamos, Jenő – Mihályfi, Gyula</i> : Magnetische Enteisungsmöglichkeit des kaolinitischen Sandsteines von Sárisáp	262
<i>Ujhelyi, János – Toma, Murad</i> : Druckfestigkeit der Betone aus gehendten Stoffkies	268
<i>Szőőr, Gyula – Balázs, Éva – Bohátka Sándor</i> : Gemeinsame Bestimmung von Tonmineralien, Karbonaten und Sulphaten unter Anwendung komplexer thermoanalytischer Methoden	274
<i>Gálos, Miklós – Kausay, Tibor – Kertész, Pál – Marek, István</i> : Zerkleinerungsprüfung des Schotters mit dem Mikro-Deval-Method	278

CONTENTS

<i>Horváth, Zsolt</i> : Mathematical Formulation of the Dissolution of a Quartz Grain in Glass Melt Flow	257
<i>Lamos, Jenő – Mihályfi, Gyula</i> : Magnetic Iron Removal from China Clay Containing Sandstone	262
<i>Ujhelyi, János – Toma, Murad</i> : Compressive Strength of Concrete Containing Expanded Clay Pebbles as Aggregates	268
<i>Szőőr, Gyula – Balázs, Éva – Bohátka, Sándor</i> : Joint Determination of Clay Minerals, Carbonates and Sulfates by Complex Thermoanalytical Methods	274
<i>Gálos, Miklós – Kausay, Tibor – Kertész, Pál – Marek, István</i> : Micro-Deval Comminution Testing of Crushed Rocks	278

Egy kvarcsemcse áramló üvegolvadékban történő feloldódásának matematikai megfogalmazása

HORVÁTH ZSOLT

Szilikátiipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

Az üvegolvasztási folyamat termelékenységének fokozása, energiaigényének csökkentése az üvegyártás egyik legszükségsebb feladata. Ennek egyik feltétele az üvegolvadék olvasztókádiban történő tartózkodási idejének minimalizálása, természetesen az olvadék minőségének megtartása, illetve javítása mellett. Az olvasztási idő csökkentésével növelhető az olvasztási teljesítmény, illetve azonos olvasztási teljesítmény mellett a fajlagos energiafelhasználás csökkenthető.

Az üvegolvasztás folyamatában a kvarcoldódási és a tisztulási folyamatoknak a legnagyobb az időigényük, ezért az olvasztási idő elsősorban ezen folyamatok idejének rövidítésével csökkenthető. Ezeknek a folyamatoknak a szabályozásához elengedhetetlenül szükséges a folyamatok meghatározó tényezőinek, kinetikai törvényszerűségeinek ismerete. Ez a munka a fenti folyamatok közül a kvarcoldódással foglalkozik, és egy kvarcsemcse feloldódásának kinetikai viszonyait írja le matematikai egyenletek segítségével.

2. A kvarcoldódás elmélete

Az olvasztási folyamat több részfolyamatból tevődik össze. Ezek:

- szilikátképződés,
- üvegeképződés (kvarcoldódás),
- tisztulás,
- homogenizálódás.

A szilikátképződés azokat a reakciókat, átalakulásokat foglalja magába, amelyek során a nyersanyagkeverékből szilikátok olvadéka alakult ki, amely még számos buborékot, valamint oldatlan kristályos részeket (elsősorban kvarcsemcséket) tartalmaz. Az üvegeképződés során ezek a kvarcsemcsék feloldódnak az üvegolvadékban. Ezért ezt a folyamatot a maradék kvarc oldódásának is nevezik. Az olvadékban levő buborékok eltávolítása a tisztulás során

történik. A homogenizálódás feladata egy homogén üvegolvadék előállítása, amely már a kvarcoldódással és a tisztulással elkezdődik, és a kidolgozásig tart.

Ez a munka a továbbiakban csak a kvarcoldódással foglalkozik. A kvarcoldódás során az egyes szemcsék egymástól függetlenül oldódnak fel, ezért ez a folyamat akkor tekinthető befejezettnek, ha a legnagyobb kvarcsemcse is feloldódott. A problémát tehát az egyes kvarcsemcséknek az olvadékban történő feloldódásán keresztül vizsgáljuk.

A szakirodalomban a kvarcoldódás folyamatát két különböző elméleti úton magyarázzák. Az egyik út az alkáliák és alkáliföldfémek oxidjainak az olvadékból a kvarcsemcséhez történő diffúzióját tételezi fel. Ez az elmélet arra a megfigyelésre támaszkodik, amely szerint a kvarcsemcse és az olvadék határán az olvadékban megnövekedett az alkáliakonzentráció. Amikor a diffundált ionok az SiO_2 -vel együtt elérik az adott hőmérséklet által meghatározott liquidus-összetételt, akkor a szemcsehatár beljebb tolódik. LÖFFLER [2] egy $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ rendszerrel végzett kísérleteket, és az üvegolvadékban a kvarc szemcsehatárán egy alkáliafeldúsulást állapított meg.

A másik elmélet az SiO_2 -nak a szemcsefelületről az olvadék belsejébe történő diffúzióját írja le. A kvarcoldódás tehát úgy történik, mint egy szilárd test oldódása telítetlen oldatban. Az oldódást a diffúziós és konvekciós folyamatok együttesen határozzák meg és ezek egymással szorosan összefüggnek [3]. Az egyes műszaki üvegekben a különböző ionok koncentrációi és diffúziós együtthatói jelentősen eltérnek egymástól, valamint az adott hőmérséklethez tartozó liquidus-összetétel elérése is sokféle úton történhet. HÖHNE és THANG [4] szerint ezért előnyös az oldódási folyamat leírására az SiO_2 diffúziójának elméletét használni.

Számos kutató [3, 5 és 6] megállapítása szerint különböző eredetű kvarcüveg-rudak ugyanakkora sebességgel oldódnak fel. Megállapítást nyert továbbá, hogy az üvegrúd, amelyen krisztobalitréteg helyezkedik el, ugyanolyan sebességgel oldódik, mint amelyiken az eredetileg nem volt. Ebből következ-

tette TRUHLAROVA és VERPEK [5], hogy a kvarcüvegnek $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ olvadékban történő feloldódása következő lépésekben történik:

- krisztobalit-réteg képződése,
- a krisztobalit-réteg feloldódása,
- és végül a SiO_2 transzportja az olvadékon belül a kvarcsezemcse határfelületéről az olvadék belsejébe.

A legutoljára lejátszódó SiO_2 transzport folyamat az olvadékon belül diffúziós és konvekciós áramlások által történik. A három részfolyamat sebességviszonyára igaz, hogy az SiO_2 transzport a leglassúbb részfolyamat, ezért ez határozza meg az oldódás sebességét.

Ebben a munkában a kvarcoldódás folyamatát a kvarcsezemcse körül kialakult sebesség- és koncentrációmező matematikai megfogalmazásával határozzuk meg, amiből a koncentrációmező leírása és az oldódási idő kiszámítása a cél.

3. A folyamatokat meghatározó matematikai egyenletrendszer

Mozgó folyadékok állapota matematikailag a folyadék sebességeloszlását leíró $v = v(x, y, z, t)$ függvény és két tetszőleges termodinamikai mennyiség – például a $p(x, y, z, t)$ nyomás és a $T(x, y, z, t)$ hőmérséklet – segítségével adható meg. Amennyiben a folyadék több komponensből áll, úgy a $c_i = c_i(x, y, z, t)$ függvény adja meg az i komponens koncentrációját.

Itt csak az SiO_2 koncentrációját vizsgáljuk, így az egyszerűség kedvéért $c = c(x, y, z, t)$ -vel az SiO_2 koncentrációját jelöljük. Mindezek a mennyiségek az x, y, z helykoordináták és a t idő függvényei.

A folyadékechanika alapegyenletei közül nézzük először a kontinuitás egyenletét (1) és a viszkozus folyadékok általános mozgásegyenletét (2):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \cdot v) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho \cdot v)}{\partial t} + (v \cdot \text{grad}) \rho \cdot v = -\text{grad } p + \text{grad}(\eta \cdot \text{div } v) + \text{div}(\eta \cdot \text{grad } v) \quad (2)$$

A koncentrációmezőt általános esetre a (3) egyenlet írja le:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \text{div}(D \cdot \text{grad } c) - \text{div}(c \cdot v) \quad (3)$$

Az ezekben az egyenletekben szereplő anyagi állandók, s SiO_2 diffúziós együtthatója $D = D(c, p, T)$ és az üvegolvadék dinamikai viszkozitása $\eta = \eta(c, p, T)$ és sűrűsége $\rho = \rho(c, p, T)$ a koncentráció, nyomás és hőmérséklet függvényei.

A fenti összefüggésekben egy konstans hőmérsékletmezőt tételeztünk fel, ami által a termodiffúzió és az anyagi állandók hőmérsékletfüggése kiesik. Ez az elhanyagolás bizonyos fokig csökkenti az összefüggések általános érvényűségét. Egy kvarcsezemcse oldódásának konkrét esetében csak a környezetét vizsgáljuk, ahol a hőmérséklet változását elhanyagoljuk. Ezzel tehát a kapott eredmények, összefüggések is csak egy kvarcsezemcse megfelelő környezetére érvényesek.

Ez a differenciálegyenlet-rendszer (1), (2), (3) ilyen általános formában nagyon nehezen kezelhető, ezért a konkrét eset figyelembe vételével szükséges néhány elhanyagolást tenni. Ezek:

- Az összes anyagi állandó nyomástól való függősége elhanyagolható.
- Konstans hőmérsékletmező esetén az anyagi állandók hőmérséklettől való függősége is kiesik.
- Az anyagi állandók koncentrációtól való függését is az egyenletek könnyebb kezelhetősége miatt elhanyagoltuk. Ez természetesen egy durva elhanyagolás, mert mind a diffúziós együttható mind a viszkozitás összetétel-függőek. Ez az elhanyagolás az oka, hogy a leegyszerűsített egyenletrendszer csak közelítően írja le a valóságban lejátszódó bonyolult folyamatokat.
- Az üvegolvadék nagy viszkozitása miatt az olvasztókádiban mindenütt ún. csuszóáramlás jellemző – mivel az Re -szám kicsi –, amiből következik, hogy az általános mozgásegyenletben a tehetetlenségi tag a nyomástag és a súrlódási tag mellett elhanyagolható.

A fenti elhanyagolások után az anyagi állandók a kvarcsezemcse környezetében konstans értéket vesznek fel.

$$\rho = \text{const}, D = \text{const}, \eta = \text{const}$$

Ezek összefüggések (1), (2), (3)-ban való behelyettesítésével és a szükséges átalakítások elvégzésével a folyamatot leíró differenciálegyenlet-rendszer a következő alakra egyszerűsödik.

$$\text{div } v = 0 \quad (4)$$

$$\text{grad } p = \eta \cdot \text{div } \text{grad } v \quad (5)$$

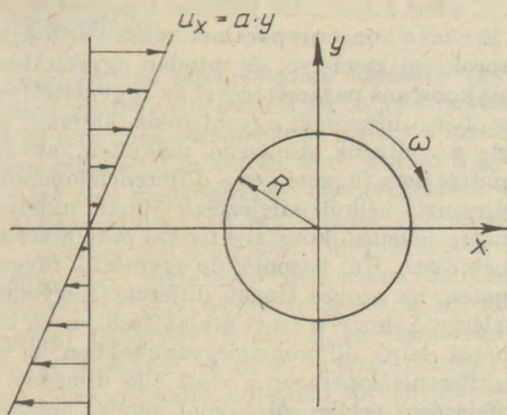
$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \cdot \text{div } \text{grad } c - v \cdot \text{grad } c \quad (6)$$

Egy folyamat matematikai egyenletekkel történő leírásakor a differenciálegyenletek megadásán kívül szükség van a differenciálegyenletekhez tartozó peremfeltételek megadására is. A peremfeltételek megfogalmazásának elengedhetetlen feltétele a modell további konkretizálása.

A kvarcoldódás folyamatának kezdetekor az oldatlan kvarcsezemcsék átmérője a szemcsék egymáshoz viszonyított távolságához képest elhanyagolható. Tehát vizsgálhatjuk egy szemcse végtelen kiterjedésű folyadékban történő feloldódásának folyamatát, ahol a kapott eredmények csak a kvarcsezemcse környezetére lesznek igazak, amire ez a feltételezés megengedhető. Az egyes kvarcsezemcsék kiterjedése oldódásuk folyamán a tér egyik irányában sem tér el jelentősen a másiktól. Nincsenek a kvarcsezemcsének éles élei, sőt, a határfelületen a felületi energia minimumra való törekvése miatt a meglévő élek is igyekeznek az oldódás során minél jobban legömbölyödni. Ezért feltesszük, hogy a kvarcsezemcsék gömbszerűek, és a gömbformájuk az oldódás folyamán meg is marad. Ekkor a vizsgált kvarcsezemcse sugara legyen $R = R(t)$, ami az idő függvényében csökken. A kvarcoldódás kezdetekor a vizsgált szemcse sugara legyen $R_0 = R(t=0)$.

A vizsgálat során helyezzük el koordinátarendszerünket úgy, hogy középpontja essen egybe a kvarcsezemcse középpontjával, és végezzünk egy vele együtt

haladó mozgást. Az oldódást vizsgáljuk egy olyan áramlási mezőben, ahol a csúszóáramlás sebességgradiense lineáris. Ekkor a kvarcsemce a felvett (x, y, z) koordináta-rendszerben — az olvadék áramlásának sebességgradiense miatt, — valamilyen ω szögsebességű forgó mozgást fog végezni (1. ábra).



1. ábra. Kvarcsemce a lineáris sebességgradiensű áramlási mezőben

Természetesen ez a sebességeloszlás a gömb környezetében a gömb körüláramlása miatt megváltozik, így alakul ki a v sebességeloszlás. Jelöljük a gömb által nem zavart sebességeloszlást u -val, ekkor legyen:

$$u_x = a \cdot y, u_y = 0, u_z = 0 \quad (7)$$

A peremfeltételeket a kvarcsemce határfelületére ($r = R$) és a kvarcsemcsétől mért végtelen távolságra ($r \rightarrow \infty$) írjuk fel. A sebességmező peremfeltételeinél azt használjuk ki, hogy a kvarcsemce határfelületén a tapadási feltétel teljesül, kvarcsemcsétől számított végtelen távolságban pedig, ahol már a kvarcsemce hatása nem érződik, a sebességeloszlás megegyezik a gömb által nem zavart áramlási mező sebességeloszlásával. Ezek alapján a kvarcsemce sebességeloszlására a peremfeltételeket a (8) és (9) összefüggések írják le.

$$\left. \begin{aligned} r = R \quad & \begin{cases} v_x = \omega \cdot y \\ v_y = -\omega \cdot x \\ v_z = 0 \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} r \rightarrow \infty \quad & \begin{cases} v_x = ay \\ v_y = 0 \\ v_z = 0 \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Az áramlási mezőt a (4) és (5) differenciálegyenletek határozzák meg. Miután a tehetetlenségi tagot a mozgásegyenletben elhanyagoltuk, és ezáltal a differenciál-egyenletben nem maradt időtől függő tag, következésképp a megoldás is időtől független. Ezért a stacionárius és instacionárius áramlási mezők számításában nincs semmi különbség, az instacionárius áramlási mező felfogható, mint stacionárius áramlási mezők időbeli sorozata [8]. Minden időpillanatban tehát az az áramkép alakul ki, amit a (4) és (5) differenciálegyenletek, valamint a (8) és (9) peremfeltételek, mint stacionárius áramlási mezőt, $R = R(t)$ pillanatnyi szemcsesugárral meghatároznak.

A diffúziós mező instacionárius, és a mezőt leíró differenciálegyenlet (6) tartalmaz időtől függő tagot, vagyis a megoldásnak is időfüggőnek kell lenni. Szük-

séges tehát egy kezdeti feltétel és egy peremfeltétel megadása. Legyen a kvarcoldódás kezdetekor a koncentrációeloszlás homogén, és mindenütt c_∞ , kivéve a kvarcsemce határát, ahol az adott hőmérsékletnek megfelelő liquidus-kvarckoncentráció c_1 van. c_∞ megfelel a szilikátképződés alatt átalakult SiO_2 -tartalomnak az olvadékban. A kvarcoldódás folyamán a kvarcsemce felületén továbbra is c_1 marad a SiO_2 koncentráció, valamint a kvarcsemcsétől számított végtelen távolságban továbbra is c_∞ . Ekkor a kezdeti és peremfeltételeket a (10) és (11) egyenletek írják le:

$$\begin{aligned} t = 0 \quad & \begin{aligned} r = R \rightarrow c &= c_1 \\ r > R \rightarrow c &= c_\infty \end{aligned} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} t > 0 \quad & \begin{aligned} r = R \rightarrow c &= c_1 \\ r \rightarrow \infty \rightarrow c &= c_\infty \end{aligned} \end{aligned} \quad (11)$$

A (8), (10) és (11) egyenletekben a kvarcsemce sugarát, $R = R(t)$ -t az idő függvényében a szemcse tömegének csökkenése által határozhatjuk meg. A kvarcsemcse tömege legyen $M = M(t)$ az idő függvényében, valamint legyen $M_0 = M(t = 0)$. Ekkor felírható a következő összefüggés:

$$R = R_0 \left(\frac{M}{M_0} \right)^{1/3} \quad (12)$$

A kvarcsemcse tömegének időbeli függését a (13) egyenlet írja le, ahol $\dot{m} = \dot{m}(t)$ a szemcse határfelületéről t időpillanatban eldiffundáló (— és ezáltal az ebben a pillanatban feloldódó —) SiO_2 -anyagáramot jelenti. A határfelületről eldiffundált anyagáramot a kvarcsemcse teljes felületéről a $j = j(t)$ anyagáramsűrűség-vektornak a kvarcsemcse teljes gömbfelületére felírt integrálja adja meg.

Ezt az összefüggést a (14) képlet írja le:

$$M = M_0 - \int_{t=0}^t \dot{m} \, dt \quad (13)$$

$$\dot{m} = \oint j \cdot dS \quad (14)$$

A szükséges behelyettesítések és átalakítások elvégzése után kapjuk $R = R(t)$ -re a következő összefüggéseket gömbi polár-, illetve derékszögű koordinátákban:

$$R = R_0 \cdot M_0^{-1/3}.$$

$$\left\{ M_0 + D \cdot \int_{t=0}^t R^2 \cdot \left[\int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} \frac{\partial c}{\partial r} \cdot \sin \theta \cdot d\varphi \cdot d\theta \right] dt \right\}^{1/3} \quad (15)$$

$$R = R_0 \cdot M_0^{-1/3}.$$

$$\left\{ M_0 + 2D \cdot \int_{t=0}^t \left[\int_{x=-R}^{+R} \int_{y=-\sqrt{R^2-x^2}}^{+\sqrt{R^2-x^2}} \left(\frac{\partial c}{\partial x} \cdot \left(\frac{x}{\sqrt{R^2-x^2-y^2}} - \frac{\sqrt{R^2-x^2-y^2}}{x} \right) + \frac{\partial c}{\partial y} \cdot \left(\frac{y}{\sqrt{R^2-x^2-y^2}} - \frac{\sqrt{R^2-x^2-y^2}}{y} \right) \right) \cdot dx \cdot dy \right] dt \right\}^{1/3} \quad (16)$$

A (15) és (16) képletek explicit formulák.

Az áramlási és a diffúziós mezőt tehát a (4), (5), (6) differenciálegyenletek, a peremfeltételeket pedig a (8), (9), (10), (11) egyenletek és a kvarcsezemcse sugarának változását a (15) vagy (16) rekuzív összefüggések adják meg. Ezek együttes megoldásához a probléma bonyolultságára való tekintettel csak numerikus úton lehet eljutni.

4. Utalás az egyenletrendszer megoldására

Vizsgáljuk először az áramlási mezőt. Ezt a (4) és (5) differenciálegyenletek, valamint a (8) és (9) peremfeltételek írják le. Ennek az egyenletrendszernek létezik analitikus megoldása, ami RAASCH [8] szerint:

$$\left. \begin{aligned} v_r &= \frac{a}{4} \cdot \sin^2 \theta \cdot \sin 2\varphi \cdot \left(2r - 5 \frac{R^3}{r^2} + 3 \frac{R^5}{r^4} \right) \\ v_\varphi &= \frac{a}{2} \cdot \sin \theta \cdot \left[\left(r - \frac{R^5}{r^4} \right) \cdot \cos 2\varphi - r \right] \\ v_\theta &= \frac{a}{4} \cdot \sin 2\theta \cdot \sin 2\varphi \cdot \left(r - \frac{R^5}{r^4} \right) \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned} v_x &= a \cdot y \cdot \left[1 - \frac{5}{2} \cdot \frac{R^3 \cdot x^2}{r^5} \cdot \left(1 - \frac{R^2}{r^2} \right) - \frac{1}{2} \frac{R^5}{r^5} \right] \\ v_y &= a \cdot y \cdot \left[-\frac{5}{2} \cdot \frac{R^3 \cdot y^2}{r^5} \cdot \left(1 - \frac{R^2}{r^2} \right) - \frac{1}{2} \frac{R^5}{r^5} \right] \\ v_z &= a \cdot z \cdot \left[-\frac{5}{2} \cdot \frac{R^3 \cdot xy}{r^5} \cdot \left(1 - \frac{R^2}{r^2} \right) \right] \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

ahol $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. A megoldásból látható, hogy a kvarcsezemcse $\omega = \frac{a}{2}$ szögsebességű forgó mozgást

végez. Az áramlási mezőt R sugarú gömb környezetében gömbi polárkoordinátákkal a (17), derékszögű koordinátákkal pedig a (18) képletek adják meg. Ez a sebességeloszlás alakul ki minden pillanatban az R sugarú gömb körül, ahol az R sugár időbeli csökkenését a (15) vagy (16) rekuzív képletek adják meg. A képletekből láthatóak, hogy az R sugár függ a koncentráció-eloszlástól, és az pedig továbbá függ a sebességeloszlástól. Így a problémát teljesen megoldani, a koncentráció- és sebesség-eloszlást, valamint a kvarcsezemcse sugárcsökkenésének mértékét, oldódásának idejét meghatározni csak a teljes egyenletrendszer együttes megoldásával lehet. A megoldást tehát, — a sebességeloszlási mező differenciálegyenlete megoldásának ismeretében, — a (6) differenciálegyenlet, (10), (11) peremfeltételek és a (18) és (16) egyenletek együttes megoldásával kapjuk. (Amennyiben gömbi polárkoordinátákkal kívánnánk számolni, akkor a (18) helyett a (17) és a (16) helyett a (15) egyenleteket kell felhasználni.) Ennek az egyenletrendszernek eddig még sem analitikus, sem numerikus megoldása nem ismert. A probléma összetettsége és bonyolultsága miatt a rendszer megoldása csak numerikus úton lehetséges.

5. Fizikai hasonlósági vizsgálatok az egyenletrendszer segítségével

Hasonló fizikai jelenségek azonos típusú differenciálegyenletekkel írhatók le. Az ezekben a differenciálegyenletekben szereplő változók felbonthatók egy dimenzió nélküli változóra és egy dimenziót tartalmazó, az adott folyamatra jellemző konstans mennyiségre. Ezeket a konstans paramétereket a differenciáloperátorok elé kiemelve, és minden egyenletben az első tag konstans paraméterével az egyenletet végigosztva olyan differenciálegyenleteket kapunk, amelyekben a változók dimenzió nélküliek, az adott folyamattól nem függenek, és a differenciáloperátorok előtt dimenzió nélküli kifejezések állnak, amelyek a folyamatra jellemző konstans fizikai paraméterekből tevődnek össze. Két hasonló, de egymástól független folyamatot, ha azonos típusú differenciálegyenlet ír le, és elérhető, hogy a fenti átalakítások után a két folyamatot leíró differenciálegyenletekben a megfelelő differenciáloperátorok előtt álló dimenzió nélküli kifejezések értéke páronként rendre megegyezzenek egymással, akkor a két differenciálegyenlet azonosra válik. Megoldásuk is tehát — a dimenzió nélküli változóra nézve, — azonos lesz. Ekkor, ha ismert az egyik folyamat megoldása (pl. fizikai, matematikai modellkísérletek vagy egyéb módszerek által), akkor ez a megoldás direkt átvihető a másik folyamatra, és így ismertté válik a másik folyamat megoldása is, anélkül, hogy a megfelelő differenciálegyenleteket megoldottuk volna. Az egyik folyamat megoldásának a másik folyamatra történő transzformációjának arányát a két folyamat konstans fizikai paramétereinek aránya szabja meg.

A kvarcoldódás folyamatát leíró fent levezetett egyenletrendszerben a hosszúság, sebesség, idő és koncentráció fordulnak elő, mint változók. Ezeket szükséges dimenzió nélküli és a folyamatra jellemző állandó fizikai mennyiségekre felbontani. Legyen karakterisztikus hosszúság (L) az oldódó gömb kiindulási sugara R_0 , karakterisztikus sebesség (w) alatt értsük az a $\cdot R_0$ szorzatot. Miután igaz, hogy karakterisztikus idő (τ) = karakterisztikus út (L): karakterisztikus sebesség (w), így a karakterisztikus idő (τ) legyen a^{-1} . A karakterisztikus koncentráció alatt pedig definiáljunk két koncentrációt, ezek legyenek c_1 és c_∞ . Ekkor ezeket a definíciókat felhasználva, a levezetett (6), (10), (11), (16) és (18) egyenletekbe behelyettesítve a szükséges átalakítások után a következő dimenzió nélküli paraméterek adódnak:

$$Bo = \frac{R_0^2 \cdot a}{D}, \quad \frac{c_1 - c_\infty}{\rho_{sz}}$$

Egy modell-folyamatban ha sikerül a megfelelő paramétereket biztosítani és elérni, hogy a modell-folyamat Bo -száma és $\frac{c_1 - c_\infty}{\rho_{sz}}$ -értéke megegyezzen a vizsgálandó folyamat ugyanezen paramétereivel, akkor a modellkísérlet koncentráció- és sebességeloszlásának eredményei áttanszformálhatóak a kvarc-oldódás folyamatában a kvarcsezemcse körül kialakult időben változó koncentráció- és sebességeloszlásra.

A Bo-szám a diffúziós és konvekciós áramlások sebességének arányát határozza meg, míg a $\frac{c_1 - c_\infty}{\rho_{sz}}$ kifejezés a Bo-számmal együtt a szemcse feloldódásának sebességét szabja meg. Azonos Bo-szám esetén a kvarcoldódás sebessége a $\frac{c_1 - c_\infty}{\rho_{sz}}$ nagyságától függ.

6. Összefoglalás

A kvarcoldódás folyamatának leírására egy matematikai modellt állítottunk fel. A matematikai modell az általános törvényszerűségeket leíró differenciálegyenletekből indult ki, amit azután a gyakorlat számára még megengedhető elhanyagolások után leegyszerűsítettünk. Az így kapott egyenletrendszer még mindig túl bonyolult, megoldásakor hosszú, számítógépen futtatható numerikus munkára van szükség, ami már túlmutat ennek a munkának a keretein. Célszerű viszont a továbbiakban ezt a munkát elvégezni, mert az egyenletrendszer megoldása a kvarcoldódás kinetikai törvényszerűségeinek alapjait, a kvarcsejcsék oldódási idejét írja le. Természetesen az elvégzett elhanyagolások miatt matematikailag exakt eredmények nem várhatók, a kapott megoldás viszont a folyamat valós tendenciáit a technikai élet számára megfelelő pontossággal tükrözi vissza.

A folyamatot meghatározó egyenletrendszerből továbbá megadtuk azokat a hasonlósági számokat, amelyek a folyamat kinetikája fizikai modellezésének az alapjai, vagyis amelyek által a fizikai modell eredményei a kvarcsejcsék áramló üvegolvadékban történő oldódására áttanszformálhatók.

Végezetül ez a munka egy, a kvarcoldódás folyamatának fizikai modellezés, illetve matematikai leírás útján történő későbbi tanulmányozásának matematikai alapjait adja meg, így későbbi kutatások alapjául szolgál.

IRODALOM

- [1] Horváth, Zs.: Mathematische Formulierung der Auflösung eines Quarzkorns in der Glasschmelze. Diplomarbeit, Bergakademie Freiberg (1983)
- [2] Löffler, J.: I. rész Glastechnische Berichte 30(1957) 129–133
II. rész Glastechnische Berichte 31(1958) 268–269
III. rész Glastechnische Berichte 36(1963) 336–370
- [3] Rottenbacher, R. – Engelke, H.:
I. rész Glastechnische Berichte 49(1976) 257–263
II. rész Glastechnische Berichte 49(1976) 278–284
- [4] Hühne, D. – Thang, D., Q.: Silikattechnik 31(1980) 73–74
- [5] Truhlarova, M. – Verpek, O.: Glastechnische Berichte 42(1969) 9–11
- [6] Truhlarova, M. – Verpek, O.: Glastechnische Berichte 40(1967) 257–260

- [7] Truhlarova, M. – Verpek, O.: Glastechnische Berichte 43(1970) 191–193
- [8] Raasch, J.: Beanspruchung und Verhalten suspendierter Feststoffteilchen in Scheerströmungen hoher Zähigkeit. Dissertation, TH Karlsruhe (1961)
- [9] Kattanek, S. – Gröger, R. – Bode, C.: Ähnlichkeitstheorie VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1967)

Horváth Zsolt: Egy kvarcsejcsék áramló üvegolvadékban történő feloldódásának matematikai megfogalmazása

A tanulmányban egy gömbszerű kvarcsejcsék lineáris sebességgradiensű csúszóáramlással áramló üvegolvadékban történő feloldódásakor a kvarcsejcsék körül kialakuló sebesség- és koncentráció-eloszlást leíró differenciálegyenleteket és peremfeltételeket vezettük le. Erre az esetre az olvadékban a kvarcsejcsék körül kialakult sebességeloszlás analitikus megoldását is megadtuk, míg a koncentrációeloszlást leíró egyenletek megoldása még nem ismert. A fizikai hasonlóságot kihasználva levezettük a folyamatot leíró differenciál-egyenletrendszerből a folyamat modellezhetőségének kritériumait, a dimenzió nélküli hasonlósági számokat.

Хорват, Ж.: Математическая формулировка растворения одного кварцевого зерна в текущем стеклорасплаве

В работе были выведены дифференциальные уравнения и вокруг зерна кварца при его растворении в стеклорасплаве, текущем потоком скольжения с линейным градиентом скорости. Для этого случая приводится также и аналитическое решение распределения скоростей вокруг зерна кварца в растворе, в то время как решение уравнений, описывающих распределение концентраций, пока еще неизвестно. Используя физическую подобность, из системы дифференциальных уравнений, описывающих процесс, были выведены критерии моделируемости процесса, а также числа подобия без измерений.

Horváth, Zsolt: Die mathematische Formulierung der Auflösung eines Quarzkorns in einer strömenden Glasschmelze

In dieser Arbeit sind die Differentialgleichungen und Randbedingungen für die Geschwindigkeits- und Konzentrationsfeld um einen Quarzkorn für den Fall der Quarzauflösung in der Glasschmelze mit linearer Scheerströmung abgeleitet. Für diesen Fall ist die analytische Lösung des Geschwindigkeitsfeldes um den Quarzkorn angegeben, ist aber die Lösung der Gleichungen, welche das Konzentrationsfeld beschreiben, noch unbekannt. Ausgenutzt die physikalische Ähnlichkeit werden weiterhin die Kriterien der Modellierbarkeit, also die dimensionslose Ähnlichkeitskennzahl aus den die Prozesse beschreibenden Differentialgleichungen hergeleitet.

Horváth, Zsolt Mathematical Formulation of the Dissolution of a Quartz Grain in Glass Melt Flow

Differential equations and their limiting conditions are deducted which describe the velocity- and concentration-distribution around a spherical quartz grain placed into flowing glass melt of a linear velocity gradient. The equation is solved analytically for the velocity distribution around the grain, while the solution of equations describing the concentration distribution are not known yet. The criteria of modeling of the process are deducted from the system of differential equations, using physical similarities; in this way dimensionless similarity numbers are obtained.

A sárisápi kaolinos homokkő mágneses vastalanítási lehetősége

LAMOS JENŐ—MIHÁLYFI GYULA

Borsodi Szénbányák, Miskolc

Népgazdaságunk többféle ásványi nyersanyagból behozatalra szorul. Ennek oka nemcsak a nyersanyag hiányából, hanem egyes hazai nyersanyag-előfordulások olyan mértékű szennyezettségéből is adódik, amely közvetlen felhasználást nem tesz lehetővé. Egyre szükségesebbé válik az ásványi nyersanyagok előkészítésével, dúsításával a nyersanyagigény hazai forrásokból történő kielégítése. Az előkészítés nem korlátozódhat kizárólag az aprításra, őrlésre, osztályozásra stb., hanem törekedni kell a szennyező anyagok eltávolítására. Így jelentős mértékben csökkenthető nyersanyagbehozatalunk [1].

1. Kaolinok mágneses előkészítése

Hazánk kerámiaipari nyersanyag-előfordulásainak szennyezőanyag tartalma igen gyakran meghaladja a feldolgozóipar által megkövetelt értéket. A kerámiaipari alapanyagok közül kaolinból is jelentős készlettel rendelkezünk. A nyersanyagokban előforduló káros alkotók elsősorban a vasvegyületek (hematit, limonit, pirit, vasszilikátok), jelenlétükkel minőségcsökkenést (olvadáspont-csökkenést, elszíneződést, hólyagosodást stb.) okoznak [1].

A szennyezőanyagok eltávolítását a 70-es évekig csak drága vegyszeres eljárással tudták megoldani, a vegyszerek alkalmazása azonban a további feldolgozásnál újabb problémákat okoz. Ezek megelőzése érdekében célszerűbb fizikai szétválasztási módszert alkalmazni. A kaolinok és a finomhomokok szemcseméretei mellett a fizikai szétválasztási módszer csak a flotálás és a mágneses szeparálás jöhet szóba. Mivel a flotálás maga is kémiai reagensekkel dolgozik, valamint költségesebb és kisebb hatásfokú dúsítási eljárás, ezért a mágneses szeparálási eljárás alkalmazása célszerű. A továbbiakban ezt az eljárást ismertetjük részletesen.

A mágneses szeparálás elve

Az anyagok kétféle módon viselkednek mágneses térben:

- a nagyobb mágneses mező irányába vonzódnak, az erővonalak az anyag belsejében sűrűsödnek, ezek a para- és ferromágneses anyagok;
- a gyengébb mágneses mező irányába taszítódnak, az erővonalak pedig ritkulnak az anyag belsejében, ezek a diamágneses anyagok.

A mágneses tulajdonságok jellemzésére a mágneses permeabilitást (μ) és a mágneses szuszceptibilitást (κ) használjuk. Homogén mágneses térben lévő paramágneses anyagszemcsékre ható mágneses erő a következő összefüggéssel írható le:

$$F_M = \kappa V H,$$

ahol

V — a szemcsetérfogat,

κ — a szemcse mágneses szuszceptibilitása,

H — az alkalmazott homogén térerősség.

A mágneses szétválasztás feltétele, hogy

$$\vec{F}_M \equiv \vec{F}_e,$$

ahol

F_e — egyéb erők (tömegelő, centrifugáliselő, hidrodinamikai erő stb.)

Vagyis a mágneses erőnek nagyobbnak, vagy határesetben egyenlőnek kell lennie a szemcsére ható összes egyéb erővel. A szükséges mágneses erő növelését a H mágneses térerősség növelésével lehet elérni, viszont ez nem növelhető egy bizonyos határon túl (vasmág telítettség). A ható erő tovább növelhető inhomogén mágneses erőter alkalmazásával. Ebben az esetben a ható mágneses erő:

$$F_M = \kappa V H \text{ grad} H,$$

ahol

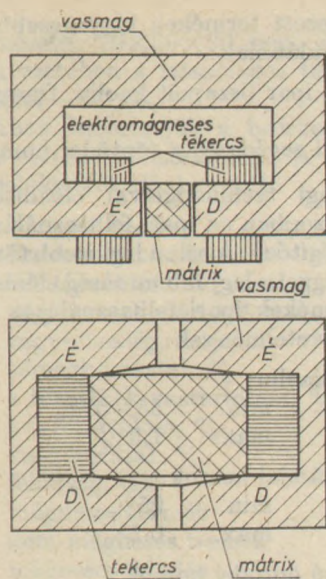
$\text{grad} H = \frac{dH}{dx}$ a mágneses térerő gradiens értéke,

amely megmutatja, mekkora a mágneses tér dH változása dx távolságban. Inhomogén mágneses térben lényegesen nagyobb mágneses hatóerő állítható elő, mint homogén térben, ezért a gyakorlatban is ezt az erős mezejű HGMS (High Gradient Magnetic Separation) módszert alkalmazzák a paramágneses anyagok mágneses szétválasztására [1, 6, 8].

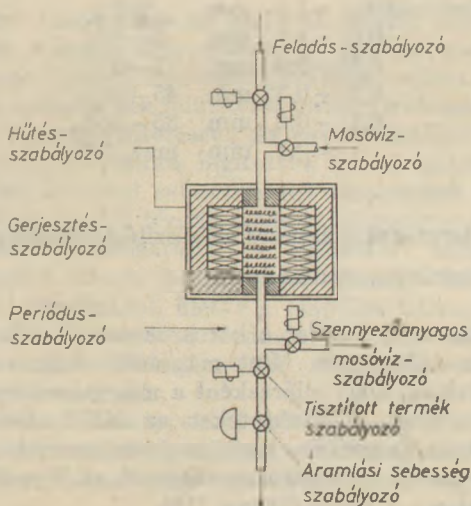
A berendezés leírása

A HGMS szeparátorok lényege egy elektromos árammal gerjesztett vasmagos tekercs, amelyben a szétválasztó zónát ferromágneses anyag tölti ki (pl. acélgyapot) (1. ábra) [1]. Ezek a szeparátorok 0,1–1000 μm szemcseméretű gyengén és közepesen mágneses anyagok nedves szeparálására alkalmasak. A legkülönbözőbb előkészítési feladatok megoldásához alkalmazhatók [7]. Így például kaolinok dúsítási műveleteihez a HGMS szeparátorok közül a HEMF (High Extraction Magnetic Filter) berendezést alkalmazzák.

A HEMF berendezés általában egy kör keresztmetszetű szűrőedényből áll, melyet préselt saválló acélgyapottal töltenek meg. Ezt nevezik a berendezés mátrixának. A szűrőedényt rézkábel-tekercsek veszik körül. Ezek gerjesztik az edény teljes térfogatát ~ 2 T térerősségre. A rézkábel üregében áramoltatott vízzel biztosítják a tekercs hűtését. A tekercseket vasmag veszi körül, amely lezárja a szolenoid mág-



1. ábra. A HGMS szeparátor kialakításának elve



2. ábra. A HEMF szűrőszeparátor elvi elrendezése

neses terét. Annak ellenére, hogy ezekben a mágneses szűrőkben igen nagy erősségű mezők alakulnak ki, a modern mágnesek tervezése lehetővé teszi a viszonylag kicsi, 400–500 kW teljesítményszinten történő üzemelést [2, 4, 5]. A HEMF szűrőszeparátor elvi elrendezését a 2. ábra mutatja [1].

Az eljárás leírása

A HEMF egységeket a mélyszűrők elve alapján üzemeltetjük, szakaszos vagy ciklikus alapon. A szűrőágyként szolgáló mátrix mágnesezett. Zagyt szivattyúzunk át rajta, hogy így szűrjünk, azaz nem mágneses terméket kapjunk. Mikor a mátrix telítődik, megfelelő mennyiségű vizet táplálunk a szűrőbe, hogy a szétválasztó térből eltávolítsuk a még bentmaradt nem mágneses terméket. Ezután a mágneses gerjesztését megszüntetjük és az ágyat nagy sebességű vízzel átöblítjük, hogy eltávolítsuk a mágneses

szennyeződések. A tekercs újra gerjesztésével folytatjuk a termék feldolgozását. Normál üzemelés közben a termelési ciklus 70–80%-os [3, 4].

Felhasználás kaolinra

A HEMF berendezést a kaolin minőségjavítására használják a szubmikron méretű, gyengén mágneses szennyezők kivonásával. 1–2% színezett vasas szennyeződés eltávolításával a kaolin általában 2–4 GE fehérségi egységgel (General Electric Brightness Unit) válik világosabbá. Szélső esetben a fehérség javulása 1–30 GE egységnyi lehet a kaolinban lévő ásványi szennyeződések jellegétől függően. Ez a minőségjavítás a következő esetekben hasznosítható:

- gyengébb minőségű nyers kaolin bányászásakor, így módon megnövelve a művelelő készletet;
- a kilúgzó vegyszerek felhasználásának csökkentésére;
- szuperfehér kaolinok előállítására;
- olyan agyagtermékek előállítására, melyek a végső felhasználás szempontjából kedvezőbbek a kerámiákban, üvegben és katalizátorokban a kisebb ásványi szennyeződések miatt.

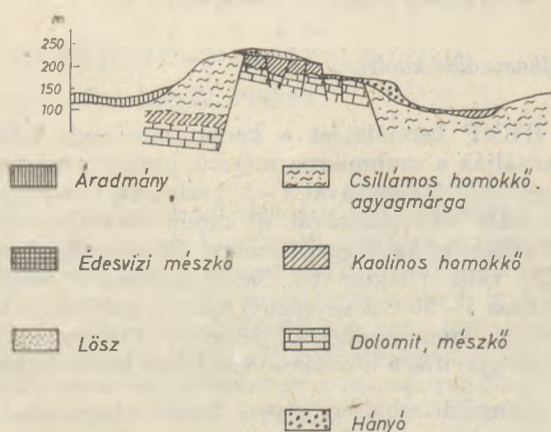
A kaolin feldolgozása során a mágneses leválasztás viszonylag olcsó és sokoldalú eljárás, a tartózkodási idő változtatásával különböző fokú mágneses leválasztást lehet elérni. Az eljárásnak nemcsak az üzemelési költsége alacsony, de a feladásra vonatkoztatott kaolinkihozatal is magas, 95–99%-os [4, 5].

2. A sárisápi kaolin-előfordulás és előkészítésének jelenlegi technológiája

A magyar nemeshomok telepek között kivételt képez a sárisápi kvarchomok. Ez a középső eocén kőszéntelepes csoport fedőjében és fekvőjében levő úgynevezett sztriatás, kaolindús tengeri homok ártiszapolásából keletkezett. Valószínűleg az oligocénben történt az áthalmazódás. A műre érdemes telepek a triász mészkő egyenlőtlen, lepusztított felszínére települnek. A DNy-i vető mentén lezöklent terület egységen felsőoligocén csillámos homokkő és agyagmárga fedi a telepeket. Az ÉK-i területre szén vékony pliocén-pleisztocén fedőképződményeket találunk (3. ábra) [9].

A község határában bányászott, „szilikol”-nak nevezett kaolinos homokkő minőségi jellemzői: 15–20%-a kaolin, 80–85%-a fehér kvarchomok, a 30 µm alatti szem nagyság 10–14%, a vasoxid tartalom max. 2,5% [9].

A kibányászott nyers kaolin előkészítés céljából a sárisápi iszapolóműbe kerül. Az előkészítés munkafolyamata teljes egészében nedves eljárás. A feladott nyersanyagból aprítás és vízzel való feliszapolás után a durva szemeket dobszítán leválasztva kapják az egyik mellékterméket, a kavicsot. A finom szemek hidrociklonba kerülnek, ahol a finom termék maga a kaolin. Az így keletkező zagyt prösszűrőkön víztelenítik és alagútkemencében szárítják. Az áram-



3. ábra. A sárísi kaolin telep földtani szelvénye

készülék másik (durva) termékét további hidrociklonokba vezetve jutnak el még két fontos termékhez, a finomkerámiai homokhoz és az S-3 típusú öntődei homokhoz. A termékek minőségi adatait az 1. táblázat tartalmazza. Melléktermékként még mikrohomokot is nyernek.

A jelenlegi technológiával előállított termékek minőségi adatai

1. táblázat

Termék	Fe ₂ O ₃ [%]	Al ₂ O ₃ [%]
Iszapolt kaolin	1,54	26,64
Finomkerámiai homok	0,32	1,54
S-3 öntődei homok	0,29	1,51

A keletkezett termékek lényegesebb felhasználási területei az alábbiak:

- kerámiai ipar (iszapolt kaolin, finomkerámiai homok);
- kohászati segédanyag (öntődei homok).

A jelenlegi technológiával előállított termékek minőségei azonban az ipari felhasználás céljaira nem mindig kielégítőek. A cél: a legkisebb tömegvesztéssel és költséggel a legjobb minőség elérése.

Ezen termékek ipari felhasználását lehetővé tevő minőségi követelmények:

- iszapolt kaolin:

SiO ₂	min.	55–57 %
Fe ₂ O ₃	max.	1,3 %
- finomkerámiai homok:

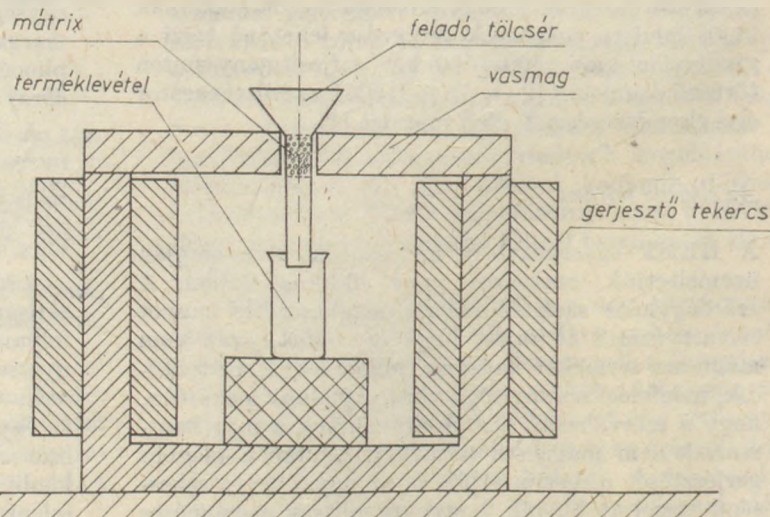
SiO ₂	min.	95 %
Fe ₂ O ₃	max.	0,2 %
- S-3 típusú öntődei homok:

SiO ₂	min.	97 %
Fe ₂ O ₃	max.	0,2 %

szemcseeloszlás:	> 1,0 mm	0,0 %
	0,6 – 1,0 mm	3–6 %
	0,32 – 0,6 mm	7–9 %
	0,2 – 0,32 mm	45–55 %
	0,1 – 0,2 mm	35–45 %
	< 0,1 mm	max. 3 %

3. A termékek mágneses előkészítési lehetősége (kísérletek, eredmények)

Legfontosabb feladat a káros vasszennyezők mértékének csökkentése. Mint már említettük, s meg is indokoltuk, hogy eljárásként a mágneses szeparálást alkalmaztuk. A kísérleteket az NME Ásványelőkészítési Tanszékén levő nagytérintenzitású mágneses modell szeparátoron végeztük el. Ennek vázlatos rajza a 4. ábrán látható [10].



4. ábra. Szakaszos üzemű nagytérintenzitású nedves laboratóriumi mágneses szeparátor vázlata

A mátrix mérete: 70×30×30 mm. A pórustér-fogat kaolinok esetében a látszólagos térfogat ~33 %-a, homokoknál ~45 %-a.

Az alábbiakban ismertetjük a beérkezett három mintaanyagon elvégzett kísérleteket. A táblázatoknál az alábbi jelöléseket alkalmaztuk:

S. I.	— iszapolt kaolin
S. II.	— finomkerámiai homok
S. III.	— S-3 típusú öntődei homok
T	— zagytartózkodási idő, s
v_1	— zagysebesség, cm/s
m	— tömegkihozatal, %
Fe_2O_3	— a termékek vastartalma, %
SiO_2	— kvarctartalom, %
k	— vaskihozatal, %
Fh	— fehérség, GE
M	— mágneses termék
NM	— nem mágneses termék
MF	— mágneses feladás

Az S. I. minta mágneses szeparálása

A kísérlet előkészítése az alábbiak szerint történt: Négyyszer, 250 g szilárd anyagot 250 g vízzel zagyltunk, majd 5 percig nyírtunk. (A nyírás segíti a kaolinnak a vasszemcsék felületéről történő leválását, az összenövés megszüntetését.) Az egyes mintákat 100 g/l zagykonzentrációra hígítottuk fel. A mintákat különböző áramlási sebességeknél szeparáltuk 5 A áramerősség (~2 T térerő) mellett. Mátrixként drótvagdalékot alkalmaztunk. A különböző áramlási sebességeket (illetve tartózkodási időket) a minták többszöri feladásával, illetve a csapállás változtatásával értük el. A mérési eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. A táblázat adatai azonos feladási minőségre vonatkoznak.

A kísérleti eredményekből látható, hogy a tartózkodási idő növelésével csökken a nem mágneses termék vastartalma, s ezzel egyidejűleg nő a mágneses

2. táblázat

Az S. I. minta mágneses szeparálási adatai. Feladás fehérsége: 56–57 GE

T [s]	v_1 [cm/s]	Termék	m [%]	Fe_2O_3 [%]	k [%]	SiO_2 [%]	Fh [GE]
2,3	~3,0	M	2,40	17,97	22,70		
		NM	97,60	1,50	77,30	58,06	66,65
		MF	100,00	1,90	100,00		
4,7	~1,5	M	2,73	14,19	20,39		
		NM	97,27	1,56	79,61	58,81	66,30
		MF	100,00	1,90	100,00		
14,0	~0,5	M	3,45	16,89	30,67		
		NM	96,55	1,36	69,33	58,63	66,35
		MF	100,00	1,90	100,00		
23,5	~0,3	M	5,37	11,16	31,55		
		NM	94,63	1,37	68,45		67,20
		MF	100,00	1,90	100,00		

termék vaskihozatala. 2,3 s tartózkodási idő mellett az NM termék vastartalma 1,50 %-ra csökken, a vaskihozatal 22,70 %. Kétszeres tartózkodási idő mellett jelentős változás nem tapasztalható (mérési vagy elemzési hibák miatt). 14 s-nál már jelentős mértékben csökken az Fe_2O_3 tartalom (1,36 %), s a vaskihozatal is ~30 %-os. A tartózkodási idő tovább növelésével a vastartalom és a kihozatal is változik, de már nem olyan mértékben, mint az előző esetben.

A mérési eredményekből az is megállapítható, hogy az SiO_2 tartalomra vonatkozó követelmények teljesülnek, minden termék kvarc tartalma a megkívánt 57 % fölött van. Az eljárás igen kis anyagvesztéssel jár, ami mindössze 2–5 %-os. A fehérségben is jelentős javulás tapasztalható, mert a kiindulási 56–57 fehérségi egységhez képest a végtermék fehérsége 66–67 GE-t ér el.

Az elvégzett kísérletekből látható, hogy a kaolin vasoxid tartalmának 1,3 % alá csökkentéséhez a tartózkodási idő további növelése szükséges (~35 s) és így a nem mágneses rész vastartalma várhatóan 1,20–1,25 % körüli értékre csökken.

Az S. II. és S. III. minta mágneses szeparálása

A kísérleteket csak a 0,5 mm-nél finomabb frakción végeztük el. Ennek szükségességét a mátrix eltömődés veszélye, valamint az a tény indokolta, hogy a szétválasztás hatásfokát a mátrixra jellemző szemcseméretnél nagyobb szemcsék erősen lerontják.

A szeparálást kb. 500–500 g anyagon, 100 g/l-es koncentrációban, 2 T térerő mellett végeztük el. A mintákat háromszor adtuk fel a berendezésre, vagyis háromszorosára növeltük a szeparálás idejét, ami ~1,2 s-nak felel meg. Mátrixként Ø 8 mm-es acélgolyókat használtunk. A kísérlet eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

Az S. II. és S. III. minták mágneses szeparálási adatai

Minta	T [s]	Termék	m [%]	Fe_2O_3 [%]	k [%]	SiO_2 [%]
S. II.	1,2	M1	0,59	17,93	41,04	—
		M2	0,26	9,90	9,97	—
		M3	0,13	5,74	2,91	—
		NM	99,02	0,12	46,08	98,42
		MF	100,00	0,26	100,00	—
S. II.	0,4	M	0,59	17,93	41,04	—
		NM	99,41	0,15	58,96	—
		MF	100,00	0,26	100,00	—
S. III.	1,2	M1	0,70	15,28	44,88	—
		M2	0,28	5,97	7,00	—
		M3	0,24	2,51	2,52	—
		NM	98,78	0,11	45,60	99,15
		MF	100,00	0,24	100,00	—
S. III.	0,4	M	0,70	15,28	44,88	—
		NM	99,30	0,13	55,12	—
		MF	100,00	0,24	100,00	—

1,2 s-os tartózkodási időt alkalmazva az eljárás minden tekintetben kielégíti a kívánalmakat. A vasoxid tartalom mind a két minta esetében a megengedett 0,2% alá csökkent, az S.II. anyagnál 0,12%-ot, míg az S.III. mintánál 0,11%-ot kaptunk. A kvarctartalom is messze meghaladja a követelményeket. Az előkészítési veszteség alacsony, mindössze 1–2%.

Mivel a vastalanítási művelet eredményeként jobb minőségű terméket kaptunk, mint a kívánt, ezért vizsgáltuk az anyagok minőségét egyszeri feladás esetén is. Az eredményből kitűnik, hogy azon követelmények kielégítése, amelyeket ezen anyagokkal szemben támasztanak, már egyszeres feladás után teljesülnek, így feleslegessé válik a tartózkodási idő növelése. Már az első feladásnál az S.II. anyag esetében a vasoxid tartalom 0,15%-ra csökken, míg az S.III. mintánál 0,13%-ra. Ezért további szeparálásuk csak abban az esetben indokolt, ha más ipari területeken is kívánják értékesíteni az egyes termékeket. Erre reális lehetőséget az S.III. termékben látunk.

Az öntödei homok (S.III.) vasoxid tartalma jelentős mértékben csökkenthető, miközben SiO_2 tartalma nő. Mivel az Fe_2O_3 tartalom három lépcsős szeparálás után $\sim 0,11\%$ -ra csökkent, s kvarctartalma $\sim 99,15\%$ -ra nőtt, megemlíthjük az üvegiparban történő felhasználásának lehetőségét. A minőségi értékek azt mutatják, hogy a keletkező termék húzott síkúveg gyártására már alkalmas. A tartózkodási idő növelésével még nagyobb követelményeket támasztó egyéb célú alkalmazásra nyílik lehetőség [11].

Az öntödei homok alkalmazásának fontos követelménye a megfelelő szemcseösszetétel is. A jelenlegi eloszlást és a követelményeket a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat

Az S-3 típusú öntödei homok szemcseeloszlása, s annak követelményei

Szemcseosztályok [mm]	Követelmény [%]	Jelenlegi eloszlás [%]
> 1,0	0,0	0,16
0,6 – 1,0	3 – 6	5,42
0,32 – 0,6	7 – 9	24,97
0,2 – 0,32	45 – 55	25,97
0,1 – 0,2	35 – 45	40,42
< 0,1	max. 3,0	3,06

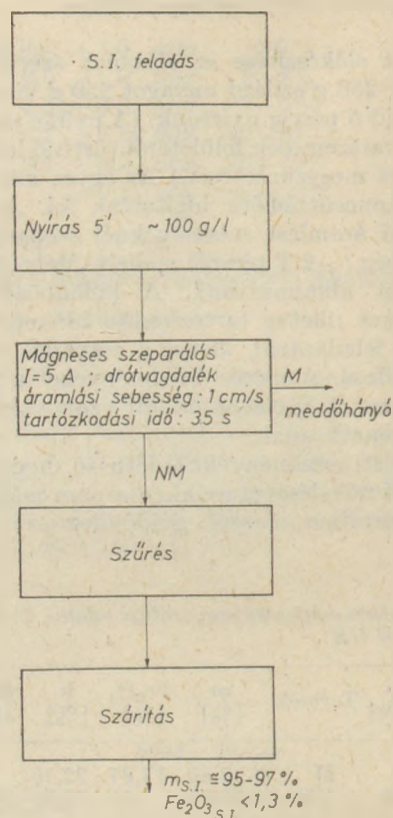
A táblázathból látható, hogy az S-3 homok szemcseeloszlása nem megfelelő. Az 1 mm-nél durvább szemek szitaberendezéssel még könnyen leválaszthatók, de a többi szemcsefrakció megfelelő százalékos értékét csak egyetlen módon lehet könnyen, s egyértelműen beállítani, az S.III. terméket a kívánt szemcseméret frakciókra bontjuk és a felhasználó igényei szerint keverjük. Így bármilyen követelményeknek eleget tehet a termelő.

4. Javasolt mágneses előkészítési technológia és várható eredmények

A kísérleti eredményeket alapul véve a három anyag mágneses előkészítésére a következő technológiát javasoljuk:

a) iszapolt kaolinra:

~ 300 g/l koncentrációval 5 perc nyírás után 100 g/l-es koncentrációra hígítjuk fel az anyagot, majd szeparáljuk. 2 T térerő mellett, drótvagdalék mátrixot alkalmazva, a szeparáláshoz ~ 35 cm-es úthossz, ~ 1 cm/s áramlási sebesség és ~ 35 s tartózkodási idő szükséges. A visszamaradó termék meddőhányóra kerül, a nem mágneses anyagot szűrjük, majd szárítjuk. A végtermék vastartama várhatóan 1,3% alá csökken, tömegkihozatala 95–97% körül alakul. A fent említett technológia vázlatos rajzát az 5. ábra mutatja.

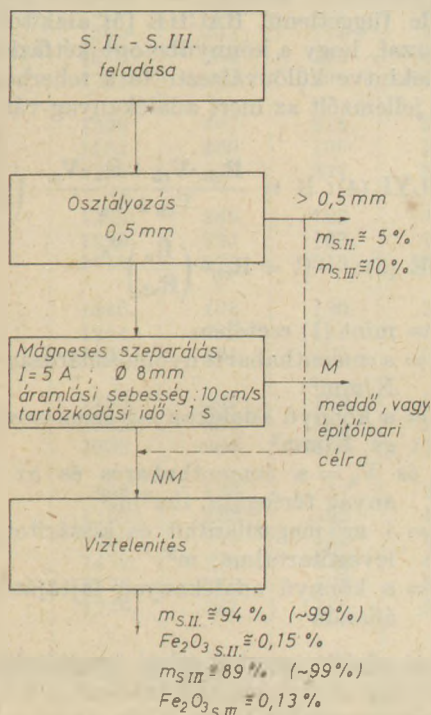


5. ábra. Az S. I. anyag javasolt előkészítési technológiája

b) finomkerámiai és öntödei homokra:

A feladott anyagot 0,5 mm-nél elválasztjuk, ahol a durva termék visszakerülhet szétválasztás után a nem mágneses termékbe, mert ezzel lényeges minőségesökkenés nem jön létre, de egyben nő a kihozatal, vagy egyéb célokra használhatjuk. A 0,5 mm-nél finomabb szemeket szeparáljuk 2 T térerő mellett, $\varnothing$ 8 mm-es acélgolyó mátrixot alkalmazva. Az elválasztáshoz ~ 10 cm-es szeparálási úthossz, ~ 10 cm/s áramlási sebesség és ~ 1 s tartózkodási idő szükséges. (Az 1 s-os tartózkodási idő választását a

mátrix bizonyos határok közötti lehetséges mérete indokolja.) A visszamaradó mágneses termék meddőhányóra kerül, vagy az építőiparban nyer felhasználást. A nem mágneses terméket víztelenítjük. A végtermék vastartalma várhatóan $\sim 0,15\%$, illetve $\sim 0,13\%$ lesz. A tömegkihozatal pedig $\sim 94\%$, illetve $\sim 89\%$ körül alakul, teljes feladást véve figyelembe. Az említett technológia vázlatos rajzát a 6. ábra tartalmazza.



6. ábra. Az S. II. és S. III. anyag javasolt előkészítési technológiája

6. A mágneses dúsítás fajlagos költségei

Mint láttuk a minőség javítására mágneses szétválasztásra van szükség. A technológia bővítésével nőnek az előkészítés költségei is. Az osztályozás, víztelenítés költségei változatlanok maradnak, mivel ezek eddig is szerepeltek a technológiában. A nyírás fajlagos költsége ~ 10 Ft/t, a mágneses szétválasztás költsége külföldi adatok alapján agyagásványok esetén 80–100 Ft/t, homok esetén 30–50 Ft/t. Mindent összegezve az előkészítés fajlagos költség-növekedése homok esetén 30–50 Ft/t, míg kaolin esetén 90–110 Ft/t értéket tesz ki.

Összefoglalás

Célunk a szeparálás elvén és berendezéseinek ismeretetésén túl konkrét számítási feladatokon keresztül a technológiai folyamat bemutatása volt. Ezen belül a sárisápi iszapolómű kaolin előkészítését és az előállított termékek mágneses vastalanítási lehetőségeit vizsgáltuk, majd javaslatot tettünk a technológia javítására. Végül konkrét üzemi kísérleti adatok hiányában csak útmutatást tudtunk adni a mágneses szeparálás fajlagos költségeiről. A technológia javítása érdekében további félüzemi és üzemi vizsgálatok elvégzését tartjuk szükségesnek.

IRODALOM

- [1] Dr. Tarján Gusztáv – Böhm József – Dr. Csöke Barnabás: Hatékonyabb nyersanyag-gazdálkodás lehetősége nagytérintenzitású nedves mágneses szeparálás alkalmazásával. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászati, 114. évf. 1981. 2. sz.
- [2] R. R. Oder: High Gradient Magnetic separation theory and Application. IEEE Transactions on Magnetism 1976. IX. 5. füzet
- [3] J. Iannicelli: New developments in magnetic separation. IEEE Transactions on Magnetism 1976. IX. 5. füzet
- [4] J. Iannicelli: High Extraction Magnetic Filtration of Kaolin Clay and Mineral Slimes. Filtration and Separation 1976. 13. köt. jan – febr. 1. füzet
- [5] J. Iannicelli: New Developments in the High Extraction magnetic Filtration of Kaolin Clay. XIII., International Mineral Processing Congress Warszawa, 1979.
- [6] R. R. Oder: Kaolin anyagok mágneses feldolgozása. Pulp et Paper Canada (fordítás) 1974. 75. köt. 10. füzet
- [7] G. Y. Robinson, P. G. Martson: Application of High grade magnetic separation to clay beneficiation. Australian Mining, 1975. évf. nov.
- [8] Dr. Tarján Gusztáv: Ásványelőkészítés II. Tankönyvkiadó, Bp. 1978.
- [9] Dr. Végh Sándorné: Nemércék földtana. Tankönyvkiadó, Bp. 1967.
- [10] A hematitos vasérc dúsítási vizsgálata. Kutatási zárójelentés NME Ásványelőkészítési Tanszék Miskolc, 1978
- [11] Űvegipari kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1964.

Lamos Jenő – Mihályfi Gyula: A sárisápi kaolinos homokkő mágneses vastalanítási lehetősége

A tanulmány sárisápi anyagminták elemzésével foglalkozik. Célja a sárisápi üzemben előállított termékek mágneses vastalanítási lehetőségének vizsgálata. A szerzők részletesen ismertetik a nagytérintenzitású mágneses dúsítás alapjait, egyes berendezéseit és alkalmazási területeit.

Ламов, Е. – Михайли, Д.: Возможности магнитного обезжелезования шарисапского каолинового песчаного камня

Статья дает анализ проб шарисапского материала. Целью является испытание возможностей магнитного обезжелезования продукции, изготовляемого на шарисапском предприятии. Авторы подробно знакомят основы магнитного обогащения высокой интенсивности, некоторое оборудование и области применения.

Lamos, Jenő – Mihályfi, Gyula: Magnetische Enteisungsmöglichkeit des kaolinitischen Sandsteines von Sárisáp

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Analyse der Stoffproben von Sárisáp. Das Ziel ist die Untersuchung der magnetischen Enteisungsmöglichkeit der in dem Betrieb hergestellten Produkten. Die Autoren darlegen ausführlich die Grundlagen der magnetischen Anreicherung mit hoher Intensität, die einzelnen Einrichtungen und die Anwendungsgebiete.

Lamos, Jenő – Mihályfi, Gyula: Magnetic Iron Removal from China Clay Containing Sandstone

The china clay containing sandstone of Sárisáp (North Central Hungary) is currently processed to obtain pure materials.

The iron content of the product can be removed by high-intensity magnetic separation. Principles, equipment and utilisation possibilities are described.

A duzzasztott agyagkavics-betonok nyomószilárdsága

UJHELYI JÁNOS – TOMA MURAD

Építéstudományi Intézet, Budapest

Bevezetés

A felhasználó számára a könnyűbeton nyomószilárdságának önmagában nincs jelentősége, csak a testsűrűséggel együtt. Ez logikusan következik a könnyűbetonnal szemben támasztott egyidejű szilárdsági és testsűrűségi követelményekből is. Ez viszont azt jelenti, hogy mindazon tényezők hatását és kölcsönhatását figyelemmel kell kísérni, amelyek ezt a két tulajdonságot befolyásolják. A cél a mennél könnyebb és minél szilárdabb beton készítése és ez a két feltevés általában egymásnak ellentmondó.

A szakirodalmi adatok szerint a könnyűbetonok nyomószilárdságának az előbecslésére, ill. a beton összetételének a tervezésére kialakult módszereket az alábbiak szerint lehet csoportosítani:

Az első csoportba tartoznak a kavicsbetonnál ismert eljárások: a víz-cement tényező és a nyomószilárdság valamely összefüggése, csak éppen a víz-cement tényezőt az ún. aktív vízmennyiségből számítják (aktív vízmennyiség = a keverési víz és a könnyű adalékanyag által fél óra alatt elszívott víz mennyiségének a különbsége). Erre jellemző pl KRUMML (1) alábbi összefüggése:

$$R = k_1 \cdot k_2 \cdot \left(\frac{m_c}{m_w} - k_2 \right) \quad (1)$$

ahol R = a beton 28 napos nyomószilárdsága, N/mm^2
 m_c = a beton cementtartalma, kg/m^3
 m_w = a beton aktív víztartalma, kg/m^3
 k_1 és k_2 = kísérleti állandók

A második csoportba tartozó eljárások a víz-cement tényező mellett a könnyű adalékanyag jellemzőit (testsűrűség és szilárdság) módosító paraméterként veszik számításba. Erre jellemző pl STORK (2) alábbi összefüggése:

$$R = \left[400 \cdot \left(\frac{m_w}{m_c} \right)^2 - 1300 \cdot \frac{m_w}{m_c} + 900 \right] \cdot$$

$$[\gamma_a \cdot 10^{-4} - \gamma_a^2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-7} - 0,16] + 0,3 \cdot \gamma_a - \gamma_a^2 \cdot 10^{-4} - 60 \quad (2)$$

ahol R , m_c és m_w = mint (1) esetében
 γ_a = az adalékanyag testsűrűsége, kg/m^3

A harmadik csoportba tartozó eljárások a beton pórustartalmának az ismeretében a víz-levegő-cement tényezőből indulnak ki. Erre példa SHIRAYAMA (3) alábbi összefüggése:

$$R = R_c \left(25 \cdot \frac{V_{ck}}{V_{ck} + V_1 + k_1 \cdot V_2 + k_2 \cdot V_3} - 0,5 \right) \quad (3)$$

ahol R = mint (1) esetében

R_c = a cement szabványszilárdsága, N/mm^2
 V_{ck} = a cementkő tömör térfogata, dm^3/m^3
 V_1 , V_2 és V_3 = a cementkő, a finom adalékanyag és a durva adalékanyag levegőtartalma, dm^3/m^3
 k_1 és k_2 = kísérleti állandók

Mindezek a módszerek lényegében a kavicsbetonnál ismert eljárásokat dolgozták át a könnyű adalékanyagok betonokra. Mintegy két évtizede UJHELYI [4] és tőle függetlenül BACHE [5] alakított ki új elveket azzal, hogy a könnyűbetont kétfázisú rendszernek tekintve különválasztotta a teherhordó habarcsváz jellemzőit az inert adalékanyag-váz jellemzőitől:

$$UJHELYI (4): R = \frac{R_{ch} \cdot V_{ch} + R_a \cdot V_a}{V_{ch} + V_a} \cdot \left(\frac{1}{V_1} \right)^n \quad (4)$$

$$BACHE (5): R = R_{ch} \cdot \left(\frac{R_a}{R_{ch}} \right)^{V_a} \quad (5)$$

ahol R = mint (1) esetében

R_{ch} = a cementhabarcs nyomószilárdsága, N/mm^2

R_a = a könnyű adalékanyag szemcse-szilárdsága, N/mm^2

V_{ch} és V_a = a cementhabarcs és az adalékanyag térfogata, dm^3/m^3

V_1 = $1 m^3$ megszilárdult és kiszáritott beton levegőtartalma, m^3

n = a könnyű adalékanyag fajtájától függő állandó

Ha adott adalékanyagból, adott összetétellel készített könnyűbetonok nyomószilárdságát a különböző előbecslő módszerekkel kiszámítjuk, akkor a ténylegesen mért értékektől a számítási eredmények többé-kevésbé eltérnek. Ezt tapasztaltuk az 1982–83. évben duzzasztott agyagkavicsal végzett vizsgálataink során.

Vizsgálatok és az eredmények értékelése

Az Építéstudományi Intézetben 1982–83. évben duzzasztott agyagkavicsal számos vizsgálatot végeztünk (6). Adalékanyagként csehszlovákiai keramizitot (Karlovy Vary) és osztrák Leca-agyagkavicsot (Wien) használtunk. A részletes kísérletek eredményeiből e helyen csak a nyomószilárdság vizsgálatának néhány adatát (1. és 2. táblázat), valamint az eredményekből levont következtetéseket ismertetjük.

A betonok készítéséhez 450 váci pc-t, 0–2 mm-es élesen osztályozott folyami homokos kavicsot használtunk. A keramizit 8–16 mm-es szabálytalan henger alakú szemcsékből állt, halmazsűrűsége $395 kg/m^3$ szemcse-testsűrűsége $690 kg/m^3$ és Hummel-féle szétmorzsolódási tényezője 1,95 volt. A Leca-agyagkavics 4–8 mm és 8–16 mm, gömbölyded szemcsékből állt, halmazsűrűsége $495 kg/m^3$, szemcse-testsűrűsége $750 kg/m^3$ és Hummel-féle szétmorzsolódási tényezője 1,49 volt.

A könnyűbetont kétfázisú rendszerként kezelő, korszerű előbecslő képletek két problémát vetnek fel. Az egyik az, hogy még nem sikerült korrekt vizsgálati

Jel	γ_k	m_c	m_w	m_s	m_a	w_a %	(V_{wa}) $\frac{m_{wa}}{kg/m^3}$	V_c	V_h	V_a	R N/mm ²
	kg/m ³						dm ³ /m ³				
AI/1	1408	480	192	352	384	9,4	156	155	133	557	17,7
2	1147	488	164	105	390	10	125	157	40	565	9,8
3	1601	471	216	631	283	8,1	193	152	239	410	20,8
4	1788	472	208	819	189	7,9	193	152	348	274	24,8
AII/1	1370	288	191	508	383	10,2	152	93	192	555	15,2
2	1240	333	174	289	444	10,6	127	107	110	644	10,9
3	1576	284	189	819	284	9,2	163	92	310	412	16,2
4	1754	280	198	1090	186	8,6	182	90	413	270	15
AIII/1	1399	467	214	344	374	9,4	179	151	130	572	17,9
2	1182	490	196	105	391	10	157	158	40	567	8,2
3	1768	460	227	897	184	8,2	212	148	340	267	27,1
AIV/1	1375	289	189	511	386	10,4	149	93	194	559	13,2
2	1220	324	183	281	432	10,7	137	105	106	626	8,5
3	1718	270	213	1055	180	8,9	197	87	400	261	14,6
AV/1	1416	488	180	358	390	9,2	144	157	136	565	20,4
2	1254	535	181	110	428	9,8	139	173	42	620	12,1
3	1802	481	192	937	192	8,3	176	155	355	278	29,8
AVI/1	1393	301	159	532	401	10	119	97	202	282	17,6
2	1131	305	154	265	407	10,8	110	98	100	590	7,7
3	1832	300	163	1169	200	8	147	97	443	290	21
AVII/1	964	123	97	300	444	12,4	42	40	114	644	3,5
2	1136	169	125	421	421	11,4	77	55	160	610	8,1
3	1356	226	152	559	419	10,3	109	73	212	607	13,5
4	1472	278	173	692	329	9,7	141	90	262	477	16,2
5	1576	326	177	802	271	8,6	153	105	304	393	19,4
6	1739	381	175	950	233	8,2	156	123	360	338	30,1

Leca-anyagú betonok összetétele és nyomószilárdsága

2. táblázat

Jel	γ_k	m_c	m_w	m_h	m_a	w_a %	(V_{wa}) $\frac{m_{wa}}{kg/m^3}$	V_c	V_h	V_a	R N/mm ²
	kg/m ³						dm ³ /m ³				
BI/1	1363	478	191	277	467	11,8	136	154	86	623	16,5
2	1304	509	192	106	497	12,1	132	164	40	663	14,4
3	1589	486	197	549	357	10,4	160	157	208	476	27,3
4	1825	493	208	883	241	9,5	185	159	334	321	30,4
BII/1	1350	297	168	402	483	12,4	108	96	152	644	13,2
2	1291	320	157	292	522	12,6	90	103	111	695	12,2
3	1527	291	175	705	356	11,2	135	94	267	475	18,1
4	1774	298	183	1050	243	10,3	158	96	398	324	21,5
BIII/1	1353	466	211	221	455	11,9	157	150	84	607	19
2	1293	491	219	102	481	12,1	161	158	39	641	15
3	1783	474	228	849	232	9,9	205	153	322	309	26,8
BIV/1	1329	285	194	386	464	12,7	135	92	146	619	10,2
2	1251	299	191	273	488	13,1	127	96	103	651	8
3	1794	296	214	1043	241	10,4	189	95	395	321	17,6
BV/1	1472	526	182	250	514	11,3	124	170	95	685	17
2	1319	521	180	109	509	12	119	168	41	679	14,2
3	1793	490	185	878	240	9,6	162	158	333	320	29,8
BVI/1	1389	305	174	413	497	10,3	123	98	156	663	15
2	1186	291	154	266	475	13,1	92	94	101	633	8,7
3	1759	299	162	1054	244	10,3	137	96	399	325	19,7
BVII/1	1003	113	110	277	503	14,9	35	37	105	671	3,8
2	1151	157	119	395	480	14	52	51	150	640	4,4
3	1368	213	145	527	482	12,7	84	69	200	643	11,1
4	1482	267	159	665	301	11,8	113	86	252	521	14,2
5	1600	319	163	793	325	10,8	128	103	301	433	18,4
6	1714	362	180	902	270	10,4	152	117	342	360	22,2

módszert kidolgozni a könnyű adalékanyaghoz kevert cementhabarcs (cement + víz + 0–1 mm-es finomhomok) szilárdságának a szabatos meghatározására. Ennek alapvetően két okát látjuk:

- a kis testsűrűségű adalékanyag a beton bedolgozásakor csökkenti a habarcsváz tömöríthetőségét, döngöléskor rugalmassága, vibrálásakor kis tömege miatt
- a könnyű adalékanyag szemcséi a cementhabarcsból a keverés kezdetétől vizet szívnak el, de ennek lefolyását és hatását egyelőre nem sikerült modellezni (pl. vákuumozással).

A másik probléma az, hogy a habarcs-szilárdságot az aktív víz figyelembevételével kell számítani, mégpedig általában az alábbi módon:

$$m_{wa} = m_w - m_a \cdot w_a^{0.5} \quad (6)$$

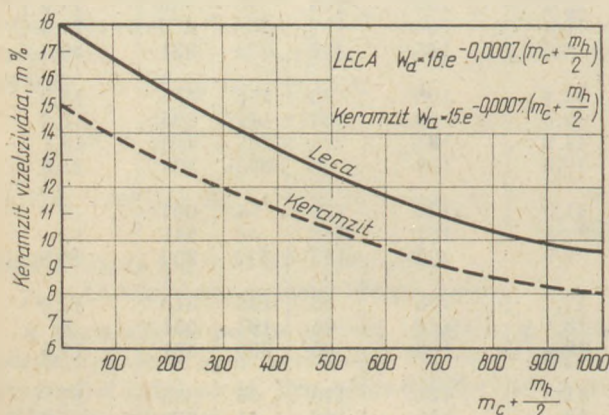
ahol m_{wa} = az aktív víz mennyisége, kg/m³

m_w = a könnyűbeton teljes víztartalma, kg/m³

$w_a^{0.5}$ = a könnyű adalékanyag által 0,5 óra alatt elszívott vízmennyiség, az adalékanyag tömegarányában kifejezve

Vizsgálataink azt bizonyították, hogy sem a fél órás, sem a más időponthoz tartozó vízelcsívás figyelembe vétele nem szabatos. Ez nem is lehet más, hiszen, ha meggondoljuk, hogy mind a cement, mind a finom homok szemcséi a víz felületi feszültségétől függő mértékben képesek vizet adszorpciós erővel felületükön megkötni, következésképpen nem lehet közömbös az elszívott víz mennyiségét tekintve az adalékanyag és a cement + finomhomok térfogat- vagy tömegaránya.

Vizsgálati eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy az agyagkavics vízelcsívása a KK-F konzisztencia tartományban a beton cementtartalmától függ, ahogy ezt az 1. ábra mutatja. A vízelcsívás mértéke az alábbi összefüggéssel fejezhető ki (6):



1. ábra. Az agyagkavics vízfelvételének mértéke a cement-homok arány függvényében

$$\text{keramzit esetén: } w_a = 18 \cdot e^{-0.7 \cdot m_c + \frac{m_h}{2}} \quad (7)$$

$$\text{Leca-anyag esetén: } w_a = 15 \cdot e^{-0.7 \cdot m_c + \frac{m_h}{2}} \quad (8)$$

ahol m_c = a beton cementtartalma, kg/m³

m_h = a beton 0–1 mm-es kvarchomoktartalma, kg/m³

w_a = az adalékanyag által elszívott víz az adalékanyag tömeg %-ában kifejezve
18, ill. 15 = a keramzit, ill. a Leca-anyag 0,5 órás vízfelvele

Az agyagkavics betonban levő habarcsváz nyomószilárdságát közvetlen módon nem tudtuk megvizsgálni, ezért előbecslésére UJHELYI (7) által a kavicsbetonokra kidolgozott módosított víz-cement tényezőt alkalmaztuk. UJHELYI az adalékanyag gépígyének, a péptartalomnak és a megszilárdult beton pórustartalmának az ismeretében határozta meg ama α szorzótényezőt, amellyel a tényleges x víz-cement-tényező $x' = \alpha \cdot x$ alakban módosítható. Túlteltett betonokra

$$\alpha = 1 + \frac{V_p' - V_{p0}}{V_p'} + \frac{V_{1b}}{V_{1w}} \quad (9)$$

ahol V_{p0} = az adalékanyag cementpép-igénye, dm³/m³

V_p' = a kifogástalanul tömörített beton cementpép tartalma, dm³/m³

V_{1b} = a beton pórustartalma az esetleges hiányos tömörítés következtében, dm³/m³

V_{1w} = a beton pórustartalma a vízpárolgás következtében, dm³/m³

A beton 28 napos nyomószilárdsága:

$$R = A \cdot e^{-x' \cdot B} \quad (10)$$

ahol „A” a cement szabványos kötőerejétől, „B” a cement vízerzékenységétől függő állandó.

A cementhabarcsra a (9) szerinti szorzótényezőt a következőképpen határoztuk meg. Kiszámítottuk a betonkeverékre a cement (V_c) és a homok (V_h) tömör térfogatát ($\rho_c = 3,1$ g/cm³, $\rho_h = 2,64$ g/cm³), az agyagkavics V_a szemcsetérfogatát (γ_a értéke keramzit: 690 kg/m³, Leca-agyagkavicsra: 750 kg/m³) és az aktív víz V_{wa} térfogatát a (7), ill. (8) kifejezés, valamint a beton összes m_w víztartalma (kg/m³) és m_a agyagkavicsstartalma alapján:

$$V_{wa} = m_w - m_a \cdot \frac{w_a}{100} \quad (11)$$

Ezekből az adatokból határoztuk meg 1 m³ cementhabarcs összetevőit, mégpedig:

$$\text{a cement térfogata: } V_c^{\text{ch}} = \frac{1000}{1000 - V_a} \cdot V_c \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

$$\text{a homok térfogata: } V_h^{\text{ch}} = \frac{1000}{1000 - V_a} \cdot V_h \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

$$\text{az aktív víz térfogata: } V_{wa}^{\text{ch}} = \frac{1000}{1000 - V_a} \cdot V_{wa} \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

A cementhabarcs hiányos tömörítés okozta levegőtartalma:

$$V_{1b}^{\text{ch}} = 1000 - (V_c^{\text{ch}} + V_h^{\text{ch}} + V_{wa}^{\text{ch}}) \text{ dm}^3/\text{m}^3$$

A felhasznált homok pépigénye $V_{p0}^{\text{hc}} = 320$ dm³/m³, az elpárologtatható víz helyén visszamaradó pórustartalom a (7) szerint:

$$V_{1w}^{\text{ch}} = V_{wa}^{\text{ch}} - m_c^{\text{ch}} \cdot 0,1 \cdot (1 + x)$$

A kapott eredményekből számíthattuk az α (9) szerinti értékét és az x' módosított víz-cement tényezőt. Valamennyi adatot a 3. és 4. táblázatban foglaltuk össze.

jel	x	V _{ch} dm ³ /m ³	R V _{ch} N/mm ²	V _{fb} ^{ch}	V _p ^{ch}	V _p ^{ch'}	V _{lv} ^{ch}	α	x'	R _{sz} ^{ch}	R _{sz}
				dm ³ /m ³						N/mm ²	
AI/1	0,326	444	39,9			703		1,545	0,514	42,7	
2	0,255	322	30,4	260	648	876	145	3,428	0,874	27,5	18,9
3	0,41	584	35,6	10	585	591	215	1,505	0,617	37,7	8,9
4	0,408	693	35,8	45	475	498	174	1,616	0,659	35,8	22
											24,8
AII/1	0,529	437	34,8	18	551	561	244	1,503	0,795	30,3	
2	0,383	344	31,7	34	657	680	229	1,678	0,643	36,5	13,3
3	0,574	565	28,7	39	434	451	201	1,484	0,852	28,3	12,6
4	0,651	685	21,9	62	373	397	187	1,526	0,993	23,8	16
											16,3
AIII/1	0,383	460	38,9			717		1,554	0,595	38,7	
2	0,319	355	23,1	180	727	887	212	2,488	0,795	30,4	17,8
3	0,461	700	38,7	45	491	514	198	1,605	0,74	32,4	10,8
											22,7
AIV/1	0,515	436	30,3	11	549	555	238	1,47	0,757	31,8	
2	0,423	348	24,4	70	647	695	243	1,828	0,773	31,1	13,8
3	0,430	684	21,4	74	384	415	220	1,565	1,143	19,8	10,9
											13,5
AV/1	0,295	437	46,7			689		1,536	0,453	46	
2	0,26	354	34,2	68	821	881	189	1,997	0,519	42,5	20,1
3	0,366	685	43,3	50	459	482	153	1,663	0,609	38,1	15
											26,2
AVI/1	0,395	418	42,1			517		1,38	0,545	41,2	
2	0,361	308	25	135	584	675	192	2,229	0,805	29	17,2
3	0,49	687	30,6	32	344	355	144	1,321	0,647	36,3	8,9
											24,9
AVII/1	0,342	196	17,8	246	315	418	98	3,745	1,281	16,8	
2	0,456	292	27,7	118	399	452	159	2,034	0,928	25,8	3,3
3	0,482	394	34,3			462		1,307	0,63	37,1	7,5
4	0,507	493	32,9	57	442	469	190	1,618	0,811	30,7	14,6
5	0,469	562	34,5	74	425	459	173	1,731	0,812	29,7	15,1
6	0,41	639	47,1	35	422	437	155	1,494	0,612	37,9	16,8
											24,2

Leca anyagú betonok számított értékei

4. táblázat

Jel	x	V _{ch} dm ³ /m ³	R V _{ch} N/mm ²	V _R ^{ch}	V _p ^{ch}	V _p ^{ch'}	V _{lw} ^{ch}	α	x'	R _{sz} ^{ch}	R _{sz}
				dm ³ /m ³						N/mm ²	
BI/1	0,285	376	43,9			771		1,585	0,452	47,9	18
2	0,26	336	42,9			881		1,637	0,426	49,7	16,7
3	0,329	525	52			604		1,47	0,483	45,7	24
4	0,374	678	44,8			507		1,37	0,512	44	29,8
BII/1	0,362	356	37,1			573		1,442	0,552	43,3	15,4
2	0,282	304	40,1			635		1,496'	0,422	50	15,2
3	0,463	496	36,5	55	436	462	175	1,622	0,751	31,4	15,6
4	0,531	652	33	36	376	390	167	1,49	0,791	29,8	19,4
BIII/1	0,337	391	48,6			785		1,592	0,537	42,5	16,6
2	0,327	358	41,9			891		1,641	0,537	42,5	15,2
3	0,433	680	39,4	16	518	526	199	1,614	0,699	33,8	23
BIV/1	0,474	373	27,3	21	596	609	244	1,658	0,786	29,2	10,9
2	0,425	326	24,5	66	639	684	242	1,805	0,767	30,7	10
3	0,64	679	25,9			418		1,235	0,79	29,8	20,2
BV/1	0,237	389	43,7			756		1,576	0,374	53,3	20,7
2	0,229	328	43,3			875		1,634	0,374	53,3	17,5
3	0,33	653	45,6	40	471	490	142	1,629	0,537	42,2	27,7
BVI/1	0,403	377	39,8			586		1,454	0,586	39,5	14,9
2	0,316	287	32,6	256	596	648	172	2,995	0,946	23,9	6,9
3	0,459	632	31,2	64	345	369	139	1,593	0,731	32,3	20,4
BVII/1	0,31	177	21,5	257	303	408	86	4,204	1,303	14,5	3,5
2	0,331	253	18,1	264	299	407	90	4,147	1,373	13,2	4,5
3	0,393	353	31,4	11	429	433	152	1,333	0,524	43,3	15,3
4	0,424	451	31,5	58	415	441	157	1,644	0,697	33,9	15,3
5	0,4	532	34,6	62	407	434	146	1,687	0,674	35	18,6
6	0,421	611	36,3	45	420	440	158	1,558	0,656	35,8	21,9

Az eredmények értékelésekor azt találtuk, hogy az agyagkavics-váz nem befolyásolta a beton nyomószilárdságát, hanem az kizárólag a cementhabarcs-váz szilárdságától és V_{ch} térfogatarányától függött. Az R betonszilárdság és a V_{ch} (m^3) cementhabarcs-térfogat viszonyát a 3. és 4. táblázatban megadtuk ($R : V_{ch}$).

Végül összefüggést kerestünk a cementhabarcs $R : V_{ch}$ (mért) szilárdsága és az x' módosított vízcement tényező között. A legjobb korrelációt az alábbi kifejezések szolgáltatták:

$$\text{keramzit-betonra: } R^{ch} = 80 \cdot e^{-1,22 \cdot x'} \quad (12)$$

$$\text{Leca-anyagú betonra: } R^{ch} = 90 \cdot e^{-1,4 \cdot x'} \quad (13)$$

$$\text{és a beton nyomószilárdsága: } R = V_{ch} \cdot R^{ch} \quad (14)$$

ahol R^{ch} = a cementhabarcs nyomószilárdsága, N/mm^2

R = az agyagkavics beton nyomószilárdsága, N/mm^2

V_{ch} = a cementhabarcs térfogata, m^3

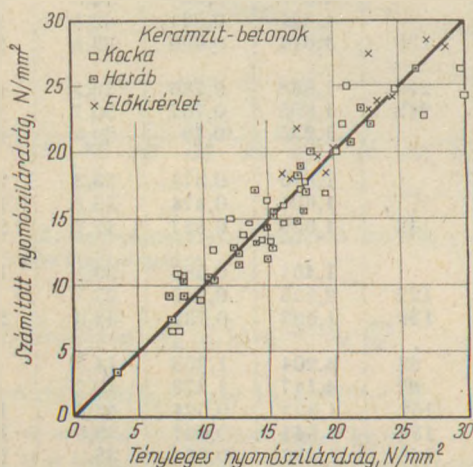
A (12) és (13) kifejezésekből számított cementhabarcs nyomószilárdságokat a 3. és 4. táblázat R_{sz}^{ch} oszlopában, az agyagkavics betonoknak az ezekből az adatokból a (14) szerint meghatározott nyomószilárdságát a 3. és 4. táblázatok R_{sz} oszlopában adtuk meg. A számított R_{sz} és a tényleges R (1–2. táblázat) nyomószilárdságoknak a korrelációját a 2. és 3. ábrákon mutatjuk be. A korrelációs együtthatókat

$$\tau = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R}) (R_{sz,i} - \bar{R}_{sz})$$

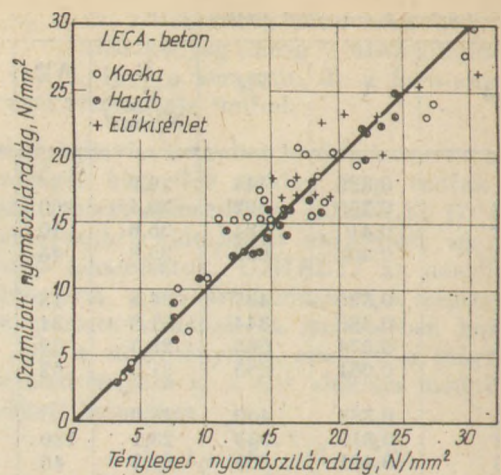
$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$$

$$\sigma_{R_{sz}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (R_{sz,i} - \bar{R}_{sz})^2}$$

$$r = \frac{\tau}{\sigma_R \cdot \sigma_{R_{sz}}}$$



2. ábra. A KERAMZIT betonok nyomószilárdsági adatai



3. ábra. A LECA betonok nyomószilárdsági adatai

kifejezésekből számítottuk ki. A korrelációs együtthatók az ebben a tanulmányban közölt adatok (1–4. táblázatok) alapján:

keramzit betonra: $r = 0,97$

Leca-anyagú betonra: $r = 0,95$

Megjegyezzük, hogy valamennyi vizsgálati eredmény birtokában keramzit betonra és Leca-anyagú betonra egyaránt $r = 0,96$ korrelációs együtthatót kaptunk.

Összefoglalás

A kétféle (cseh keramzit és osztrák Leca-anyag) duzzasztott agyagkavicsal – amelyek szétmorzsolódási tényezője 1,95 és 1,49 volt Hummel-szerint – végzett vizsgálataink alapján megállapíthatuk, hogy a csekély önszilárdságú adalékanyag a beton nyomószilárdságát nem befolyásolja, hanem azt kizárólag a cementhabarcs tulajdonságai határozzák meg.

Vizsgálati eredményeink bizonyították, hogy a cementhabarcsra jutó vízmennyiség (az ún. aktív vízmennyiség) értékét nem az agyagkavics 0,5 órás vízfelvétele, hanem a beton cement- és homoktartalma befolyásolja. Számítására a (7) és (8) kifejezéseket határoztuk meg.

Vizsgálati eredményeink alapján bizonyítottuk, hogy az Ujhelyi-féle módosított víz-cement tényező alkalmas a könnyűbetonba ágyazott cementhabarcs szilárdságának és ennek révén a beton nyomószilárdságának igen jó előbecslésére ((12) (13) és (14) kifejezések), hiszen a becsült és a tényleges nyomószilárdsági értékek korrelációja $r = 0,96$ -ra adódott.

IRODALOM

- [1] KRUMML, F.: The Strength of Lightweight Concretes with Compact and Porous Structure. Proc. of RILEM Symposium. II. Bp. 1967. pp. 123–130
- [2] STORK, J.: A Method of Design of Lightweight Keramsite Aggregate Concretes with Regard to their Mechanical Properties and Thermal Insulation Conditions. Proc. of RILEM Symposium. II. Bp. 1967. pp. 231–236.

- [3] **SHIRAYAMA, K.:** Some Considerations for Testing and Mix-Designing of Lightweight Aggregate Concrete. Proceedings of the Symp. RILEM. II. Bp. 1967. pp. 213 – 230
- [4] **UJHELYI, J.:** Rapport général in Scope 1. Proc. of RILEM Symposium. I. Bp. 1967. pp. 39 – 67
- [5] **BACHE, H. H.:** Strength of Structural Lightweight Aggregate Concrete. Proc. of RILEM Symposium. Bp. II. 1967. pp. 9 – 43
- [6] **MURAD, T.:** Agyagkavicsbetonok tulajdonságainak vizsgálata. ÉTI Kutatási Jelentés. Bp. 1984.
- [7] **UJHELYI, J.:** A beton levegőtartalmának a hatása. Magyar Építőipar. Bp. 1980. 8. pp 469 – 481

Ujhelyi János – Toma Murad: A duzzasztott anyagkavics betonok nyomószilárdsága

A kétféle (cseh keramszit és osztrák Leca-anyag) duzzasztott anyagkavicssal végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a csekély önszilárdságú adalékanyag a beton nyomószilárdságát nem befolyásolja, hanem azt kizárólag a cementhabarcs tulajdonságai – cement- és homoktartalma, víz-cementtényező – határozzák meg.

Уйхей, Я. – Тома, М.: Прочность при сжатии бетонов со вспученным гравием

На основе испытаний, проведенных с двумя вспученными видами гравия (чешский керамзит и австрийский

Лек-материал), было установлено, что заполнитель с незначительной самопрочностью не оказывает влияния на прочность бетона при сжатии, которая определяется исключительно свойствами цементного раствора: содержанием цемента и песка, водоцементным отношением.

Ujhelyi, János – Toma, Murad: Druckfestigkeit der Betone aus gedehnten Stoffkies

Die durch zweierlei gedehnten Stoffkies durchgeführten Untersuchungen (tschechische Keramsit und österreichischer Lecastoff) haben gezeigt, dass diese Zuschlagstoffe mit niedriger Festigkeit die Druckfestigkeit des Betons nicht beeinflussen. Diese letzte wird fast ausschliesslich durch die Eigenschaften des Zementmörtels – das Gehalt an Zement und Sand, Wasser-Zement Faktor – bestimmt.

Ujhelyi, János – Toma, Murad Compressive Strength of Concrete Containing Expanded Clay Pebbles as Aggregates

Two sorts of aggregates were used: Keramsite (from Czechoslovakia) and Leca (from Austria). It is demonstrated that the compressive strength of concrete is not influenced by the low-strength aggregate, only by the properties of the concrete mortar (cement and sand content, w/c ratio, etc.).

KITÜNTETETTJEINK

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter hazánk felszabadulásának 39. évfordulója alkalmából eddig végzett eredményes gazdasági és társadalmi munkájuk elismeréséül

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetést adományozott

DEÁK Mihálynak az Üvegipari Művek Kutató Intézet kutató munkatársának,

KOCSIS Györgynek a Budai Téglaiipari Vállalat osztályvezetőjének,

KOVÁCS Lajosnak a Baranya-Tolna megyei Téglai- és Cserépipari Vállalat osztályvezetőjének,

SZERECZ Lászlónak a Somogy-Zala megyei Téglaiipari Vállalat műszaki igazgatóhelyettesének.

**A KITÜNTETETTEKNEK
GRATULÁL A SZILIKÁTIPARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
VEZETŐSÉGE**

Agyagásványok, karbonátok, szulfátok együttes meghatározása összetett termoanalitikai módszerekkel

SZÖÖR GYULA*—BALÁZS ÉVA*—BOHÁTKA SÁNDOR**

*KLTE, Ásvány- és Földtani Tanszék, Debrecen

**ATOMKI, Debrecen

Bevezetés

Az építőanyag kutatás szempontjából nélkülözhetetlen az üledékes kőzetek karbonát-, szulfát-, agyagásvány alkotóinak pontos kvalitatív és kvantitatív meghatározása, amit derivatográfias módszerrel csak részben lehet megoldani.

Dolgozatunkban néhány szemléletes példával bemutatjuk, hogy a derivatográfhoz kapcsolt termogáz-titrimetriás berendezés (MOM), illetve gázelemző tömegspektrométer (ATOMKI) segítségével lényegesen informatívabb ásványhatározást lehet elvégezni, ajánlva a módszereket a szilikátipari kutatási gyakorlat számára.

Módszer

A derivatográfhoz csatlakoztatott termogáztitrimetriás berendezést és módszert [1], a szulfid-, szulfát-, karbonát-, és szervesanyag-tartalom együttes meghatározását [2] korábban már ismertették.

Jelen munkánk során agyagásvány-karbonát rendszerek vizsgálatát végeztük el. A méréseket faktorozott 0,1 n NaOH titráló oldattal végeztük, 5 °C/perc hevítési sebességet alkalmaztunk, N₂-áramban. Minatartónak a SZIKKTI által gyártott No. — 3431 — 3732 kerámia téglét ajánljuk.

A jelfogást hatásátornás kiíróval végezve, a hagyományos termoanalitikai görbék (DTA, DTG, TG, T) mellett közvetlenül regisztráltuk a titrimetriás görbét (TGT) és deriváltját (DTGT).

Méréstechnikai szempontból új a derivatográfhoz csatlakoztatott gázelemző tömegspektrométer [3] alkalmazása. A termobomlás során felszabaduló gáztermékeket kétszeres nyomáscsökkentéssel visszük be a kvadrupól tömegspektrométerbe (QMS). A termóanalitikai görbék mellett detektáljuk az adott hőfoknál kiválasztott teljes tömegspektrumot (1–300 a.m.u.), majd csúcskiválasztó segítségével az adott gáztermék jelét hőmérséklet függvényében. A mérés fontosabb adatai: 10 °C/perc hevítési sebesség, Pt-mintatartóban, He-áramban, QMS-érzékenység 4×10^{-4} A/mbar, tömegtartomány: 1–300 atomi tömegegység, válaszidő 50 ms.

Méréseinkkel párhuzamosan elvégeztük a minták röntgen és infravörös spektroszkópiás vizsgálatát is, ezzel kontrollálva eredményeinket.

Eredmények

Ásványparagenezisek jellemzése termogáztitrimetriás módszerrel

A közelmúltban végeztük el az Észak-Borsodi Karszt előterében mélyített fúrások kőzettani és geokémiai értékelését [4]. Majd a pontos ásvány-

paragenézis tisztázása céljából sor került a minták termogáztitrimetriás értékelésére [5]. Az eddig nem publikált adatok közül választottunk ki négy agyagos kőzetliszt elemzését, mint szemléletes példát.

Az 1.–4. ábrán levő derivatogramokat egyenlő hőmérsékleti skálára, arányos DTA-, DTG- görbe intenzitásokra szerkesztettük át. A TG- és TGT görbe súly%-os mennyiségei mellett megneveztük az eltávozó gázterméket, ezek jelzései a következők:

H_2O (1) = az agyagásvány gyengén kötött víz-tartalma,

H_2O (2) = az agyagásvány strukturális víztartalma,
 H_2O (g) = goethit víztartalma,

CO₂ (k) = kalcit, (sz) sziderit, (m) magnezit, (d) dolomit hődisszociációjából eltávozó széndioxid-tartalom.

Az eltávozó strukturális víztartalomból az agyag-
ásványok, illetve a széndioxid-tartalomból a karbo-
nátok mennyisége számítható ki a megfelelő sztöchio-
metriai faktoral.

Az itt közölt négy felvétel jól szemlélteti, hogy egy üledékes összletben igen változatos agyagásvány-karbonát asszociáció mutatható ki.

Az 1. ábrán az illit mellett Mg-tartalmú kalcit (magnezitokalcit) tapasztalható. A karbonát bomlás alacsonyabb csúcshőmérsékleten jelentkezik, összehasonlítva a tiszta kalcit felvételével [6., p. 247].

A 2. ábrán az illit mellett goethitet és szideritet határoztunk. A sziderit jelenlétét a széndioxid eltávoztása igazolja. Közismert, hogy a DTA-görbén nem jelentkezik endoterm hajlat [6., p. 259].

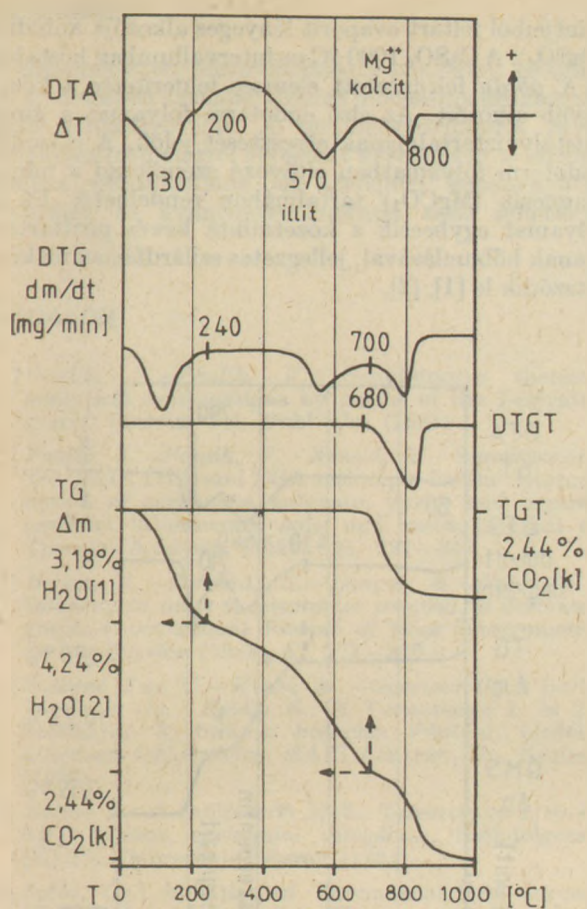
A 3. ábrán illit-montmorillonit kevertszerkezetű agyagásvány mellett, szideritet és magnezitet tartalmaz az üledék. A magnezit bomlása megegyezik a korábban leírt kontrolléval [6., p. 244].

A 4. ábrán illit-montmorillonit az alkotó agyag-
ásvány és sziderit, dolomit a jellemző karbonát.
A dolomit kettőscsúcs nem tipikus (protodolomit)
összehasonlítva a standard felvétellel [7., p. 35].
A sziderit két lépésben történő hőbomlását az indo-
kolja, hogy a jól kristályosodott változat mellett gél-
sziderit van az üledékes kőzetben.

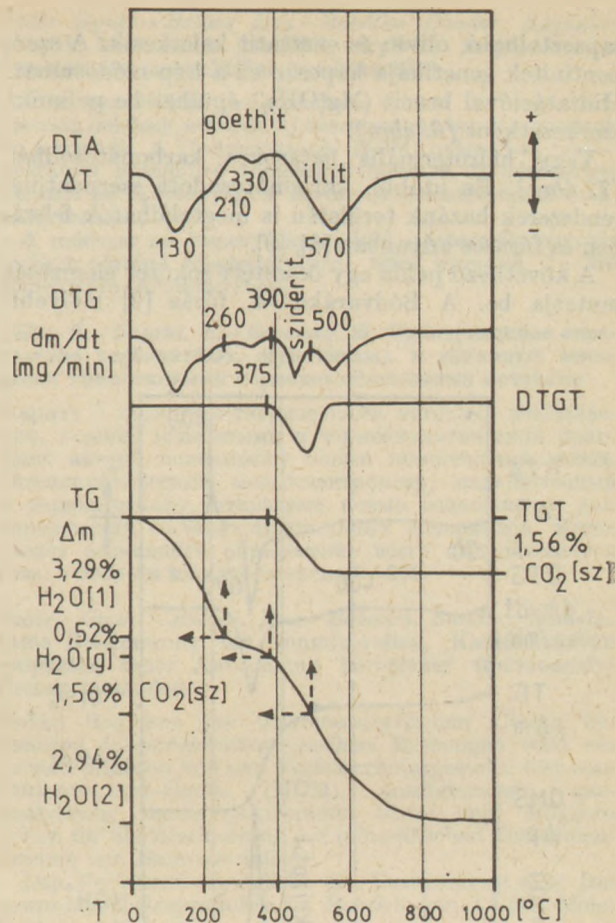
*Ásványparagenezisek jellemzése derivatográfia-
tömegspektrometriás módszerrel*

A módszer alkalmazását szerpentinitek tipizálása kapcsán mutatjuk be először.

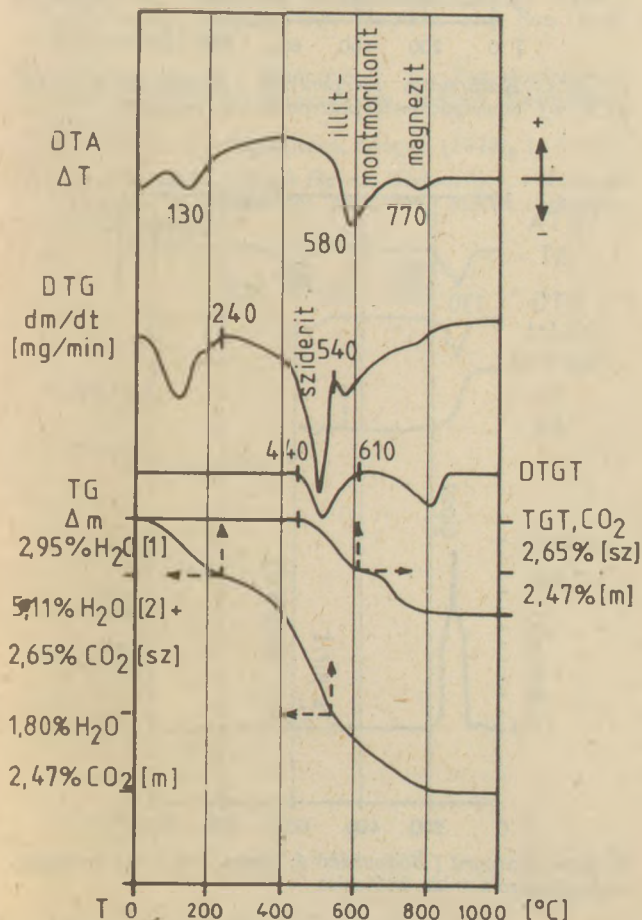
Az 5. ábra egy jellegzetes szerpentin ásvány (krizotil azbeszt) termobomlását szemlélteti. A gyengén kötött víztartalom eltávozása után a strukturális víztartalom távozik el, majd exoterm átalakulás



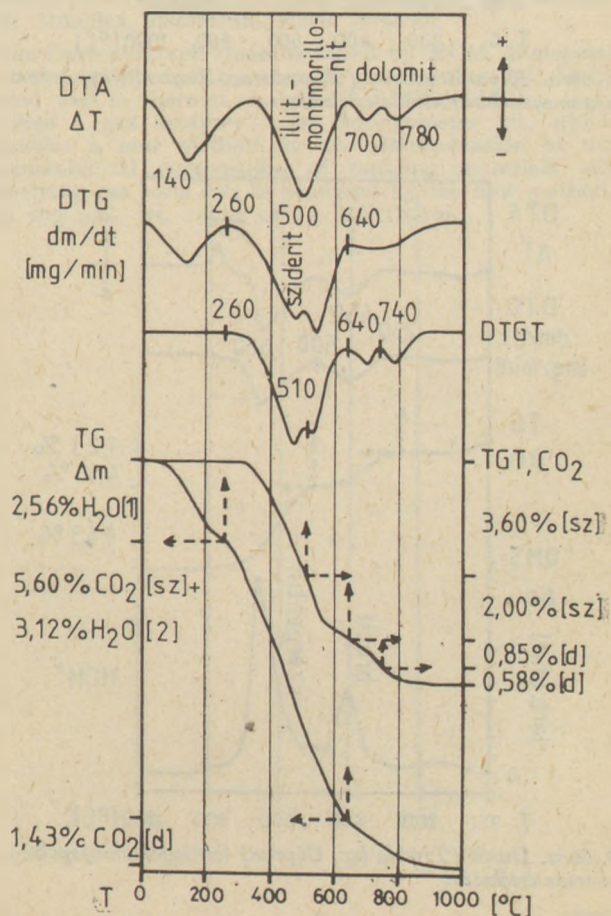
1. ábra. Agyagos kőzetliszt (Te-2/11. fúrás, 28,5 m) termo-gáztitrimetriás értékelése



3. ábra. Agyagos kőzetliszt (Te-1/10. fúrás, 26,7 m) termo-gáztitrimetriás értékelése



2. ábra. Agyagos kőzetliszt (Sza-3/12. fúrás, 15,2 m) termo-gáztitrimetriás értékelése



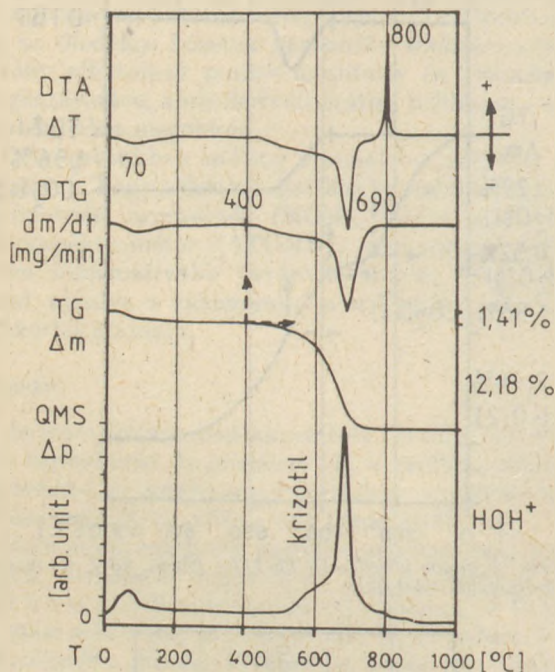
4. ábra. Agyagos kőzetliszt (Te-1/10. fúrás, 25,3 m) termo-gáztitrimetriás értékelése

tapasztható, olivin és enstatit keletkezik. A serpentinitek genetikája kapcsán ez a kép módosulhat. Hidratációval brucit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) épülhet be polimikt szerkezetként (6. ábra).

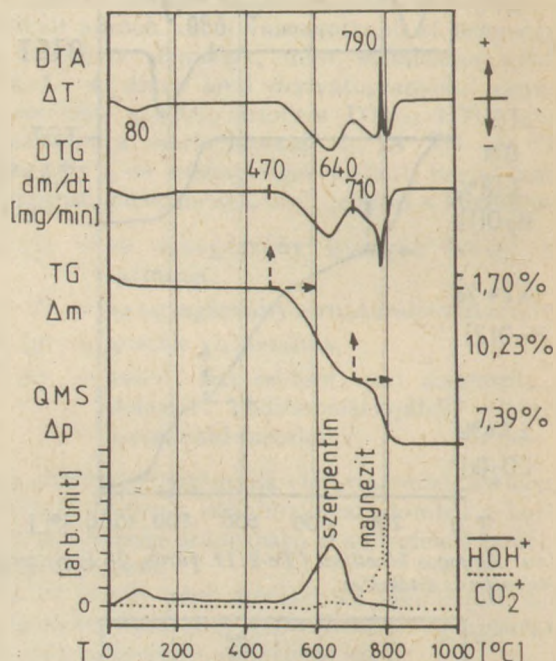
Vagy hidrotermális hatásokra karbonátosodhat (7. ábra). Ez utóbbi, karbonátosodott serpentinit rendszerek hazánk területén is megtalálhatók felszínen és fúrásos anyagban [8], [9].

A következő példa egy összetett sókőzet elemzését mutatja be. A Bódvarákó-4. fúrás [9] mélyebb

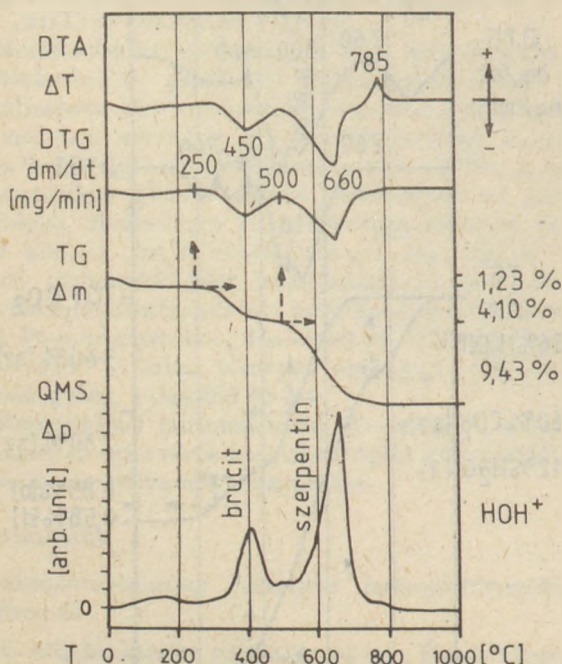
szintjeiből feltárt evaporit lényeges alkotója anhidrit (CaSO_4). A CaSO_4 1000 °C-os intervallumban hőstabil. A 8. ábrán feltüntetett elemzés felderítette a kőzet egyéb alkotóit. Az első endoterm folyamat a gipsz kristályvíztartalmának elvesztését jelöli. A második endoterm folyamatban eltávozó széndioxid a minta magnezit (MgCO_3) tartalmához rendelhető. Ez a folyamat egybeesik a kőzetminta kevés pirittartalmának hőbomlásával, jellegzetes szilárdfázisú reakció játszódik le [1], [2].



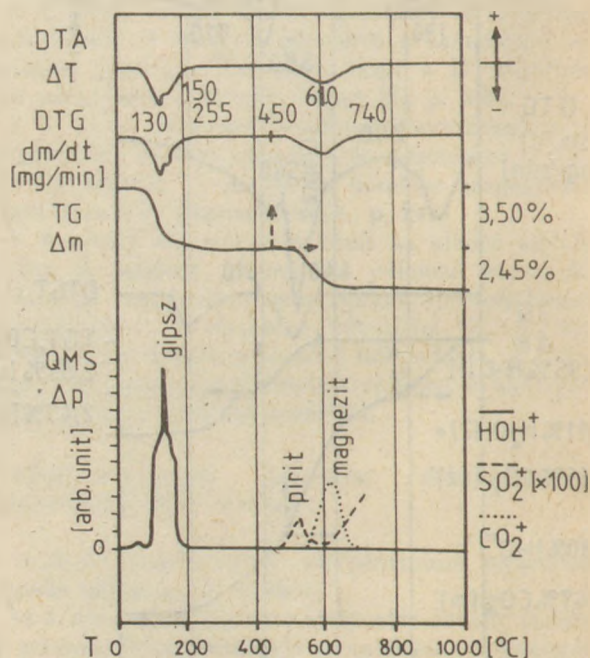
5. ábra. Krizotil asbeszt (Bogoslovac, Jugoszlávia) termogáztömegspektrometriás értékelése



7. ábra. Karbonátos serpentinit (Bódvarákó-4. fúrás, 11,8 m) termogáztömegspektrometriás értékelése



6. ábra. Dunit (Trodos hg., Ciprus) termogáztömegspektrometriás értékelése



8. ábra. Evaporit (Bódvarákó-4. fúrás, 149,5 m) termogáztömegspektrometriás értékelése

A közleményben felsorakoztatott analitikai példák-
kal az összetett termoanalitikai módszerek szükségessé-
gét hangsúlyozzuk. A termogáztitrimetria és a
tömegspektrométerrel elvégzett gázelemzés, a termo-
bomlási produktumok az eddiginél hatékonyabb
kvalitatív és kvantitatív mérését teszi lehetővé.

IRODALOM

- [1] Paulik, J. – Paulik, F.: Simultaneous thermo-
analytical examinations by means of the Derivatog-
raph. Elsevier Sci. Publ. Co. (1981)
- [2] Paulik, J. – Paulik, F. – Arnold, M.: Simultaneous
TG, DTG, DTA and EGA technique for the determi-
nation of carbonate, sulphate, pyrite and organic
material in minerals, soils and rocks. Journal of
Thermal Analysis. (1982), 25, 327 – 340
- [3] Berecz, I. – Bohátka, S. – Langer, G. – Szöör, G.:
Quadrupole mass spectrometer coupled to derivato-
graph. International Journal of Mass Spectrometry
an Ion Physics. (1983), 47, 273 – 276
- [4] Székyné Fux V. – Kozák M. – Gyuricza Gy. – Barta
I. – Szöör Gy. – Balázs É.: A Teresztenye 1. és 2.,
Szőlőszárd 3. fúrások komplex földtani, üledék-
közettani feldolgozása. MÁFI Adattár., Bp. Kézirat
(1980)
- [5] Balázs É.: A Szőlőszárd 3/12., Teresztenye 1/10 és
2/11 fúrások geokémiai vizsgálata. Szakdolgozat
(KLTE, Debrecen). Kézirat, (1981)
- [6] Szöör, Gy.: in Atlas of Thermoanalytical curves.
(Edited by Liptay, G.). Heyden and Son Ltd.
London. 4 (1975)
- [7] Boros, M.: in Atlas of Thermoanalytical curves.
(Edited by Liptay, G.). Heyden and Son Ltd.
London. 1 (1971)
- [8] Ghoneim, M. F. – Szederkényi, T.: Petrological re-
view of the Ófalu serpentinite, Mecsek Mountains,
Hungary.
Acta Miner. Petrographica, Szeged (1979), 1, 5 – 18.
- [9] Székyné Fux V. – Szöör Gy.: A Bódvarákó – 4. fúrás
közettani és geokémiai elemzése. MÁFI Adattár.
Kézirat. (1982)

Szöör Gyula – Balázs Éva – Bohátka Sándor: Agyagás-
ványok, karbonátok szulfátok együttes meghatározása
összetett termoanalitikai módszerekkel

A termoanalitikai gyakorlatban ismert termogáztitri-
metriás mérések mellett, új összetett módszert mutatnak
be a szerzők. A Derivatograph (MOM) műszerhez csatla-
koztatott gázelemző tömegspektrométer új lehetőséget
biztosít az építőanyagok ásványos összetételének meg-
határozására.

A módszer az összes felszabaduló gáztermék egymás
mellett történő meghatározását teszi lehetővé, 1 – 300
tömegszámi tartományban.

Сёер, Д. – Балаж, Е. – Бохатка, Ш. Одновременное опре-
деление карбонатных, сернокислых и глиняных мине-
ралов комплексными термоаналитическими методами

Nárydu s termoгазо-титрическими методами взвешива-
ния, хорошо известными в термоаналитической прак-
тике, авторы показывают новый комплексный метод.
Газоаналитический массоспектрометр, подключенный
к дериватографу, открывает новые возможности для
определения состава строительных материалов. Метод
делает возможным определение всего выделяющегося
газа, в области массового числа 1—300.

Szöör, Gyula – Balázs, Éva – Bohátka, Sándor: Gemein-
same Bestimmung von Tonmineralien, Karbonaten un
Sulphaten unter Anwendung komplexer thermoanaly-
tischer methoden

Neben den aus der thermoanalytischen Übung be-
kannten thermogastitrimetrischen Messungen wird ein
neues Verfahren von den Verfassern dargestellt. Der zum
Derivatograph-Gerät (MOM) anschliessende gas-
analytische Massenspektrometer bietet neue Möglich-
keiten für die Bestimmung der mineralischen Zusammen-
setzung von Baumaterialien.

Das Verfahren ermöglicht die Bestimmung aller frei
gewordenen Gasprodukte im Bereich von 1 – 300 Mole-
kulárgewicht.

Szöör, Gyula – Balázs, Éva – Bohátka, Sándor: Joint De-
termination of Clay Minerals, Carbonates and Sulfates
by Complex Thermoanalytical Methods

The Derivatograph (manufactured by MOM, Budapest)
can be equipped with a thermal gas titration unit, to be
used well in thermal analysis. A further addition com-
prises a gas analyser – mass spectrometer kit, which
enables a new method for the determination of the
mineralogical composition of building materials. All
evolving gas sorts can be analysed by the new method,
in the mol. wt. range of 1 – 300 Dalton.

Zúzottkövek mikro-Deval aprózódási vizsgálata

G Á L O S M I K L Ó S* — K A U S A Y T I B O R** — K E R T É S Z P Á L* — M A R E K I S T V Á N*

*Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszéke

**Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

A zúzottkőgyártás nyersanyagai kőzetértékelése és a zúzottkő termékek minősítése kőzetfizikai módszereinek egyik legjelentősebbike a szemhalmazok forgódobos szilárdságvizsgálata, amelynek eszköze hazánkban [1–4] – de jórészt külföldön is [8–10] – a Los Angeles és a Deval berendezés. E két forgódobos szilárdságvizsgálati módszer alkalmazhatóságának a vizsgálati halmaz szemnagysága szabhatárt. A Los Angeles vizsgálat csak az 5 mm-nél, a Deval vizsgálat csak a 35 mm-nél nagyobb szemnagyságú halmazokon hajtható végre kellő megbízhatósággal.

Franciaországban a forgódobos szilárdságvizsgálatot a mikro-Deval eljárás kidolgozásával és szabványosításával kiterjesztették a 4–14 mm közötti finom szemhalmazokra is [11–12]. A mikro-Deval eljárás bizonyos hasonlatosságot mutat a Los Angeles és a Deval eljárásokkal. A vizsgálati eredmény az aprózódás, amely az 1,6 mm szemnagyság alá aprózódott szemek tömegszázaléka, amelyet ugyanúgy számítunk, mint a Los Angeles és a Deval vizsgálatoknál. A mikro-Deval berendezés dobjának geometriai tengelye vízszintes, mint a Los Angeles dobé, de terelő lemez nincs benne elhelyezve. A dob átmérője, és az összfordulatok száma a Deval eljáráséhoz hasonló. A mikro-Deval eljárásnál a Los Angeles eljáráshoz hasonlóan őrölttestként alkalmaznak acélgolyókat, de azok átmérője ötször kisebb és mennyisége a Los Angeles vizsgálatnál alkalmazotténál nagyobb változatosságot mutat. A mikro-Deval vizsgálatot nemcsak szárazon, hanem a Deval vizsgálatnak megfelelően vízesen is el lehet végezni, a víz mennyisége mindkét eljárásnál azonos. A mikro-Deval eljárás vizsgálati anyagának tömege a Los Angeles és a Deval eljárásbelinek csak egytizede, a dob forgási sebessége viszont az utóbbiakénak háromszorosa.

A mikro-Deval eljárás alkalmas arra, hogy megfelelő átdolgozással beillesszük az építési kőanyagok hazai vizsgálati, minősítési és szabvány rendszerébe. E munka elvégzésére az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium 9. sz. Célprogram Bizottságától kaptunk megbízást, és azt a célprogram bizottság vezető-helyettese, Serédi Béla csoportvezető főmérnök irányította.

A munka során a francia dokumentációk [11–12] alapján legyártattunk két mikro-Deval berendezést és azokat laboratóriumainkban működtettük. A két kutatóhelyen hazai zúzottkövekkel vizsgálat-technikai összehasonlító és ismétlő alapkísérleteket végeztünk. Meghatároztuk a vizsgálat összehasonlítási és ismétlési szórástartományát, és a vizsgálati

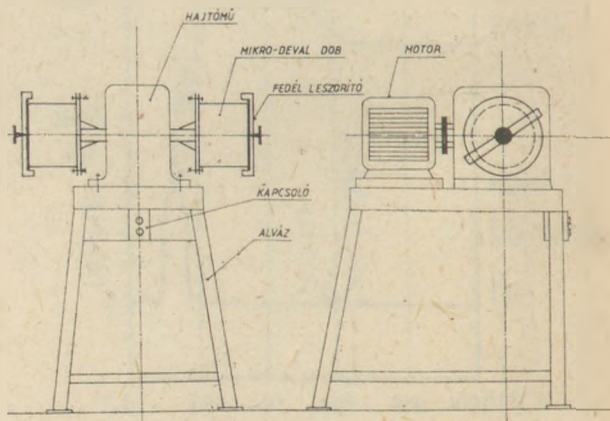
eredmények kapcsolatát a Los Angeles aprózódással és a szemalakkal. A zúzottkő, homok és kavics termékek [1–2], valamint szemhalmazok kőzetfizikai csoportba sorolásához megadtuk a mikro-Deval aprózódás javasolt követelmény határértékeit.

A vizsgálati módszert hazai viszonyainkra adaptáltuk és kidolgoztuk a mikro-Deval aprózódási vizsgálat MSZ 18287/6–84 J. szabványjavaslatát [5]. A bevezetésre javasolt magyar vizsgálati osztályok és feltételeik bár illeszkednek, mégis eltérnek az NF P 18–572/1978 francia szabványban [11] előírtaktól. Ennek egyik oka, hogy ipari termékeink és laboratóriumi szemhalmazaink szemnagysághatárai nem esnek egybe a francia frakcióhatárokkal. Másrészt a vizsgálati osztályok számát a francia gyakorlathoz képest úgy növeltük meg, hogy azok 2 és 20 mm között valamennyi hazai zúzottkő, és tőlük eltérő szemnagysághatárú homok és kavics termékre és ezek [1, 2] termékszabványain kívül eső adalékanyag szemhalmazra kiterjedjenek.

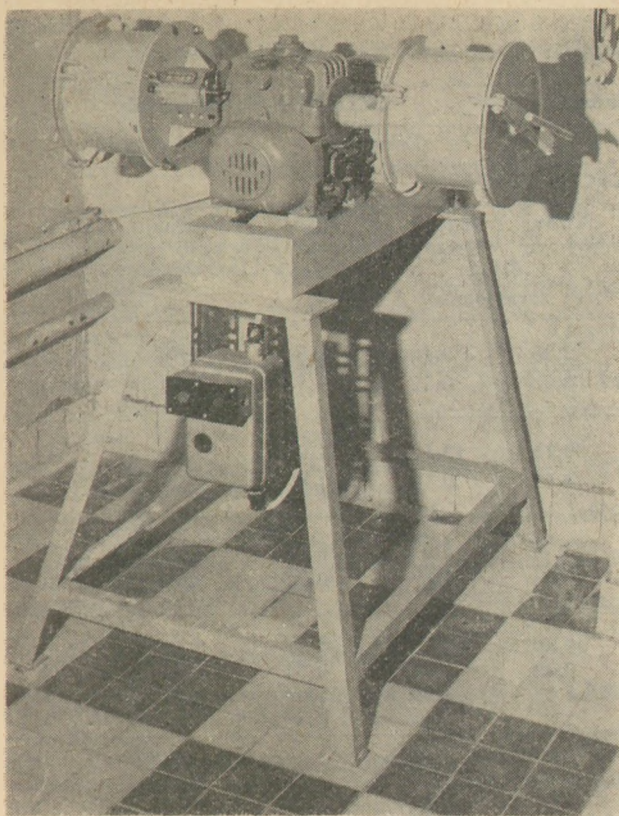
Mikro-Deval berendezés

A mikro-Deval berendezésben az építési kőanyagok szemnagyságtól függő osztályok szerinti 2–20 mm közötti próbahalmazait dinamikus munkával aprózzuk, majd meghatározzuk az aprózódást. Az 1.–2. ábrán látható berendezés villanymotorból, hajtóműből, két vízszintes tengelyű acél forgódobból és vázszerkezetből áll. Tartozékát acélgolyók képezik. A berendezést célszerű fordulatszámllálóval és automatikus kikapcsoló szerkezettel ellátni.

A villanymotor és hajtómű lehetővé teszi, hogy a dobok vízszintes tengelyük körül 100 ± 10 fordul/perc sebességgel forogjanak.



1. ábra. A mikro-Deval készülék vázlatrajza



2. ábra. A mikro-Deval készülék fényképe

A dobok belső átmérője 200 ± 1 mm, belső hosszúsága 154 ± 1 mm, falvastagsága $3 \pm 0,2$ mm, anyaga rozsdamentes acél. Fedeleik a vízmentes lezárás érdekében szigetelő gumigyűrűvel rendelkeznek és szorító csavarral zárhatók. A fedelek falvastagsága $8 \pm 0,3$ mm.

A berendezéshez 3000 db (kb. 12 kg tömegű) $10^{+0,10}_{-0,50}$ mm átmérőjű rozsdamentes acélgolyó [7] tartozik. A golyók alsó méret nagyságát 9,5 mm nyílású rúdstán kell ellenőrizni.

Munkavédelmi szempontból üzemelés közben a forgódobokat védőráccsal kell biztosítani.

Francia kísérletek tapasztalatai

A francia szabvány [11] a mikro-Deval vizsgálati anyagot három szemnagysági osztályba sorolja: 4/6,3 mm, 6,3/10 mm, 10/14 mm és hozzá koptató terhelésként rendre 2000, 4000, 5000 ± 5 g tömegű acélgolyót rendel. A vizsgálati anyag tömege 500 ± 2 g. Vizes eljárás esetén a vizsgálati anyaghoz 2,5 liter vizet adnak. A dob összfordulatainak száma 12 000. Az aprózódást az 1,6 mm nyílású szita segítségével határozzák meg.

A mikro-Deval vizsgálat szabványosítását Franciaországban széleskörű kísérletek előzték meg, amelyek eredményeit C. Tourenq foglalta össze [12]. E kísérletek három laboratóriumban a vizsgálati anyag kőzet-tani minőségére, keménységére, vízerzékenységére, tömegére, szemnagyságára, szemalakjára, a dob forgási sebességére és összfordulatainak számára,

az acélgolyók méretére és tömegére, a vizsgálati eredmény szórására, valamint az eredménynek a Deval vizsgálat eredményéhez való viszonyára terjedtek ki.

A kísérletekhez különböző gránitokat, dioritokat, homokköveket, mészköveket használtak. Megállapították, hogy a puhább kőzetsemek mennyiségének növekedése a mintában csak mérsékeltten fokozza az aprózódást, ugyanakkor az aprózódás víz jelenlétében gyakran sokkal erősebb, mint szárazon. A vizsgálati anyag tömegét 500 g és 2000 g között változtatva a tömeg növelése nem járt a variációs együttható csökkenésével. Véleményük szerint a mikro-Deval eljárás a 4 mm-nél kisebb szemcsék aprózódás vizsgálatára alkalmatlan, de a 14 mm-nél nagyobb szemekre kiterjeszthető. Adott szemnagysági osztályon belül a kisebb szemnagyságú rész halmaz erősebben aprózódik a nagyobb szemnagyságúnál. A lemezes alakú szemek mennyiségének növekedésével az aprózódás fokozódik. A dob forgási sebességét 25–200 fordulat/perc között változtatva megállapították, hogy 100 fordulat/perc sebességnél a centrifugális erő a vizsgálati halmazt még nem tapasztja a dob falhoz. Jellemző vizsgálati eredményt legalább 2 órás vizsgálati idővel lehet nyerni, amiből az összfordulatok száma 12 000-nek adódott. Kezdetben 18 mm átmérőjű acélgolyókkal kísérleteztek, de azok az apróbb kőzet szemeket összetörték és ezért áttértek a 10 mm átmérőjű acélgolyók alkalmazására. Az acélgolyók tömegét viszonylag azonos vizsgálati eredményhez szemnagysági osztályonként optimalizálták. Megállapították, hogy az ismétlési feltételek között végzett mikro-Deval vizsgálat variációs együtthatója nem haladja meg a 7%-ot, azaz a mikro-Deval vizsgálat eredménye a Deval vizsgálaténál kevésbé szór. A Deval és a mikro-Deval aprózódás között enyhén parabolikus összefüggés van.

Összehasonlító alapkísérletek

Összehasonlítási feltételek között laboratóriumi pofástörőn egyszer tört lemez és kétszer tört zömök 5/8 mm szemnagyságú polgárdi tömött mészkő próbahalmazok száraz és vizes mikro-Deval aprózódás vizsgálatát [5] végeztük el azonos módon a *BME Ásvány- és Földtani Tanszékén* és a *SZIKKTI Betonosztályán*. A mikro-Deval vizsgálatot Los Angeles vizsgálat [3] és szemalak vizsgálat [6] egészítette ki. A vizsgálati eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

Az összehasonlító vizsgálatok 1. táblázatbeli eredményei lehetőséget adnak a vizsgálati eredmények ismétlési szórásartománya számítására.

Ha egy adott laboratóriumban egyazon személy által ugyanazon laboratóriumi eszközzel és ugyanazon mintán végzett mérések egyes, vagy középérték eredményeit kívánjuk önmagukban egybevetni, akkor ismétlési feltételről beszélünk. Ennek a feltételnek felelnek meg önmagukban a két kutatóhely 1. táblázatbeli eredményei.

Ha különböző laboratóriumok különböző személyek által azonos típusú, de külön-külön laboratóriumi eszközzel és azonos mintán végzett méréseinek

5/8 mm szemnagyságú polgárdi zúzott tömött mészkő vizsgálati eredményei

Kísérletet végezte	BME Ásvány- és Földtani Tanszék				SZIKKTI Beton-osztály			
Minta megnevezése	Lemezes		Zömök		Lemezes		Zömök	
Mikro-Deval aprózódás, tömeg%								
Vizsgálat módja	Száraz	Vizes	Száraz	Vizes	Száraz	Vizes	Száraz	Vizes
Ismétlések sorszáma	átlag terjedelem							
1.	12,32 3,28	29,19 0,05	6,87 1,19	2,20 0,53	9,16 0,72	30,34 1,76	7,58 1,72	23,30 0,16
2.	9,92 0,25	30,48 0,73	6,53 1,11	20,18 1,42	12,12 0,76	31,00 1,00	8,30 2,28	22,92 0,00
3.	10,76 0,10	29,83 0,80	7,80 0,76	20,79 0,53	9,96 0,12	30,78 0,72	7,24 2,08	22,72 0,20
Átlag	11,00	29,83	7,06	20,39	10,41	30,71	7,71	22,98
Szórás	1,51	0,67	0,82	0,59	1,41	0,74	1,22	0,28
Terjedelem	4,17	1,68	2,21	1,58	3,70	2,04	3,24	0,76
Los Angeles aprózódás, tömeg %								
Vizsgálati Osztály II.	39,4		31,8		32,3		29,0	
Lemezes alakú szemek mennyisége								
Tengelyarány	v/s = 0,5	h/v = 3	v/s = 0,5	h/v = 3	v/s = 0,5	h/v = 3	v/s = 0,5	h/v = 3
Mértékegység: tömeg % db	39,0	40,0	10,0	9,0	31,8 47,6	28,8 34,0	12,8 16,8	7,7 10,0
Szemek fajlagos tömege, g/db								
Tengelyarány	v/s = 0,5	h/v = 3	v/s = 0,5	h/v = 3	v/s = 0,5	h/v = 3	v/s = 0,5	h/v = 3
Szemalak: lemezes zömök					0,262 0,510	0,332 0,423	0,305 0,419	0,308 0,410
Teljes frakció	0,375		0,408		0,392		0,400	

középérték eredményei kerülnek egybevetésre, akkor összehasonlítási feltétellel állunk szemben. Ennek a feltételnek az 1. táblázat adatainak összessége felel meg.

Az ismétlési és az összehasonlítási mérések eredményei önmagukban való összeférhetőségének méréseje a megengedett terjedelem. Valamely mérés tapasztalati terjedelme a megengedett terjedelmet nem lépheti túl. Jelenlegi feladatunk a mikro-Deval vizsgálat eredményei megengedett terjedelmének meghatározása. Ehhez vizsgálati eredményeinket, mint amelyeket mintaszerű körülmények között és nagy gondossággal mellett végzett vizsgálattechnikai alpmérések adták, alkalmasnak tartjuk.

Az R_m megengedett terjedelem a P_R statisztikai biztonság, valamint a mérések n számától függő ω küszöbérték és a vizsgálattechnikai alpméréshez tartozó — a szórás s_m megengedett értékeként kezelt — s tapasztalati szórás szorzata:

$$R_m = \omega \cdot s_m = \omega \cdot s$$

$$\omega = f(P_R, n)$$

A P_R statisztikai biztonság értéke megállapodás tárgyát képezi. A mértékadó eredmény számítására a hazai és külföldi gyakorlatban általában a 95%-os statisztikai biztonságot alkalmazzák, és ezt jelen esetben is célszerű követni. A $P_R = 0,95$ statisztikai

5/8 mm szemnagyságú polgárdi zúzott tömött mészkő mikro-Deval aprózódásának ismétlési és összehasonlítási szórástartományja (tömeg %)

	R	s	R _{m2}	R _{m3}	R _{m4}	R _{m5}	R _{m6}
<i>Lemezes minta száraz vizsgálata</i>							
BME eredmények ismétlési szórástartományja	1,210	1,041	2,885	3,450	3,782	4,016	4,195
SZIKKTI eredmények ismétlési szórás-tartományja	0,533	0,333	0,924	1,104	1,211	1,285	1,343
BME + SZIKKTI eredmények ismétlési szórástartományja	0,872	0,737	2,042	2,442	2,677	2,842	2,969
BME és SZIKKTI átlag összehasonlítási szórástartományja	0,590	0,417	1,156	1,383	1,516	1,609	1,681
<i>Lemezes minta vizes vizsgálata</i>							
BME eredmények ismétlési szórástartományja	0,527	0,343	0,950	1,136	1,246	1,323	1,382
SZIKKTI eredmények ismétlési szórás-tartományja	1,160	0,679	1,883	2,252	2,468	2,621	2,738
BME + SZIKKTI eredmények ismétlési szórástartományja	0,843	0,513	1,422	1,701	1,864	1,979	2,068
BME és SZIKKTI átlag összehasonlítási szórástartományja	0,880	0,622	1,725	2,062	2,261	2,400	2,508
<i>Zömök minta száraz vizsgálata</i>							
BME eredmények ismétlési szórástartományja	1,020	0,568	1,574	1,883	2,063	2,191	2,289
SZIKKTI eredmények ismétlési szórás-tartományja	2,027	1,117	3,097	3,703	4,059	4,310	4,503
BME + SZIKKTI eredmények ismétlési szórástartományja	1,523	0,845	2,342	2,801	3,070	3,260	3,405
BME és SZIKKTI átlag összehasonlítási szórástartományja	0,650	0,460	1,274	1,523	1,670	1,773	1,852
<i>Zömök minta vizes vizsgálata</i>							
BME eredmények ismétlési szórástartományja	0,827	0,508	1,407	1,683	1,845	1,959	2,046
SZIKKTI eredmények ismétlési szórás-tartományja	0,120	0,081	0,224	0,268	0,294	0,312	0,326
BME + SZIKKTI eredmények ismétlési szórástartományja	0,473	0,347	0,961	1,149	1,259	1,337	1,397
BME és SZIKKTI átlag összehasonlítási szórástartományja	2,590	1,831	5,076	6,070	6,654	7,065	7,381
Összes BME eredmény ismétlési szórás-tartományja	0,896	0,622	1,725	2,062	2,261	2,400	2,508
Összes SZIKKTI eredmény ismétlési szórástartományja	0,960	0,630	1,747	2,089	2,290	2,432	2,540
Összes BME + SZIKKTI eredmény ismétlési szórástartományja	0,928	0,620	1,717	2,054	2,251	2,390	2,497

biztonsághoz tartozó ω küszöbértékek kettő-hat mérés esetén a következők:

n	ω
2	2,771808
3	3,314493
4	3,633160
5	3,857656
6	4,030092

A megengedett terjedelem meghatározásához ki-számítottuk a mikro-Deval kísérletek eredményei terjedelmének R középértékét, és az egyes értékek s szórását. Ha x_1 és x_2 egy vizsgálat két egyes eredménye, és $\bar{x}$ ezek átlaga, akkor

$$R = \frac{2 \cdot \sum (x_2 - x_1)}{N}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_1)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{\sum (x_2 - x_1)^2}{2 \cdot (N-1)}}$$

ahol N az egyes vizsgálattechnikai alapkísérletek méréseinek száma, jelen esetben a szemalak szerinti száraz és vizes vizsgálatok elkülönített értékelésekor az egyes laboratóriumok eredményeinek ismétlési szórástartományára nézve $N = 6$, a két laboratórium eredményei összességének ismétlési szórástartományára nézve $N = 12$, a két laboratórium átlag eredményének összehasonlítási szórástartományára nézve $N = 2$, az összes eredmény laboratóriumonkénti értékelésekor $N = 24$, és összevont értékelésekor $N = 48$.

Az 5/8 mm szemnagyságú polgárdi zúzott tömött mészkő mikro-Deval aprózódásának ismétlési és összehasonlítási szórástartományja értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

Ismétlő alapkísérletek

Ismétlési feltételek között a *SZIKKTI Betonosztályán* végeztünk száraz és vizes mikro-Deval aprózódási [5], Los Angeles aprózódási [3] és szemalak [6] vizsgálatot. Vizsgálati anyagul a gánti dolomit, a tatabányai tömött mészkő, az egerbaktai diabáz és a berceli andezit 3/5, 5/8, 5/12, 8/12 és 12/20 mm szemnagyságú próbahalmazai szolgáltak.

A különböző szemnagyságú próbahalmazok mikro-Deval vizsgálatához alkalmazott golyók tömegét a francia szabványhoz [11] igazodva interpolálással, illetve extrapolálással az alábbi értékekben jelöltük ki:

Szemnagyság mm	Golyó tömeg g
3/5	1000±5
5/8	3000±5
5/12	4000±5
8/12	4500±5
12/20	6000±5

Az ismétlő alapkísérletek vizsgálati eredményeit a 3.–7. táblázatok tartalmazzák.

A mikro-Deval aprózódási veszteségek átlagát, szórását és átlagos terjedelmét az egyes közetfajtákra a 8. táblázatban tüntettük fel.

A 3.–6. táblázatok szerint a mikro-Deval aprózódások terjedelme, átlaga és a próbahalmazok szemnagysága között nem találtunk olyan egyértelmű összefüggést, amely indokoltá tenné, hogy a megengedett terjedelmet az átlag eredmény, vagy a próbahalmaz szemnagyságának függvényében keressük, illetve írjuk elő. Így az ismétlési szórásstartományt az összehasonlító alapvizsgálatokkal azonos módon határoztuk meg külön a száraz vizsgálatokra és külön a vizes vizsgálatokra, — amelyek esetén a mérések száma $N = 40$ volt, — valamint $N = 80$ mellett az összes vizsgálatra. A számítás eredményei

a 9. táblázatban szerepelnek. Az ismétlő alapvizsgálatok 9. táblázatbeli szórásai és terjedelmei kisebbre adódtak az összehasonlító alapvizsgálatok 2. táblázatbeli szórásainál és terjedelmeinél, így a 9. táblázat megengedett terjedelmei túlzottan szigorúnak tűnnek.

A 3.–6. táblázatok mikro-Deval aprózódás és $v/s = 0,5$ feltétel szerinti szemalak mérési eredményeiből kiszámítottuk az egyes próbahalmaz nagyságok vizsgálati eredményeinek az 5/12 mm szemnagyságú próbahalmaz vizsgálati eredményére vonatkozó viszonyszámait, és azokat a 10. táblázatban tüntettük fel. E táblázat adatai azt látszanak bizonyítani, hogy az alkalmazott golyó tömegek mellett legjobban az 5/12 mm-es próbahalmaz aprózódik, ugyanakkor szembetűnő, hogy az 5/12 mm-es próbahalmazban a legmagasabb a lemezes szemek mennyisége. A jelenség tehát a szemalak különbségének tudható be, így a vizsgálati dobba kerülő golyók tömegét az 5/12 mm-es próbahalmaz esetén is megfelelőnek tartjuk. Érdekes azonban, hogy az 5/12 mm-es próbahalmaz eltérő aprózódása a száraz vizsgálatnál határozottabban jelentkezik, mint a vizesnél. A fenti tendencia alól kivételt képez a 3/5 mm szemnagyságú próbahalmaz, amely a száraz vizsgálatnál minden frakciónál erősebben, a vizes vizsgálatnál minden frakciónál gyengébben aprózódott. Ez arra figyelmeztet, hogy a 3/5 és a 2/4 mm szemnagyságú frakciók a mikro-Deval vizsgálat során a többi frakciótól esetleg eltérően fognak viselkedni.

Ezt követően az 1. és 3.–6. táblázatok vizsgálati eredményeinek felhasználásával

$y = ax^2 + bx$ és $y = ax + b$

alakú regressziós összefüggést kerestünk

$a_{MD0} = f(a_{LA})$ a Los Angeles és a száraz mikro-Deval aprózódás

$a_{MDW} = f(a_{MD0})$ a száraz és a vizes mikro-Deval aprózódás

Gánti dolomit rúzottkő vizsgálati eredményei (SZIKKTI Betonosztály)

3. táblázat

Frakció szem nagysága, mm	Vizsgálati eredmények							
Vizsgálat és módszere	Mikro-Deval aprózódás, tömeg %		Los Angeles aprózódás, tömeg %		Lemezes szemek mennyisége			
	száraz	vizes	Vizsgálati osztály	átlag	v/s = 0,5		h/v = 3	
	átlag	átlag			tengelyarány alapján			
	terjedelem	terjedelem			tömeg %	db %	tömeg %	db %
3/5	6,71	6,11	I.	23,8	1,7	18,4	1,1	10,8
	0,66	0,10						
5/8	5,81	9,02	II.	22,4	9,5	13,6	7,6	8,8
	0,14	0,04						
5/12	6,65	11,26	III.	20,8	12,7	15,1	9,1	11,1
	0,94	0,76						
8/12	5,77	10,73	IV.	19,8	8,0	11,2	3,5	4,8
	0,02	0,14						
12/20	6,20	10,75	V.a.	19,7	13,3	15,6	7,5	9,6
	0,28	0,58						

Tatabányai zúzott tömött mészkő vizsgálati eredményei (SZIKKTI Betonosztály)

Frakció szemnagysága, mm	Vizsgálati eredmények							
Vizsgálat és módszere	Mikro-Deval aprózódás, tömeg %		Los Angeles aprózódás, tömeg %		Lemezes szemek mennyisége			
	száraz	vizes	Vizsgálati osztály	átlag	v/s = 0,5		h/v = 3	
	átlag	átlag			tengelyarány alapján			
	terjedelem	terjedelem			tömeg %	db %	tömeg %	db %
3/5	7,38	7,27	I.	21,2	20,4	27,2	11,1	15,1
	0,76	0,10						
5/8	4,53	8,97	II.	20,7	24,4	26,8	16,1	19,6
	0,18	0,62						
5/12	5,45	10,48	III.	20,6	17,8	29,9	4,9	13,1
	0,02	0,24						
8/12	5,56	10,36	IV.	20,1	19,5	23,6	11,0	12,0
	0,16	0,96						
12/20	4,77	10,48	V.a.	20,3	14,0	17,2	6,9	8,8
	0,38	0,32						

5. táblázat

Egerbaktai diabáz zúzottkő vizsgálati eredményei (SZIKKTI Betonosztály)

Frakció szem nagysága, mm	Vizsgálati eredmények							
Vizsgálat és módszere	Mikro-Deval aprózódás, tömeg%		Los Angeles aprózódás, tömeg%		Lemezes szemek mennyisége			
	száraz	vizes	Vizsgálati osztály	átlag	v/s = 0,5		h/v = 3	
	átlag	átlag			tengelyarány alapján			
	terjedelem	terjedelem			tömeg%	db%	tömeg%	db%
	3/5	7,77			9,30	I.	17,8	33,1
0,26	0,52							
5/8	3,96	9,67	II.	12,5	40,3	54,0	41,5	54,0
	0,20	0,66						
5/12	4,91	8,67	III.	12,3	40,8	51,2	38,6	43,9
	0,14	2,46						
8/12	4,24	9,53	IV.	11,7	27,5	35,2	24,2	30,8
	1,16	0,26						
12/20	3,18	9,12	V.a.	11,3	24,2	32,4	19,2	26,4
	0,12	0,80						

között. A függvényparamétereket a legkisebb hibanegetek módszere szerint határoztuk meg. E függvények az eltérő szemalakú minták hibáival azért nem terheltek, mert a szemalakok eltérése valamennyi függő és független változót ugyanolyan mértékben érinti.

A regressziós függvények *a* és *b* paramétereit, valamint korrelációs jellemzőit, így az *I* korrelációs indexet, *S* standard hibát, és *H* relatív hibát a 11. táblázatban tüntettük fel, a függvényeket a 3. és 4. ábrán rajzoltuk meg. A korrelációs jellemzőkből kitűnik, hogy mindkét összefüggés — de különösen

a száraz és vizes mikro-Deval aprózódás kapcsolata — igen laza. Ez azt is jelenti, hogy a száraz és vizes mikro-Deval vizsgálati eredmények eltérése (különbsége vagy hányadosa) a kőzet időállósági tulajdonságára is utal. Az átlagnál nagyobb eltérés a kőzet víz- (illetve ennek következtében fagy-) érzékenységet jelzi, a hagyományos Deval vizsgálathoz hasonlóan.

A fenti függvények segítségével ennek tudatában számítottuk ki a mikro-Deval aprózódások azon értékeit, amelyek az MSZ 18291—78 szabvány [1] szerinti kőzetfizikai csoportok Los Angeles aprózó-

Frakció szem nagyság, mm	Vizsgálati eredmények							
Vizsgálat és módszere	Mikro-Deval aprózódás, tömeg%		Los Angeles aprózódás, tömeg%		Lemezes szemek mennyisége			
	száraz	vizes	Vizsgálati osztály	átlag	v/s = 0,5		h/v = 3	
	átlag	átlag			tengelyarány alapján			
	terjedelem	terjedelem			tömeg%	db%	tömeg%	db%
3/5	13,45	15,19	I.	26,9	26,5	38,1	24,1	29,8
	0,30	0,58						
5/8	4,28	16,10	II.	24,1	20,6	26,8	16,5	18,4
	1,96	0,60						
5/12	6,89	19,92	III.	21,4	30,6	45,3	24,5	38,3
	0,70	0,56						
8/12	3,24	17,73	IV.	18,6	12,1	14,4	6,3	9,2
	0,08	0,06						
12/20	4,28	18,64	V.a.	18,3	19,6	20,0	14,8	16,0
	0,04	0,68						

A zúzottkő szemek fajlagos tömege (g/db)
(SZIKKTI Betonosztály)

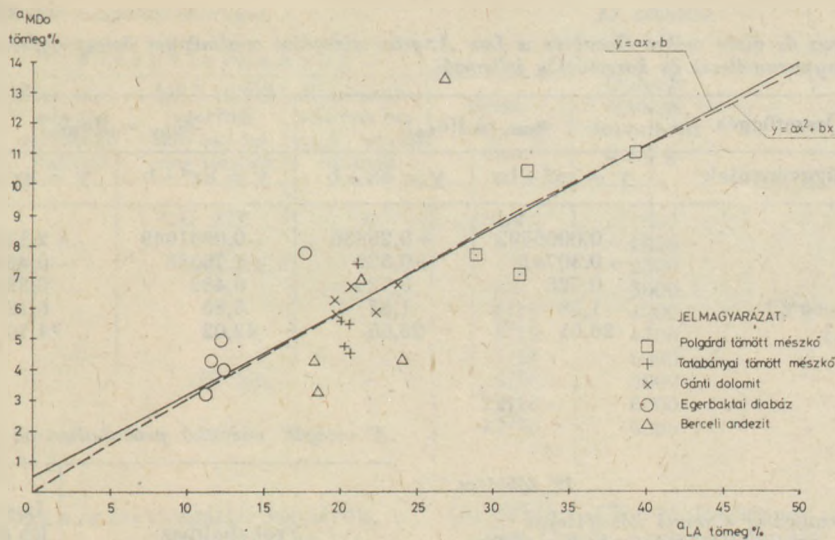
7. táblázat

Frakció szem- nagy- sága mm	v/s = 0,5		h/v = 3		Teljes frakció
	tengelyarány alapján				
	lemezes	zömök	lemezes	zömök	
Gánti dolomit					
3/5	0,039	0,512	0,044	0,471	0,425
5/8	0,368	0,550	0,455	0,532	0,525
5/12	0,547	0,669	0,536	0,665	0,651
8/12	0,911	1,313	0,917	1,286	1,268
12/20	5,103	6,158	4,708	6,130	5,993
Tatabányai tömött mészkő					
3/5	0,081	0,137	0,080	0,113	0,108
5/8	0,299	0,339	0,269	0,342	0,328
5/12	0,485	0,954	0,306	0,891	0,814
8/12	1,161	1,482	1,283	1,423	1,406
12/20	3,721	4,734	3,600	4,653	4,560
Egerbaktai diabáz					
3/5	0,119	0,136	0,125	0,133	0,130
5/8	0,307	0,535	0,316	0,524	0,412
5/12	0,495	0,755	0,546	0,681	0,622
8/12	0,886	1,269	0,890	1,243	1,134
12/20	2,393	3,587	2,333	3,511	3,200
Berceli andezit					
3/5	0,058	0,098	0,065	0,091	0,083
5/8	0,252	0,356	0,293	0,339	0,328
5/12	0,540	1,003	0,510	0,977	0,798
8/12	1,241	1,516	1,017	1,523	1,477
12/20	4,240	4,620	4,000	4,401	4,337

Az ismételtek alapkísérletek mikro-Deval aprózódásának átlaga, szórása és átlagos terjedelme (tömeg %)

8. táblázat

Vizsgálat	Száraz		Vizes	
	Ösz- szes	3/5 nél- kül	Ösz- szes	3/5 nél- kül
Frakció				
Átlag				
Gánti dolomit	6,23	6,11	9,57	10,44
Tatabányai tömött mészkő	5,54	5,08	9,51	10,07
Egerbaktai diabáz	4,81	4,07	9,26	9,25
Berceli andezit	6,43	4,67	17,52	18,10
Szórás				
Gánti dolomit	0,446	0,410	2,114	0,978
Tatabányai tömött mészkő	1,119	0,505	1,407	0,737
Egerbaktai diabáz	1,766	0,716	0,391	0,450
Berceli andezit	4,151	1,558	1,904	1,606
Átlagos terjedelem				
Gánti dolomit	0,408	0,345	0,324	0,380
Tatabányai tömött mészkő	0,300	0,185	0,448	0,535
Egerbaktai diabáz	0,376	0,405	0,940	1,045
Berceli andezit	0,616	0,695	0,496	0,475

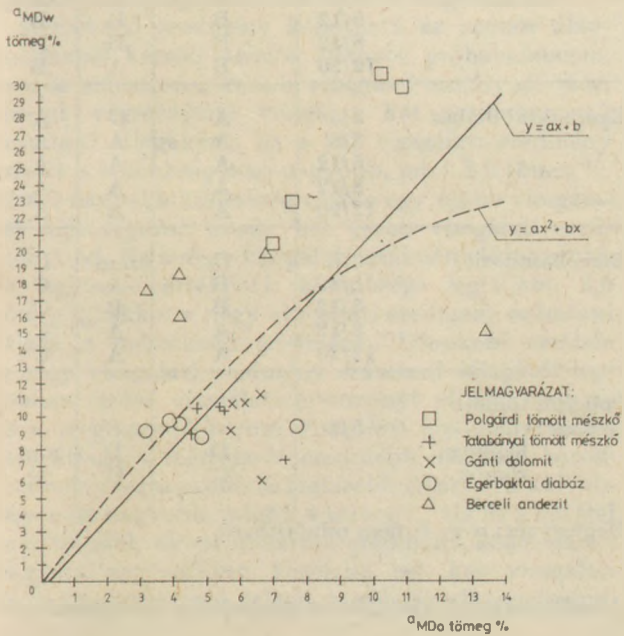


3. ábra. Összefüggés a Los Angeles és a száraz mikro-Deval aprózódás között

10. táblázat

Az ismétlődő alapkísérletek mikro-Deval aprózódásának és a lemezes szemek mennyiségének az 5/12 mm-es próbahalmaz vizsgálati eredményére vonatkozó viszonyyszámjai

Vizsgálat	Viszonyyszám száraz mikro-Deval vizsgálat esetén			
Próbahalmaz	3/5	5/8	8/12	12/20
Gánti dolomit	1,009	0,874	0,868	0,932
Tatabányai tőmött mészkő	1,354	0,831	1,020	0,875
Egerbaktai diabáz	1,582	0,806	0,864	0,648
Berceli andezit	1,952	0,621	0,470	0,621
Átlag	1,474	0,783	0,806	0,769
Vizsgálat	Viszonyyszám vizes mikro-Deval vizsgálat esetén			
Gánti dolomit	0,543	0,801	0,953	0,955
Tatabányai tőmött mészkő	0,694	0,856	0,989	1,000
Egerbaktai diabáz	1,073	1,115	1,099	1,052
Berceli andezit	0,763	0,808	0,890	0,936
Átlag	0,768	0,895	0,983	0,986
Vizsgálat	Viszonyyszám v/s = 0,5 szerinti lemezes szemek tömegarányának vizsgálata esetén			
Gánti dolomit	0,134	0,748	0,630	1,047
Tatabányai tőmött mészkő	1,146	1,371	1,096	0,786
Egerbaktai diabáz	0,811	0,988	0,674	0,593
Berceli andezit	0,866	0,673	0,395	0,640
Átlag	0,739	0,945	0,699	0,767



4. ábra. Összefüggés a száraz és a vizes mikro-Deval aprózódás között

9. táblázat

Az ismétlődő alapkísérletek ismétlési szórásstartományai (tömeg %)

	$\bar{R}$	s	R_{m2}	R_{m3}	R_{m4}	R_{m5}	R_{m6}
Száraz vizsgálat	0,415	0,323	0,894	1,069	1,172	1,244	1,300
Vizes vizsgálat	0,552	0,382	1,058	1,265	1,387	1,472	1,538
Összes vizsgálat	0,484	0,351	0,973	1,164	1,276	1,354	1,415

A száraz és vizes mikro-Deval és a Los Angeles vizsgálat eredményei összefüggésének függvényparaméterei és korrelációs jellemzői

Összefüggés	$a_{MD0} = f(a_{LA})$		$a_{MDw} = f(a_{MD0})$	
Függvényalak	$y = ax^2 + bx$	$y = ax + b$	$y = ax^2 + b$	$y = ax + b$
a	-0,0006593	+0,26836	-0,0801649	+2,12983
b	+0,30741	+0,522	+2,76363	-0,464
I	0,726	0,728	0,482	0,394
S [tömeg%]	1,68	1,67	5,83	6,12
H [%]	26,61	26,55	42,02	44,10

14. táblázat

A vizsgált zúzottkő próbahalmazok közetfizikai csoportja

Próbahalmaz		Los Angeles aprózódás szerint	mikro-Deval aprózódás szerint	
			száraz	vizes
Gánti dolomit	3/5	B	B	A
	5/8	B	B	A
	5/12	B	B	B
	8/12	A	B	B
	12/20	A	B	B
Tatabányai tömött mészkő	3/5	B	B	A
	5/8	B	A	A
	5/12	B	B	B
	8/12	B	B	B
	12/20	B	A	B
Egerbaktai diabáz	3/5	A	C	A
	5/8	A	A	A
	5/12	A	A	A
	8/12	A	A	A
	12/20	A	A	A
Berceli andezit	3/5	C	n.m	C
	5/8	B	A	C
	5/12	B	B	C
	8/12	A	A	C
	12/20	A	A	C
Polgárdi tömött mészkő	5/8			
		lemezes	D	D
		zömök	C	n.m

Megjegyzés: n.m = nem minősíthető

12. táblázat

Az MSZ 18291-78 szabvány szerinti közetfizikai csoportok Los Angeles aprózódási határértékeihez tartozó mikro-Deval aprózódások (tömeg%)

a_{LA} határérték	20	25	35	45
a_{MD0} számított másodfokú függvényből	5,88	7,27	9,95	12,50
elsőfokú függvényből	5,89	7,23	9,91	12,60
ajánlott határérték	5,0	7,5	10,0	12,5
a_{MDw} számított másodfokú függvényből	13,70	16,22	19,62	22,02
elsőfokú függvényből	12,31	15,51	20,83	26,16
ajánlott határérték	10,0	15,0	20,0	25,0

13. táblázat

A mikro-Deval aprózódási határértékek szerinti ajánlott közetfizikai csoportbesorolás

Közetfizikai csoport	Mikro-Deval aprózódás	
	száraz	vizes
	tömeg%	
A	≤ 5	≤ 10
B	5 felett 7,5-ig	10 felett 15-ig
C	7,5 felett 10-ig	15 felett 20-ig
D	10 felett 12,5-ig	20 felett 25-ig

dási veszteség határértékeihez tartoznak (12. táblázat), és amelyek alapján a mikro-Deval aprózódási határértékek szerinti ajánlott közetfizikai csoportbesorolást a 13. táblázat tartalmazza.

Az MSZ 18291-78 szabvány és a 13. táblázat feltételeinek figyelembevételével a Los Angeles és a mikro-Deval aprózódások alapján a vizsgált gánti dolomit, tatabányai tömött mészkő, egerbaktai diabáz, berceli andezit, polgárdi tömött mészkő próbahalmazok a 14. táblázat szerinti közetfizikai csoportba tartoznak. A 14. táblázatból kitűnik, hogy a próbahalmazok MSZ 18291-78 szabványnak megfelelő Los Angeles aprózódás szerinti és a 13. táblázatbeli javaslatnak megfelelő mikro-Deval aprózódás szerinti közetfizikai csoport besorolása elfogadhatóan megfelel egymásnak.

A mikro-Deval vizsgálat végrehajtása és eredménye

A kísérleti tapasztalatainkra épülő hazai szabályozás szerint [5] a mikro-Deval vizsgálatot tíz különböző vizsgálati osztályban lehet végrehajtani. A vizsgálati osztályok szabványos anyagának termékosztályát, nem szabványos halmazának előfordulását, a vizsgálati anyag szemnagyságát, és a golyók alkalmazandó tömegét a 15. táblázatban tüntettük fel. A táblázatban szerepeltetjük azokat a termékfajtákat, amelyekre e vizsgálat kiterjeszthető. Felhívjuk azonban a figyelmet arra, hogy a homok és kavics frakciók összehasonlító vizsgálatára még sort kell keríteni, hogy a szükséges csoportba sorolás megadható legyen.

Vizsgálati osztály	Vizsgálati anyag					Golyók tömege dobonként $g \pm 5 g$
	MSZ 18291 szerinti zúzottkő termék	Nem szabványos zúzottkő halmaz	MSZ 18293 szerinti homok, kavics terének	Nem szabványos homok, kavics halmaz	Szemnagyság mm	
I.			OH ZH	+	2/4	500
II.		+			3/5	1000
III.			OK ZK	+	4/8	2500
IV.	KZ Z	+			5/8	3000
V.	KZ NZ Z	+			5/12	4000
VI.	KZ	+		+	8/12	4500
VII.		+			5/20	5000
VIII.			OK ZK	+	8/16	5000
IX.	KZ	+		+	12/16	5500
X.	KZ NZ Z	+		+	12/20	6000

Itt jegyezzük meg, hogy a hazai vizsgálati osztályok sora illeszkedik a francia osztályokra [11]. A 15. táblázatbeli II. és III. vizsgálati osztály a 4/6,3 mm szemnagyságú francia vizsgálati osztály tartományát öleli fel, az V. vizsgálati osztály lényegében a 6,3/10 mm-es, a VIII. vizsgálati osztály lényegében a 10/14 mm-es francia vizsgálati osztálynak felel meg.

A vizsgálat eredménye — mint a bevezetésben mondtuk — az 1,6 mm alá aprózódott szemek tömegének és a próbahalmaz kezdeti tömegének hányadosa tömegszázalékban, azaz a mikro-Deval aprózódás, amelyet dobonként kell meghatározni.

Mértékadó eredmény képezhető az azonos alaphalmazból készült azonos állapotú próbahalmazon, azonos módszerrel, azonos vizsgálati osztály előírásai szerint végrehajtott vizsgálat két eredményének számtani átlagaként, ha a két vizsgálati eredmény között a különbség nem nagyobb, mint 2,0 tömeg%. Ennél nagyobb különbség esetén egy újabb vizsgálatot kell végezni, amely két újabb vizsgálati eredményt ad. Ha a négy vizsgálati eredmény legnagyobb és legkisebb értékének különbsége legfeljebb 2,6 tömeg%, akkor a négy vizsgálati eredmény számtani átlaga a mértékadó eredmény. Ellenkező esetben a négy vizsgálati eredmény számtani átlagától legjobban eltérő vizsgálati eredményt el kell hagyni, és a megmaradó három vizsgálati eredmény számtani átlaga a mértékadó eredmény, ha ezen három eredmény legnagyobb és legkisebb értékének különbsége nem nagyobb, mint 2,4 tömeg%. Ha ez a feltétel sem teljesül, akkor a három eredmény közül az elhagyott negyedikhez közelebb eső két vizsgálati eredmény számtani átlaga a mértékadó eredmény.

IRODALOM

- [1] MSZ 18291 — 78 Zúzottkő
- [2] MSZ 18293 — 79 Homok, homokos kavics és kavics
- [3] MSZ 18287/1 — 78 Építési kőanyagok szilárdság-vizsgálata próbahalmazon. Los Angeles-vizsgálat.
- [4] MSZ 18287/2 — 78 Építési kőanyagok szilárdság-vizsgálata próbahalmazon. Deval-vizsgálat.
- [5] MSZ 18287/6 — 84 J. Építési kőanyagok szilárdság-vizsgálata próbahalmazon. Mikro-Deval vizsgálat. Szabványjavaslat. Kézirat
- [6] MSZ 18288/3 — 78 Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemalak vizsgálata.
- [7] MSZ — KGST 1990 — 79 Gördülőcsapágyak golyói
- [8] ASTM C 131 — 81 Resistance to Abrasion of Small Size Coarse Aggregate by Use of the Los Angeles Machine, Test for

[9] ASTM C 535 — 81 Resistance to Abrasion of Large Size Coarse Aggregate by Use of the Los Angeles Machine, Test for

[10] NF P 18 — 577/1979 Granulats. Essai Deval

[11] NF P 18 — 572/1978 Granulats. Essai d'usure micro-Deval

[12] Tourenq, C.: L'essai micro-Deval. Bull. Liaison Labo. P. et C. 54. Aout-Sept. 1971. 69 — 76. p.

Gálos Miklós — Kausay Tibor — Kertész Pál — Marek István: Zúzottkővek mikro-Deval aprózódási vizsgálata

A mikro-Deval aprózódási vizsgálat az építési kőanyagok halmazszilárdsági vizsgálati rendszerét egészíti ki a 20 mm alatti szemnagyságok tartományában. A francia előírások alapján hazai zúzottkővek felhasználásával két kutatóhelyen összehasonlító és ismétlő alapkísérleteket végeztek, meghatározták a módszer szórásstartományát, és a vizsgálati eredmények kapcsolatát a Los Angeles aprózódással. Az eljárást a hazai viszonyokra adaptálták, és kidolgozták a vizsgálati szabványt. A zúzottkővek közetfizikai minősítéséhez megadták a mikro-Deval aprózódási követelmények határértékeit.

Галос, М. — Кашай, Т. — Кертеш, П. — Марек, И.: Испытание измельчаемости щебенки методом микро-Девала

Метод испытания измельчаемости пород методом микро-Девала дополняет систему прочностных испытаний строительных камней в интервале размера зерен менее 20 мм. В двух венгерских исследовательских организациях были проведены на основании французских инструкций — сравнительные и повторные принципиальные испытания отечественной щебенки, причем были определены границы разброса метода, а также взаимосвязь с измельчаемостью, определенной по методу Лос Анжелоса. Метод микро-Девала был адаптирован для отечественных условий, и был разработан стандартный метод. Были определены пограничные значения требований к измельчаемости по микро-Девалу для геолого-физической оценки щебенки.

Gálos, Miklós — Kausay, Tibor — Kertész, Pál — Marek, István: Zerkleinerungsprüfung des Schotter mit dem Mikro-Deval-Methode

Die Zerkleinerungsprüfung nach dem Mikro-Deval-Methode ergänzt das System der Haufenfestigkeitsprüfung in dem Korngrößenbereich unter 20 mm. Auf Grund der französischen Vorschriften wurden vergleichenden und erwiedernden Grundversuche in zwei Forschungsstellen unter Verwendung heimischer Schotter durchgeführt, das Streubereich des Methodes und die Beziehung der Ergebnisse mit dem Los Angeles-Zerkleinerung bestimmt wurde. Das Verfahren wurde auf die heimischen Bedingungen adaptiert und der Prüfstandard ausgearbeitet. Zu der gesteinhysikalischen Qualifizierung der Schotter wurden die Grenzwerte der Zerkleinerungsforderungen nach dem Mikro-Deval-Method.

The micro-Deval comminution test completes the testing system of crushed rocks used in the < 20 mm particle size range. Hungarian crushed rocks were tested in two

laboratories by the method, using the French specifications. The standard deviation of the method was calculated and the results compared with those of the Los Angeles test. After the necessary adaptations, a Hungarian Standard was developed and the limiting values given for the rock physical qualification of crushed stones.

A világ szilikátiparából

Optimista japán üvegyár

Az Asahi Glass 1984-ben 7,4%-kal több adózatlan nyereséget vár az 1983. évinél, ami viszont 14,6%-kal múlta felül az 1982-évi számot. (1982-ben 46,5 M Yen, 1984-ben 50 M Yen) (*Industrial Minerals*, 1984. 3.)

Cementgyár bővítés Szaúd-Arábiában

A Yamama Saudi Cement versenytárgyalást írt ki Riyaadhi cementgyárának bővítésére. A kulcsrakész beruházás tenderét 120 M GBP-s ajánlatával a Krupp Polysius és Bilfinger Berger Bau AG konzorcium nyerte meg.

(*Industrial Minerals*, 1984. 3.)

Új úsztatott-üveg gyártóegység Olaszországban

A Vernante Pennitalia SPA (a PPG Industries olasz leányvállalata) Salerno-i üzemét a hagyományos táblaüveg gyártásról úsztatottüveg gyártására kívánja átállítani. Az átállás az energiaköltségek csökkenését és a termelés 100 t/nap-ra való növelését jelenti. Az új egység szintelen és színezett üveget is termel majd.

(*Industrial Minerals*, 1984. 3.)

Japán újraszervezi piaci tevékenységét

1983-ban megszűnt a japán cementipar 22 termelő cégének kartellje. Most ugyanezek a cégek öt értékesítő konzorciumot hoztak létre. Ezek a következők:

- Onoda Cement Group (Onoda Cement, Nippon Steel Chemical, Toyo Soda, Mitsui Mining, Hitachi Cement),
- Nippon Cement Group (Nippon Cement, Osaka Cement, Daichi Cement, Myoiyo Cement),
- Mitsubishi Mining and Cement Group (Mitsubishi Mining and Cement, Tokuyama Soda),
- Sumitomo Cement Group (Sumitomo Cement, Denki Kagaku Kogyo, ASO Cement, Kauda Cement, Toyo Cement, Hachinohe Cement, Nittetsu Cement),
- Ube Industries group (Ube Industries, Chichibu Cement, Tsuruga Cement, Ryuku Cement),

Az új eladószervezet célja az értékesítési költségek csökkentése. Mindegyik

értékesítési csoport közel azonos hányadban részesedik a japán cementpiacból.

A 22 japán cementgyártó exportja 1983-ban 12,7 Mt-t ért el az 1982. évi 10 Mt-val szemben. Közben az export ár folyamatosan csökken és 1983-ban már csak az önköltség felét éri el, ezért egyes üzemek már nyersanyag- és energiaköltségüket sem tudják fedezni. Az állandó költségek csökkentésére növelik az exportmennyiséget. Az 1983. évi exportnennyiség a hazai igénynek kb. egyötödét teszi ki. A japán cementfogyasztás 1983-ban meghaladta a 63,5 Mt-t.

(*Industrial Minerals*, 1984. 3.)

A német cementipar tűzállóanyag fogyasztása

A Német Kerámiai Társaság XXVI. Nemzetközi Tűzállókollokviumán (Aachen, 1983. okt. 6–7) elhangzott előadásokból összefoglalható a Német Szövetségi Köztársaság cementipari tűzállóanyagainak helyzete. A tűzállóanyag felhasználás 1 t klinkerre számolva több év átlagában 0,2–1,5 kg. 1954–1970 időszakában egyik nagy cementgyártónál a tűzállóanyag fogyasztás 0,8 kg/t-ról 0,4 kg/t-ra csökkent. Ehhez nagymértékben hozzájárultak az új kemencék és előmelegítő berendezések, valamint a fűtőanyagok és égetésre kerülő anyag homogenizálása. Csökkentette a fajlagos tűzállóanyag fogyasztást a nagy hőfokon égetett dolomitkövek és a magnéziakróm-kövek használatának bevezetése. 1970 után újból 0,7 kg-ra nőtt az 1 t klinker égetésére felhasznált tűzállóanyag mennyiség. Ennek okozói a nagytérű ciklonelőmelegítők, a pötfűtőanyagokkal végzett előkalcinálás és nem utolsósorban az olaj- illetve gáztüzelésről a széntüzelésre való visszaállás.

Új tűzállóbélések elkészítésekor érdemes a kemencéresz hőtechnikai paramétereit és technológiai viszonyait gondosan tanulmányozni, mert a helyesen megválasztott bélés az esetleges javítási többletköltség ellenére az energiafelhasználás csökkenése következtében jelentős megtakarítást eredményezhet.

Az NSZK cementipara a tűzállóbélés tartósságának és az energiafelhasználás javítására a következő igényekkel lép fel a tűzállóanyaggyártókkal szemben:

- A minőség egyenletességének javítása.

- A műszaki jellemzők érthetőbb és egyértelmű közlése.
- A minimális műszaki követelmények rögzítése.
- A minőségellenőrző módszerek javítása és a gyakorlathoz közelebb álló alkalmassági vizsgálatok kidolgozása.
- Kétrétegű falazatok, ill. bélések kifejlesztése.
- Alkáliák és kén beszívargásának ellenálló tűzállóanyagminőségek kialakítása.
- Olyan megoldások kidolgozása, amelyek csökkentik a kifolyódások és torlógúrkók problémáit.
- Masszák és tűzállódombok kialakítása, amelyek elviselik a gyors fel-fűtést.

A nyugatnémet tűzállóiparra sok feladat vár, de csak állandó fejlesztéssel tudja felvenni a versenyt a többi országok tűzállóanyag gyáraival a piac megtartására.

(Zement-Kalk-Gips, 1984. 1.)

Az európaiak helyezkednek

Ezzel a címmel közölte a Financial Times Peter Bruce eszmeifuttatását az USA és Európa cementiparának kapcsolatairól és az amerikai cementipar gondjairól. A legutóbbi hat év alatt a nagy európai cementgyártók felvásárolták az USA cementgyártó kapacitásának több mint egyötödét és ezzel az amerikai cementipar 30%-ába beépültek. Három európai cementóriás a Lafarge Coppée (Franciaország), a Heidelberg Zement (NSZK) és a Holderbank (Svájc) bejutott az USA tíz legnagyobb cement termelőjének sorába. Ezekhez a cégekhez csatlakoztak az angol Blue Circle és Rugby Portland, az olasz IFI és Cementaria Robilante, a francia Ciment Français és Ciment Vicat, a svájci Cementia és a svéd Sweden-Cementa. Végül öt kanadai gyártó – egyesek európaiakkal társulva – is vásárolt az USA-ban cementgyárat. Mivel az elmúlt években Afrikában és Latin Amerikában is létesültek cementüzemek, az USA termelők értékesítési gondokkal küzdenek. 1973-ban a hazai cementfogyasztás 83,58 Mt volt, 1975-ben már csak 66,3 Mt.

A Kormányzat a szövetségi autópályák karbantartására az 1983-as költségvetési évben jóváhagyott 4 milliárd dollárral szemben 1984-ben 12,8 milliárd dollárt kíván fordítani. A Szállítási Minisztérium becslése szerint csupán a távolsági autópályák

karbantartása 500 milliárd dollárt meghaladó összeget igényelne a következő tíz évben.

A növekvő igény azonban nem jelent növekvő profitot, mert az árak alacsonyak, és a termék majdnem ráfizetéses az USA-ban. A szállítás legfeljebb 150 mérföldre (240 km) fizetődik ki. A cement tökeköltsége eléri az önköltség egyharmadát.

A cementipar helyzetét súlyosbította, hogy a kemencék 70%-a olajtűzelésű és a gyárak 64%-a az energiaigényesebb nedves gyártási eljárással termelt az olajkrízis előtt. 1982-ben már csak 4% volt az olajtűzelésű kemencék részaránya és a gyárak több mint 50%-a a száraz technológiát alkalmazta. A Kaiser Cement 300 millió dollárt költött 5 év alatt a száraz technológiára és a szénttűzelésre történő átállásra. (A cég ennek ellenére veszteséggel számolt az 1983–84 költségvetési évben.)

Az USA cementipara a Kaiser elnökhelyettesének nyilatkozata szerint példátlan visszaesést él át. 1982. volt az amerikai cementipar legrosszabb éve 20 éves időtartamon belül. Míg 1978-ban a kiszállítások érték 80,6 Mt-t, ez a mennyiség 1982-ben 62,5 Mt-t, 1983-ban 68,0 Mt-t ért csak el.

A cementgyártók más iparágakba kívánják fektetni pénzüket, pl. a General Portland a bútoriparba. Alpha and Penn Dixie megszüntette működését, az US Steel az Atlas Cement egységét még 1980-ban eladta. Az Amcord már 1977-ben érdeklődött más ipari területek iránt. Az európaiak pedig szép lassan beszívárogtak az USA cementiparába, a francia Vicat 1974-ben megvásárolta a National Cement céget és két év alatt szénttűzelésre állította át az alabamai üzemét. A Ciments Français 1976-ban amerikai fiók vállalatát a Coplay Cement beiktatásával megvette az Alpha cég Maryland-i és 1980-ban a Penn Dixie Nazareth-i gyárát.

A Heidelberger Zement 1977-ben 185 M USD-ért fölvasárolta az Uni-

versal Atlas, vállalat részvény többségét. A belga Societé General által vezetett kanadai Genstar két kaliforniai gyárat vásárolt a Flintkote cégtől 1979-ben 311 M GBP-ért, 1981-ben pedig a francia Lafarge Coppée 326 M USD összegért átvette a General Portland céget. Az olasz IFI International (Agnelli Holding vállalata) és az ugyancsak olasz UNICEM átvette az ellenőrzést Pennsylvania-i, Tennessee-i és Missouri-i cementművek felett. Ezekbe az angol Rugby cement is betársult. 1983-ban fejezte be a beruházást újonnan vásárolt amerikai üzemében két kanadai cementgyártó, a St. Mary's Michigan-ban és Wisconsin-ban, valamint a Lake Ontario Cement Michigan-ban. A Blue Circle a svájci Cementia céggel közösen átvett három modern üzemet a Martin Marietta cégtől.

1983. decemberében az ausztrál Adelaide Brighton cement 13 M USD-ért felvásárolta a Lone Star öregező Seattle üzemének 50%-át és 1984-ben elkezdte a korszerűsítési munkát. 1984. januárjában a kanadai St. Lawrence Cement 30 M USD-ért átvette a Lone Star Catskill-i (NY), nedves technológiával dolgozó üzemét.

Közben természetesen az Egyesült Államok gyártói sem tétlenek. A Lone Star pl. megvásárolta a Marquette céget 267 M USD-ért, ezzel az USA cementiparának vezető vállalkozása lett és az USA cementgyártó kapacitásának 13%-ával rendelkezik.

A cementgyártók próbálják emelni áraikat, de a nagy kínálat miatt kevés sikerrel. Így a Blue Circle, a Rugby Portland Cement és a RTZ 3%-os ár-emelésének hatására a vevők egyrésze átpártolt az olcsóbb keleteurópai szállítókhoz. Mivel az RTZ helyzeténél fogva védve van az import ellen, csak a másik két cég marad vesztes.

(Financial Times, 1984. jan. 18.
Industrial Minerals, 1984. 2.)

Üvegszál erősítésű műanyagrugók gépkocsikban

A General Motors Corp. az 1985-ben és 1987-ben piacra kerülő zárt teher szállító kocsijaihoz a kisterhelésű teherautókhoz eddig használt acél lemezrugók helyett üvegszál erősítésű műanyagrugót alkalmaz. A könnyű áru gyűjtő kocsik acélrugóinak átlagsúlya kocsként 50 kg. A GM 1983-ban közel 322 000 áru gyűjtő kocskit gyártott. Az 1987-re tervezett gépkocsik rugóinak műanyagrugókkal történő felszerelése 16 100 t acélt takarítana meg. A gépkocsigyártás rugói az első lépést jelentik az acél helyettesítésére a gép- és szerkezetgyártásban. További felhasználási területek a transzmisszió tartók, meghajtótengelyek, keresztartó tagok, amiket eddig általában acélból gyártottak. Az üvegszálak műanyag korrozóálló, könnyebb és esetenként szilárdabb az acélnál. Az 1981-ben tervezett Corvett gépkocsinál a műanyagrugók alkalmazása az acélrugókhoz képest 80% tömegmegtakarítást jelent.

(American Metal Market 1983. november 21.)

Veszélytelen azbeszthányászat

A Cemenco vállalat bejelentette, hogy fiók vállalatát, a Cementation Chemicals olyan terméket fejlesztett ki, amely megakadályozza, hogy az azbeszt kitermelése során a bányászokra veszélyes szálak és por kerüljenek a levegőbe. Ezzel az egyébként rákkeltő anyag bányászata veszélytelené válik.

(Industrial Minerals, 1984. 2.)

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

Budapest VI., Anker köz 1–3. 1368

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Siklósi Norbert

Kiadja:

Lapkiadó vállalat. Budapest VII., Lenin krt. 9–11. 1037

Telefon: 221-275. Levélcím: Postafiók 223. 1906

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkézbesítő postahivataloknál, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postautóval, valamint átutalással a KHI 215–98 162 pénzforgalmi jelzőszámára. Előfizetési díj: negyedévre 75, – Ft félévre 150, – Ft, egyes szám ára 25, – Ft.

Megjelenik havonként



84/1888 Franklin Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Mátyás Miklós Igazgató

INDEX: 25250

HU ISSN 0013–970 X

Csapadékvíz, talajnedvesség, víznyomás, üzemi víz
elleni szigetelésre

- alsó
- közbenső
- fedőréteggént (megfelelő védelemmel)

alkalmazhatóak az

AKVABIT[®] modifikált bitumenes lemezek

A hagyományos szigetelőlemezeknél, többek között

- nagyobb szakítószilárdsággal
- nagyobb hideghajlíthatósággal

rendelkeznek.

Különösen előnyösen alkalmazhatók télen végzett
szigetelési munkákhoz.

Gyártja a  Építőanyagipari Vállalat

Szaktanácsadás a KEMIKÁL marketing osztályán
1075 Budapest VII., Kazinczy u. 10.
Telefon: 221-608