

302 935



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**9**

XXXV. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1983. SZEPTEMBER  
ÉPÍTŐANYAG 35 (9) 321—360 (1983.)

# ÉPÍTŐANYAG

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

*Szerkesztőbizottság:*

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula Károly

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

XXXV. ÉVFOLYAM, 1983. 9. SZÁM, SZEPTEMBER

## TARTALOM

<i>Szatura László: Mesterséges szálanyagok azbesztcementipari alkalmazásának lehetőségei</i> .....	321
<i>Verdes Sándor: Örölhetőségi vizsgálat, őrléskinetika</i> .....	326
<i>Szabó István: Zománctrit szemcseméretének és a zománc világosságának összefüggése</i> .....	333
<i>Sebők Tibor: Egyes tényezők hatása a betonkeverékre légpórusképzésnél</i> .....	342
<i>Kausay Tibor: Építési kőanyagok kopási vizsgálata Böhme-féle módszerrel. I.</i> ....	346
Konferenciáhírek .....	332 341
Kitüntetések .....	358
CONECO '83 .....	359
Lapszemle .....	360
Pályázati felhívás .....	BIII

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сатура, Л.: Возможности применения искусственных волокнистых материалов в асбестоцементной промышленности</i> .....	321
<i>Вердеш, Ш.: Испытание размолоспособности, кинетика измельчения</i> .....	326
<i>Сабо, И.: Взаимосвязь между зерновым составом глазурного фритта и светлостью глазури</i> .....	333
<i>Шебок, Т.: Влияние отдельных факторов на воздухововлечение в бетонных смесях</i> ....	342
<i>Каушай, Т.: Испытание изнашиваемости строительных каменных материалов методом Бёма</i> .....	346

## INHALT

<i>Szatura László: Möglichkeiten der Anwendung von Ersatzfasern in der Asbestzementindustrie</i> .....	321
<i>Verdes, Sándor: Mahlbarkeitsprüfung, Mahlkinetik</i> .....	326
<i>Szabó, István: Zusammenhang zwischen der Korngrösse des Emailfrittes und der Helligkeit des Emails</i> .....	333
<i>Sebők, Tibor: Einfluss einzelner Parameter auf die Betonmischung bei der Luftporenbildung</i> .....	342
<i>Kausay, Tibor: Verschleissuntersuchung von Bausteinen mit dem Böhme-Method. I.</i> .....	346

## CONTENTS

<i>Szatura, László: Application Possibilities of Artificial Fibres in Asbestos Cement Manufacture</i> .....	321
<i>Verdes, Sándor: Determination of Grindability, Grinding Kinetics</i> .....	326
<i>Szabó, István: Connexion Between Particle Size of Enamel Frits and the Luminosity of Enamels</i> .....	333
<i>Sebők, Tibor: Factors Affecting Air Entrainment in Concrete</i> .....	342
<i>Kausay, Tibor: Wear Examination of Building Stone by the Böhme test. I.</i> ....	346



## Mesterséges szálanyagok azbesztcementipari alkalmazásának lehetőségei

SZATURA LÁSZLÓ

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Az azbesztcementiparban felhasznált természetes azbesztek mesterséges szálanyagokkal történő helyettesítése napjainkban visszatérő probléma.

Az 1970-es évek elején napvilágot látott ENSZ-statisztikák szerint a Föld azbesztkészletei az ezredfordulóra kimerülnek, ha a felhasználás üteme nem csökken. A 70-es évek végére ez a tendencia megváltozott, ugyanis kiderült, hogy elsősorban a Szovjetunióban olyan új nagy azbeszt-lelőhelyeket tártak fel, melyek üzembehelyezése miatt az azbesztkitermelés volumene világviszonylatban 1986-ig még növekedni fog [1]. Emellett meg kell jegyezni, hogy az azbesztkitermelés feltételei egyre körülményesebbek, csökken a hosszúsálú értékesebb azbesztfajták aránya, áruk pedig mint minden nyersanyagé – fokozatosan emelkedik.

Másrészt az utóbbi időben előtérbe kerültek bizonyos környezetvédelmi és munkaegészségügyi aggályok az azbesztcement termékek gyártásával kapcsolatban, ezért az azbeszt mesterséges szálanyagokkal történő helyettesítése napirnden maradt.

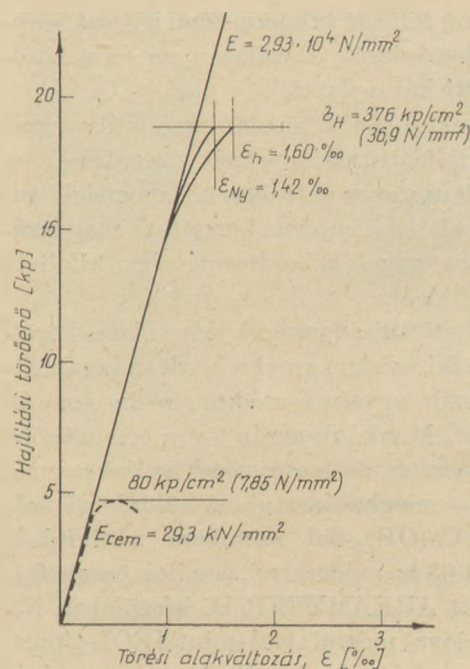
A szálhelyettesítéssel kapcsolatos kísérletek nemzetközi vonatkozásban két irányban folynak: – egyrészt az azbesztek teljes helyettesítésének irányában, ehhez megfelelő szálanyagok mellett az azbesztcementiparétól eltérő új technológiai berendezésekre van szükség, a termékek már nem azbesztcement, hanem mesterséges szál erősített cement termékek.

– másrészt az azbesztek mesterséges szálanyagokkal történő részleges helyettesítésének irányában.

Eddig végzett kutató munkánkban az utóbbi lehetőségét vizsgáltuk.

A mesterséges szálanyagok azbesztcementbe történő helyettesítésének vizsgálata előtt néhány szóval foglalkozni kell az azbeszt szál erősítési mechanizmusával.

A szakirodalomban korábban e kérdés vizsgálatának nem tulajdonítottak jelentőséget azon tapasztalat alapján, hogy az azbesztszálak a cementkő hajlítószilárdságát ténylegesen többszörösére növelik.



1. ábra. Préselt azbesztcement burkolólemez hajlítási munkagörbéje

Az 1. ábrán egy préselt azbesztcement burkoló-lemez hajlítási munkagörbéjén szaggatott vonalal berajzoltuk egy 45-ös portlandcement hajlítási vonalát. Látható, hogy a két munkavonal együtt halad a szálerősítés nélküli cementpép tönkremenetelig, azaz 7,85 N/mm<sup>2</sup>-ig, az azbesztcement viszont ezen felül is terhelhető az anyag károsodása nélkül.

A feszültség-alakváltozás viszonyok tanulmányozása során Hänsel [2] megállapította, hogy az azbesztcement cementkővel szembeni nagyobb hajlítószilárdsága — a Hooek-törvény értelmében — a nagyobb megnyúlás következtében jön létre.

Az azbesztcement hajlítási munkavonala kezdetben a cementkővel esik egybe, a feszültség növekedésével egyenes vonalú emelkedése arra utal, hogy azbesztszálak jelenlétében terheléskor a cementmatrix saját törési nyúlása felett is megnyújtható anélkül, hogy az azbesztcement bármilyen makroszkóposan felismerhető károsodása fellépne.

Az azbesztszálak mikroerősítést hoznak létre, ami a spontán repedés-terjedést a matrixban megakadályozza a rugalmassági határig. E feletti terheléskor száلكihúzóási folyamat játszódik le, amely igen rövid, majd az anyag hirtelen eltörik.

Ez a szálerősítő hatás az azbesztszálak kiváló mechanikai tulajdonságain kívül speciális szálfelületi tulajdonságainak is köszönhető.

Az azbesztek mesterséges szálasanyagokkal történő helyettesítésének lehetőségét nagy mértékben befolyásolják — egyebek mellett — a mesterséges szálak felületi tulajdonságai is, ezek alapvetően meghatározzák a szálasanyag és a kötőanyag közötti kapcsolatot.

Kutatásaink során a mesterséges szálasanyagok néhány felületi tulajdonságát vizsgáltuk meg és hasonlítottuk össze az azbesztek megfelelő tulajdonságaival, ilyen módon kerestünk magyarázatot e szálasanyagok azbesztcementben kifejtett szálerősítő hatására.

A szálfelületi tulajdonságok vizsgálata körülmenyes, a szakirodalom ezzel a kérdéssel csak ritkán foglalkozik, egységes módszer pedig nem áll rendelkezésre. Munkánk során — a cementkőbe ágyazott azbesztre és mesterséges szálakra való tekintettel — meghatároztuk a különböző szálasanyagok Ca(OH)<sub>2</sub>-dal szembeni aktivitását GOSZT 6269-63 sz. módszerrel, a szálak összes fajlagos felületét AREAMETER II. készüléken N<sub>2</sub>-gáz adszorpcióval mértük, valamint JEOL-típusú elektronmikroszkóppal vizsgáltuk az egyes szálasanyagfajták azbesztcementbe történő beágya-

zódását. Ezeken túlmenően technológiai kísérletekkel vizsgáltuk néhány Magyarországon beszerezhető mesterséges szálasanyagok az azbesztcement szilárdsági tulajdonságaira kifejtett hatását [3].

Vizsgálatainkhoz a KŐSZIG Tapoleai Gyára által gyártott bazaltgyapotot, szovjet szupervékony bazaltgyapotot, angol kerámia szálakat, valamint a Magyar Viscosagyár által előállított polipropilén szálmintákat használtuk fel. Az egyik legjellemzőbb szálfelületi tulajdonság a Ca(OH)<sub>2</sub>-dal szemben mutatott aktivitás.

1. táblázat

Azbesztek és mesterséges szálasanyagok Ca(OH)<sub>2</sub>-dal szembeni aktivitása

Szálasanyag	aktivitás mg CaO/g
P-3-60 urali azbeszt	60,50
3Z kanadai azbeszt	84,90
ML 8 kékazbeszt	123,80
Polipropilén	32,36
Tapoleai bazaltgyapot	38,16
szupervékony bazaltgyapot	49,72
kerámiaszál	95,00

Az aktivitásmérés eredménye az egyes szálasanyagoknak azt a képességét fejezi ki, hogy bizonyos idő alatt felületükön milyen mennyiségű Ca(OH)<sub>2</sub>-t adszorbeálnak telített oldatból.

Az aktivitás következteteni enged a megszilárduló cementkőben felszabaduló Ca(OH)<sub>2</sub> és egyéb hidratációs termékek szálfelületen történő adszorpciójának mértékére. A táblázat adataiból látható, hogy a természetes azbesztek lényegesen nagyobb aktivitással rendelkeznek, mint a hazai bazaltgyapot, vagy polipropilén szálak. A szovjet szupervékony bazaltgyapot és az angol kerámiaszál — feltehetően kedvezőbb kémiai összetételük következtében — nagyobb aktivitást mutatnak, mint a hazai mesterséges szálasanyagok. A szerves mesterséges szálasanyagok kémiai összetétele és várható korrozioállósága közötti összefüggésekkel korábbi munkánkban foglalkoztunk [4].

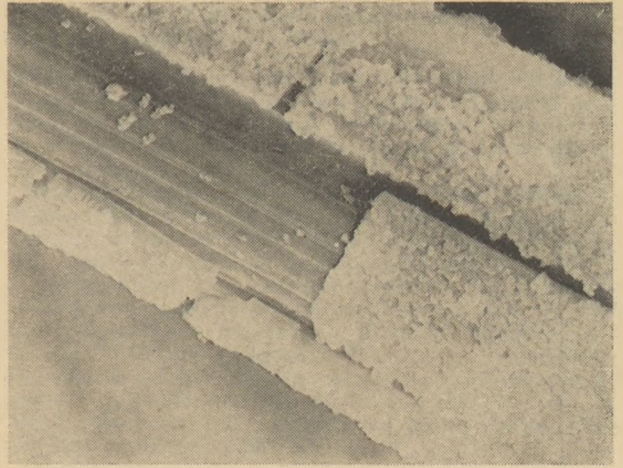
A szálasanyagok felületi tulajdonságairól alkotott képet nagyon szemléletesé teszi a fajlagos felület meghatározása.

Látható, hogy a természetes azbesztek egy-két nagyságrenddel nagyobb összes felülettel rendelkeznek, mint a vizsgált mesterséges szálak. Ez a különbség technológiai alkalmazás során tovább növekszik, ugyanis foszlatáskor az azbesztek felülete nő, a mesterséges szálasanyagok pedig nem foszlatathatók.



## Azbesztek és mesterséges szálanyagok fajlagos felülete

Szálanyag	Fajlagos felület m <sup>2</sup> /g
P - 3 - 60 urali azbeszt	16,83
P - 5 - 65 urali azbeszt	19,94
P - 5 - 50 kiembaevi azbeszt	44,45
5Z - 21 kanadai azbeszt	16,63
6D - 1 kanadai azbeszt	25,64
polipropilén	0,1
Tapolcai bazaltgyapot	0,1
szovjet bazaltgyapot	1,048
angol kerámiaszál	0,346



2. ábra. Magyar bazaltgyapotszál elektronmikroszkópi felvétele. Nagyítás: 3300×

Űgyszintén szemléletes képet nyújtanak a mesterséges szálanyagok felületi megjelenéséről, ill. cementkőbe történő beágyazódásukról e szálanyagokkal készült kísérleti anyagok töretének elektronmikroszkópi felvételei (2., 3. és 4. ábrák). A 2. ábra 30 napig mésvízben tárolt tapolcai bazaltszálát mutat, melyen látható, hogy a szálfelület teljesen sima (egyébként mindhárom szálfajta felülete sima), és az adszorbeálódott  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  megteremti a kémiai korrózió lehetőségét. A 3. ábra polipropilén tartalmú azbesztcementről készült, melyen látható, hogy a henger alakú polipropilén szálak viszonylag kis felületen érintkeznek a cementkővel, a törés mentén szabaddá vált szárfelületen a korábbi kapcsolatból visszamaradt hidratációs termékek találhatóak.



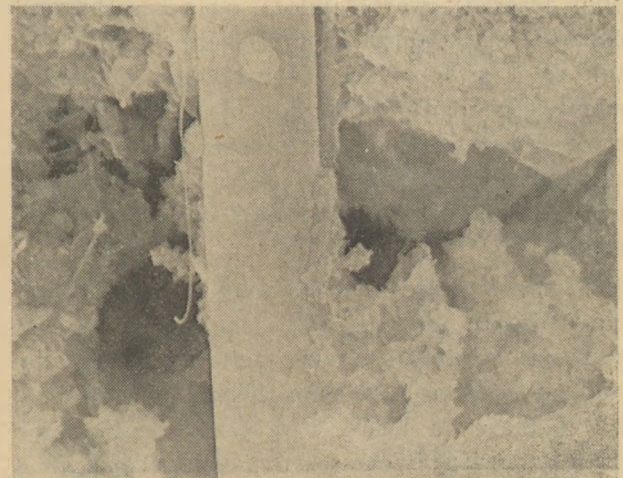
3. ábra. Polipropilén szálak elhelyezkedése azbesztcementben. Nagyítás: 440×

A 4. ábra kerámiaszál tartalmú azbesztcementről készült, a szárfelület itt lényegesen horitottabbnak látszik, mint az előző szálaknál. A szálanyag és hidratációs termékek kapcsolata azonban nem lehet erős a felület simasága miatt.

Az aktivitás, a fajlagos felület mérés, valamint a mikroszkópi vizsgálat eredményeiből nyilvánvalóvá vált, hogy az általunk vizsgált mesterséges szálanyagok szárfelületi tulajdonságokban még jelentősen elmaradnak a természetes azbesztek megfelelő tulajdonságaitól.

Az azbesztek e szálanyagokkal történő részleges helyettesítésének lehetőségét a továbbiakban technológiai vizsgálatok során mérlegeljük.

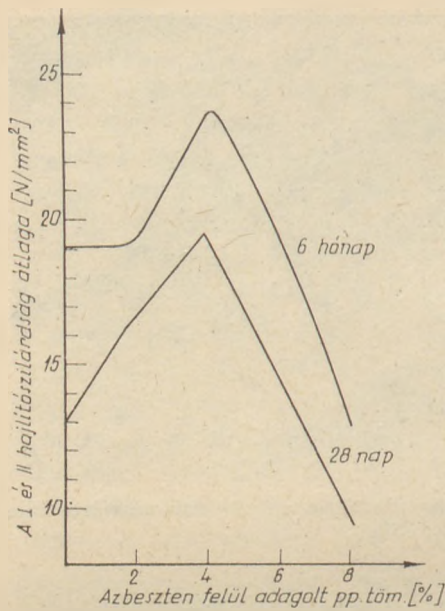
Először az azbesztkeverék mesterséges szálanyagokkal történő helyettesítésének módját vizsgáltuk. Első lépésként úgy jártunk el, hogy az azbesztkeverék 10–50 tömeg %-os mennyiségét tapolcai bazaltgyapottal, majd 1,1–6,1 térf. %-os mennyiségét polipropilén szálanyaggal helyettesítettük. A kísérleti termékek szilárdságvizsgálati eredményeit 28 nap és 6 hónapos korban az 5. ábra mutatja.



4. ábra. Kerámiaszál elhelyezkedése azbesztcementben.

Látható, hogy mind a bazaltgyapot, mind pedig a polipropilén szálak — azonos mennyiségű azbesztkeveréket helyettesítve — a kísérleti termékek folyamatos szilárdságsökkenését eredményezik.





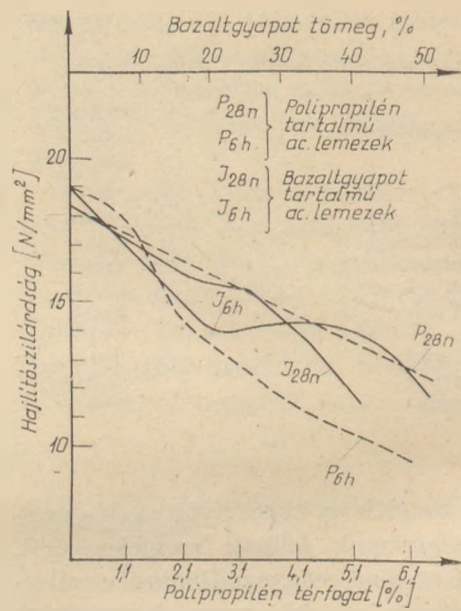
5. ábra. Bazaltgyapot és polipropilén tartalmú azbeszt-cement lemezek hajlítószilárdsága 28 napos és 6 hónapos korban

A szilárdságcsökkenés mértéke közel arányos a mesterséges száltartalom növekedésével. Ennek okát elsősorban a mesterséges szálak azbeszthez viszonyított kedvezőtlenebb szálfelületi tulajdonságaiban kereshetjük. Úgy ítéljük meg, hogy az azbeszt helyettesítésének ez a közvetlen módja nem vezet eredményre, mert a szabványos azbesztcement termékek általában nem rendelkeznek akkora szilárdsági tartalékokkal, hogy egy kb. 20–30 %-os szálhelyettesítés majdnem ilyen mértékű szilárdságcsökkentő hatását kompenzálni tudják.

Következő lépésként azt a módszert követtük, hogy kísérleti gyártásainknál az azbesztkeverék összetételét, valamint mennyiségét nem változtattuk és a polipropilén szálanyagot különböző mennyiségekben pótlólag adagoltuk. Így arra váruunk választ, hogy a mesterséges szálanyagok egyáltalán kifejtene-e valamilyen szálerősítő hatást. Vizsgálati eredményeinket a 6. ábra tartalmazza.

A 28 napos, valamint 6 hónapos minták szilárdságvizsgálata azt mutatja, hogy az egyébként szükséges azbesztkeveréken felül, pótlólag adagolt 2–5 tömeg % 10 mm hosszú polipropilén-szál hatására a kísérleti azbesztcementlemezek hajlítószilárdsága jelentősen megnövekszik. A 4 tömeg %-on felüli polipropilén adagolás hatására fellépő szilárdságcsökkenés okát abban látjuk, hogy zavarok lépnek fel az elemi réteg képződésében, sőt 8 tömeg %-on felüli mennyiség esetén a zagy kiülepedése megkezdődik.

A 6. ábrán jelentkező szilárdságnövelő hatást fontosnak tartjuk, mert lehetőséget kínál a részleges



6. ábra. Polipropilén tartalmú azbesztcement szilárdság-változása 28 napos és 6 hónapos korban

mesterséges szálhelyettesítés egy eredményes útjának megvalósítására. Azt kínálja, hogy kb. 4 tömeg % mesterséges szálanyag pótlólagos adagolása mellett az azbesztkeverék hosszúszálú azbeszt-arányát csökkentsük.

További kísérleteink során ezt a módszert követtük szupervékony bazalt, ill. kerámiaszál felhasználásával. A kísérleti azbesztkeverékek összetételét a 3. táblázat, a kísérleti termékek hajlítószilárdságát 7. ábra tartalmazza.

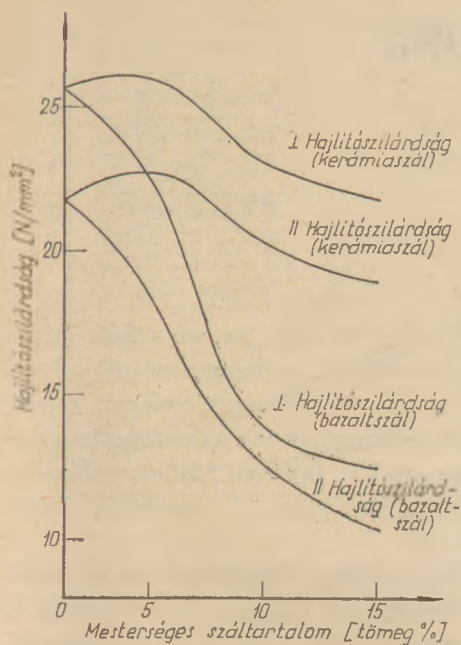
A 7. ábrán látható, hogy a kétféle mesterséges szálanyag ellentétes hatást fejt ki a kísérleti azbesztcement lemezek 28 napos szilárdságára. A kerámiaszál 5 tömeg %-os mennyiségben ugyanolyan szilárdságnövekedést okoz, mint amit polipropilén szállal a 3. ábrán tapasztaltunk. A kerámiaszál 8–10 %-on felüli adagolásánál már itt is szilárdságcsökkenés lép fel.

3. táblázat  
Kísérleti azbesztkeverékek összetétele

Etlon keverék		Mesterséges szálak adagolása esetén	
P-4-20	20 tömeg %	P-4-20	10 tömeg %
P-5-65	60 tömeg %	P-5-65	60 tömeg %
P-6-45	20 tömeg %	P-6-45	30 tömeg %

A szupervékony bazaltszál – bár szálfelületi tulajdonságai kedvezőbbek, mint a hazai bazaltgyapoté – még pótlólag adagolva is egyértelmű szilárdságcsökkenést okoz. Ezt a negatív hatást azzal magyarázzuk, hogy a bazaltszálak már kis mennyiségben is megzavarják az azbesztcement elemi réteg képződését, másrészt pedig feltételezzük, hogy az igen kis átmérőjű (2–3 μm) bazalt-





7. ábra. A szupernékony bazaltszál és a kerámiaszál hatása az azbesztcement lemez szilárdságára 28 napos korban.

szálak szakítószilárdsága jelentősen elmarad más mesterséges szálanyagok szakítószilárdságától.

Eddigi kísérleti eredményeink alapján a bazaltgyapot jellegű mesterséges szálanyagokat nem tartjuk alkalmasnak az azbesztek azbesztcementen belüli részleges helyettesítésére.

A kerámiaszál és a szerves polipropilén szálanyag az egyébként szükséges azbesztmennyiség felül 4–5 tömeg %-ban adagolva a kísérleti azbesztcement mindkét szálirányban mért hajlításierőjét megnövelte. Ez a hatás lehetővé teszi az azbesztkeverék hosszúszálú azbesztarányának kb. 10%-os csökkentését. Ez az arány termékfajtánként változhat, melyet szükség esetén üzemi szintű kísérleti gyártások alkalmával pontosítani kell.

Az azbesztek általunk vizsgált mesterséges szálanyagokkal történő helyettesítésére az eddig elért eredmények nem jelentenek alapvető megoldást. Ha a polipropilén, vagy kerámiaszálak üzemi gyártáshoz megfelelő mennyiségben rendelkezésre is állnának, az elérhető azbesztkarítás csak szerény eredménynek számítana. Az azbesztcementiparban elterjedt – merítési elvre alapuló – technológiákkal azbeszt nélküli, mesterséges szálerősítő termékek jelenlegi ismereteink szerint nem állíthatók elő.

#### IRODALOM

- [1] *Asbestos*, 1978, december. p: 10.
- [2] Hänsel, P., Golsch, R.: *Baustoffindustrie*, 24 (1981), 2. sz. p: 58–61.
- [3] 1–86. sz. Zárójelentés, SZIKKTI, 1982. nov. 10.
- [4] Opoczky, L., Mechlerné, A., Szatura, L.: *Építőanyag*, 24 (1972) p: 121–127.

#### Szatura László: Mesterséges szálanyagok azbesztcementipari alkalmazásának lehetőségei

Az azbesztcementipar által felhasznált azbesztek mesterséges szálanyagokkal (bazaltgyapot, kerámiaszál, polipropilén) történő részleges helyettesítésének vizsgálatára laboratóriumi és félüzemi körülmények között végeztünk kísérleteket.

Megállapítottuk, hogy az üveges állapotú bazaltszálak részben szálfelületi tulajdonságaik, részben pedig technológiai zavaró hatásuk következtében jelenlegi minőségükben nem alkalmasak azbesztkarítás elérésére. A polipropilén, valamint kerámiaszálak – egyébként változatlan mennyiségű azbesztkeveréken felül – 4–5 tömegszázalékban adagolva a kísérleti azbesztcement lemezek jelentős szilárdságnövekedését eredményezik. Ez a hatás lehetővé teszi az azbesztkeverék hosszúszálú azbesztarányának kb. 10%-os csökkentését. Ez az eredmény nem jelenti az azbeszthelyettesítés alapvető problémájának megoldását.

#### Сатура, Л.: Возможности применения искусственных волокнистых материалов в асбестоцементной промышленности

Были проведены лабораторные и полужаводские эксперименты по частичной замене асбестов в асбестоцементных продуктах искусственными волокнистыми (базальтовая вата, керамическое волокно, полипропиленовое волокно) материалами. Было установлено, что базальтовые волокна в связи с их поверхностными свойствами, а также технологическими проблемами, возникающими при их применении, непригодны для замены асбеста. Добавка 4–5 масс.процентов полипропиленовых или же керамических волокон — в случае неизменного количества асбеста в асбестовой смеси — привела к значительному повышению прочности асбестоцементных плиток, изготовленных в полужаводских условиях. Это положительное влияние открывает возможность для экономии примерно 10% длиноволокнистого асбеста.

Изложенные результаты не означают решение проблемы замены асбеста искусственными волокнистыми материалами.

#### Szatura, László: Möglichkeiten der Anwendung von Ersatzfasern in der Asbestzementindustrie

Für die Untersuchung des proportionalen Ersatzes von natürlichen Asbesten durch Kunstfaser (Basaltfaser, keramische Faser, Polypropylenfaser) wurden Versuche unter Labor-, und halbtechnischen Bedingungen durchgeführt.

Es wurde festgestellt, dass die glasigen Basaltfaser wegen ihren Oberflächeneigenschaften, und ihrem technologischen Störungseffekt in der gegenwärtigen Qualität für das Erreichen irgendeiner Asbestersparung nicht geeignet sind. Das Polypropylen und die keramische Faser ergeben eine bedeutende Festigkeitszunahme der Versuchsplatte in 4–5 Mass.% Überschuss der übrigen nötigen Asbestmenge. Dieser Effekt ermöglicht die Verminderung des Langfaseranteiles der Asbestmischung ungef. um 10%. Dieser Ergebnis bedeutet nicht die Lösung des Problems des Asbestersatzes.

#### Szatura, László: Application Possibilities of Artificial Fibres in Asbestos Cement Manufacture

Laboratory and pilot-plant examinations were done on the possible replacement of asbestos by artificial fibres (basalt wool, ceramic fibres, polypropylene). Vitreous basalt fibres cannot be used for replacement partly because of their surface properties and partly due to their technological interference. Polypropylene and ceramic fibres on the other hand — when added in 4–5 wt.% over normal asbestos mixtures of unchanged composition — increase the strength of asbestos cement sheets considerably, enabling an approx. 10% reduction of long-fibre asbestos. This however does not mean the solution of the basic problems of asbestos replacement.



# Örölhetőségi vizsgálat, őrléskinetika

VERDES SÁNDOR

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## 1. Bevezetés

Az őrlés közismerten nagy energia szükségletéből és a nagy őrlési mennyiségekből következik, hogy már néhány százalékos fajlagos energia-felhasználás csökkentés jelentős energiamegtakarítást eredményez. Az őrlőrendszerek, őrlőberendezések energetikai értékelésénél nem elhanyagolható paraméter az őrlésre kerülő anyag örölhetősége, őrléssel szembeni viselkedése, de ugyancsak nem hanyagolható el a technológiai értékelésnél sem, akárcsak a berendezések üzemeltetésénél.

Az üzemekben általában nem végeznek örölhetőségi vizsgálatot. Ennek oka lehet az is, hogy nem alakult ki egységesen elfogadott módszer, továbbá az is, hogy a szakirodalomból ismert módszerek legtöbbje speciális berendezést igényel. Feltételezhető, hogy egy gyors, különösebb felkészülést és beruházást nem igénylő módszer rendszeres alkalmazására már több üzem laboratóriuma vállalkozna. Ilyen módszer rövid ismeretetésére kerül sor, amely szakaszos üzemű laboratóriumi golyósmalommal végzett őrlési kísérletek kinetikai értékelésén alapszik. Ezt megelőzően kitérünk a Zeisel-módszerrel kapott adatok matematikai értékelésére.

## 2. Örölhetőség, örölhetőségi vizsgálatok

Az *örölhetőség* fogalma a szó elemzéséből adódik, a gyakorlati megfeleltetése sokkal bonyolultabb. Az anyagok „örölhetősége”, mint anyag-jellemző kvalitatív és kvantitatív sorrend felállítását tenné lehetővé, melyből következtetni lehetne, hogy azonos feltételek mellett az őrlés mit eredményez. Ilyen anyag-jellemző definiálása eddig még nem sikerült. Helyette *örölhetőségi mérőszámokat* alkalmaznak.

Az örölhetőségi mérőszámnak azt kell megmutatni, hogy egységnyi energia-ráfordítással milyen eredmény érhető el [1]. Két kérdés merül fel rögtön, az energia-ráfordítás módjának és az aprítás eredményének a kérdése. Milyen módon, milyen berendezéssel közöljük az aprításhoz

szükséges energiát, és ezt az energiát mivel közöljük (egy szemcsével, több szemcsével, milyen szemcsékkel, „előkészített” szemcsékkel, stb.)? Illetve az aprítás eredményének jellemzése hogyan történik (szitamaradék, fajlagos felület, valamely szemcseméret-eloszlási jellemző, mechanokémiai tulajdonságok, stb.)?

Az ismert örölhetőségi vizsgálatok az említett két kérdésre valamilyen választ adva rögzítik a vizsgálatban szereplő berendezést és a jellemzés módját. Az ipari gyakorlatban három eljárás terjedt el [1], a Hardgrove, a Bond és a Zeisel féle. Ezek ismertetése itt nem szükséges, csupán arra érdemes rámutatni, hogy mindhárom módszer külön arra a célra kialakított berendezést igényel, a Hardgrove és a Zeisel módszer a nyílt folyamatú, a Bond módszer a körfolyamatos őrlést igyekszik modellezni.

## 3. A Zeisel-féle örölhetőségi vizsgálat mérési eredményeinek matematikai értékelése

A Zeisel-féle vizsgálat [2] a különböző fajlagos energiafelhasználáshoz ( $E$ , kWh/t) tartozó Blaine-szerinti fajlagos felület ( $S$ ,  $m^2/g$ ) értékeket adja meg, azaz az  $E = f(S)$  függvény néhány összetartozó  $E-S$  értékpárját.

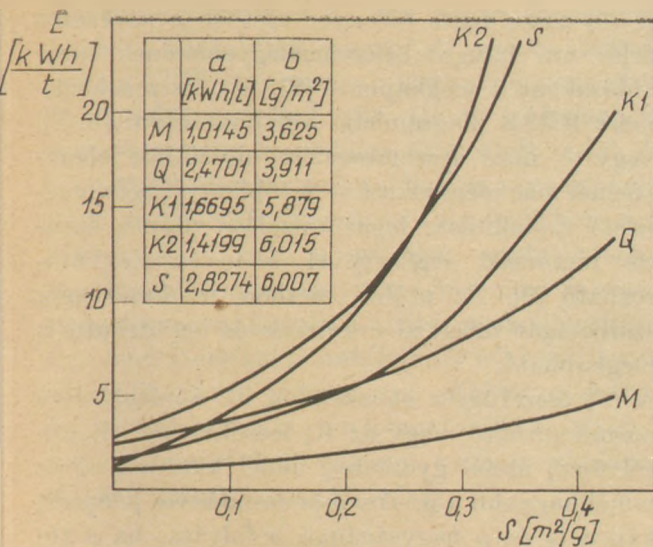
Célszerű a mérési adatokra valamilyen függvényt illeszteni. Például azért, hogy az örölhetőséget – mint a Hardgrove és a Bond módszer esetében – egyetlen mérőszámmal lehessen jellemezni. Ugyanakkor az  $E = f(S)$  függvény ismeretében tetszőleges fajlagos felület értékhez számítható a fajlagos energiafogyasztás.

A Zeisel közleményében [2] ismertetett, továbbá a SZIKKTI-ben végzett vizsgálatok adataira jól illeszthető az

$$E = a e^{b S} \quad (1)$$

összefüggés, az illeszkedés szorosságát jellemző  $r$  korrelációs együttható a legtöbb esetben nagyobb volt 99% (0,99)-nál [3–5]. A képletben  $a$  és  $b$  konstans, mértékegységük kWh/t ill.  $g/m^2$ . Az 1. ábrán néhány anyag  $E = f(S)$  függvényének diagramja látható.





1. ábra: Az  $E = a e^{bs}$  függvény grafikonja néhány anyagra (M - mész; Q - kvare; K1, K2 - klinker; S - salak)

Az (1) összefüggés

$$E = a(e^{bs})^b \quad (2)$$

átalakításával, illetve a derivált képzése után, azaz a

$$\frac{dE}{dS} = abe^{bs}, \quad (3)$$

vagy

$$\frac{dE}{E} = bdS \quad (4)$$

összefüggések alapján bizonyos fajta fizikai magyarázatot lehet adni az (1) képletben szereplő két állandónak ( $a$  és  $b$ ), valamint arra, hogy azok nagysága mennyire jellemzi az örölhetőséget. Megállapítható, hogy az  $a$  konstans egy kezdeti ( $E_0$ ) fajlagos energiafogyasztásnak tekinthető, s minél kisebb az értéke, annál könnyebben őrlődik az anyag. A  $b$  értéke a folyamat változását, a görbe lefutását jellemzi, amint ez a (4) összefüggésből és az 1. ábrából is látszik. A két konstans  $ab$  szorzata szintén felhasználható az örölhetőség egyetlen mérőszámmal való jellemzésére. Ez látható a (3) összefüggésből, valamint az  $ab$  mértékegységéből is ( $\text{kWh/m}^2$ ). Minél kisebb az  $ab$  szorzat értéke, annál jobban őrlhető az anyag. E megállapítás alátámasztására meghatároztam a Zeisel közleményében [2] szereplő mintegy 25 anyag vizsgálati eredményeire az (1) összefüggés állandóit, illetve az összefüggés segítségével az  $S = 0,15$ ;  $S = 0,25$  és  $S = 0,40$   $\text{m}^2/\text{g}$  értékhez tartozó fajlagos energiafogyasztásokat (1. táblázat). A táblázatban szintén megtalálhatók a  $Z$ -vel jelölt,

$$Z = ab \text{ [kWh/m}^2\text{]} \quad (5)$$

1. táblázat

Zeisel-féle örölhetőségi vizsgálatok adatai

Anyag	$E = ae^{bs}$			$Z = ab$ [ $\times 10^{-6} \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ ]	$E_s$ (kWh/Mg)		
	$r[\%]$	$b$ [ $\frac{\text{g}}{\text{m}^2}$ ]	$a$ [kWh/Mg]		$S = 0,15$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{g}}$ ]	$S = 0,25$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{g}}$ ]	$S = 0,40$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{g}}$ ]
Klinker Ell.	99,87	5,335	4,1932	22,370	9,33	15,91	35,42
Klinker S.	99,58	5,710	3,2331	18,461	7,61	13,48	31,74
Klinker Ell.	99,70	5,640	2,9769	16,790	6,94	12,19	28,42
Klinker W.	99,50	5,301	3,1151	16,514	6,90	11,72	25,97
Klinker Bd.	99,27	5,969	2,2012	13,140	5,39	9,29	23,97
Klinker O.	99,45	5,807	2,9419	17,083	7,03	12,56	30,02
Salak TSZ	99,56	4,956	4,8081	23,831	10,11	16,60	34,91
Salak M	98,36	6,165	2,6486	16,328	6,68	12,37	31,18
	99,99	3,098	4,8990	15,180	7,80	10,62	16,91
Kvare	99,96	3,146	4,6782	14,709	7,50	10,27	16,46
Barit	99,93	5,799	0,6993	4,055	1,67	1,91	7,11
Földpát	99,41	4,013	1,4526	5,829	2,65	3,96	7,23
Mészke K.	99,99	3,960	4,7969	18,998	8,69	12,91	23,39
Mészke Bdd.	99,99	2,601	4,1264	10,732	6,09	7,91	11,68
Márvány	99,99	2,592	2,5785	6,682	3,80	4,93	7,27
Mészke L.	99,97	2,082	1,9137	3,984	2,62	3,22	4,40
Mészke Bdh.	99,91	2,053	0,8481	1,741	1,15	1,42	1,93
Mészke B.	99,97	1,980	1,5023	2,975	2,02	2,46	3,32
Kocsz E.	99,98	2,147	2,350	5,046	3,24	4,02	5,55
Kocsz G.	99,94	1,269	2,2636	2,873	2,74	3,11	3,76
Köszén H.	99,99	2,988	1,4287	4,270	2,24	3,20	4,72
Köszén A.	99,97	2,927	0,8007	2,343	1,24	1,66	2,58

$$1 \frac{\text{kWh}}{\text{Mg}} = 3,6 \frac{\text{J}}{\text{g}}$$

örölhetőségi mutatók. Az  $E_s$  értékek Z-től való függésére lineáris kapcsolatot feltételezve az alábbi eredmények adódtak:

$$\begin{aligned} E_{0,15} &= 0,85 + 0,39Z, & r &= 97,97\% \\ E_{0,25} &= 0,47 + 0,69Z, & r &= 99,71\% \\ E_{0,40} &= 1,87 + 1,62Z, & r &= 96,17\% \end{aligned}$$

A legszorosabb a kapcsolat az  $E_{0,25}$  esetben – ami különben a cementipari gyakorlat szempontjából érdekes –, a másik két esetben a szorosságot jellemző korrelációs együttható kisebbre adódott. Az eltérés oka abban kereshető, hogy az alacsonyabb Blaine-értékek tartományában ( $E_{0,15}$ ) a fajlagos felület és az energiafelvétel mérése pontatlanabb a későbbiekhez képest. A nagyobb Blaine-értékek felé haladva (pl.  $E_{0,40}$ ) a fellépő aggregáció és agglomeráció okoz eltérést.

Megállapítható, hogy a Zeisel-féle vizsgálat adatainak matematikai értékelése lehetővé teszi az örölhetőség egyetlen mérőszámmal való jellemzését [(5) képlet], de az (1) összefüggés segítségével a folyamat változása is jellemezhető. Ez egyben e módszer előnye a többivel szemben, hogy az őrlési folyamat egy részét változásával is jellemzi. Figyelembe véve azt, hogy az energiafelhasználás kapcsolódik az időhöz (több esetben egyenesen arányos az idővel), ez az értékelés valamelyest felfogható kinetikai jellemzőként. Végül még egy megjegyzés, a fenti értékelés akkor is elvégezhető, ha nem a Zeisel által speciálisan kialakított készülékkel, hanem tetszőleges malommal végzett kísérletek alapján kapjuk meg az  $E = f(S)$  függvénykapcsolat néhány pontpárját.

#### 4. Őrléskinetikai vizsgálatok az örölhetőség jellemzésére

##### 4.1. Az RRSB összefüggés időbeli alkalmazása

Az őrlés során lejátszódó folyamatok egyszerű jellemzésének egyik módja az adott  $x$  mérethez tartozó  $R$  maradék-százalék idő-függésének matematikai leírása. Az  $R(x, t) = R_{x=411}(t)$  függvény jól közelíthető a RRSB összefüggéssel úgy, hogy az eredeti képletben az  $x$  változó helyett a  $t$  őrlési idő kerül, azaz

$$R_x(t) = R_x(0)e^{-\left(\frac{t}{t_0}\right)^p}, \quad (6)$$

ahol  $R_x(0)$  a  $t = 0$  időpontban az  $x$  mérethez tartozó maradékszázalékot jelenti,  $p$  és  $t_0$  állandók [6, 7]. A  $t_0$  jelenti azt az időt, amikor  $R_x(t)/R_x(0) = e^{-1} = 0,368$ .

A (6) összefüggés bizonyos esetben a szakaszos őrlés ún. integro-differenciálegyenletének megoldásaként is megkapható [8]. A  $t_0$  és  $p$  a közismert RRSB diagramháló alkalmazásával [6, 7], vagy – mint a szemcseméret-eloszlások jellemzésénél már megszokott – a (6) összefüggés megfelelő átalakítása, logaritmizálása után a lineáris regresszió segítségével könnyen meghatározható [9]. Ez utóbbi esetben az összefüggés szorosságát jellemző  $r$  korrelációs együttható is megkapható.

A (6) összefüggés elemzéséből ill. ábrázolásából megállapítható, hogy az  $R_x$  lecsökkenése ( $R_x(0)$ -ról 0-ra) annál gyorsabb, minél kisebb a  $t_0$  és minél nagyobb a  $p$ . További szemléletes jelentést kap a  $t_0$  és  $p$  nagyságának befolyása, ha a (6) idő-szerinti differenciálhányadosát képezzük. Eszerint a maradék-százalék időbeli változásának sebessége a

$$\frac{dR_x}{dt} = -R_x(t) \cdot t^{p-1} \cdot \frac{p}{t_0^p} \quad (7)$$

függvénykapcsolattal jellemezhető.

Legyen

$$w_0 = \frac{p}{t_0^p} \quad (8)$$

egy sebességi állandó, jelentése szemléletesebbé válik a (7) átrendezésével, azaz

$$-\frac{dR_x}{dt} \cdot \frac{1}{R_x(t)} = w_0 t^{p-1} \quad (9)$$

vagyis az relatív őrlési sebesség (a (9) egyenlet baloldala) arányos a  $w_0$ -val, és  $p$  értékétől függően változik az időben. Mégpedig, ha  $p$  kisebb 1-nél, csökken, ha nagyobb egynél, növekszik, ha egyenlő eggyel, akkor az időtől függetlenül állandó.

Korábban [6] történt utalás arra, hogy a  $t_0$  kisebb értéke jobb örölhetőséget jelez, illetve arra, hogy a másik két jellemzővel ( $p$ ,  $w_0$ ) együtt a  $t_0$  felhasználható az örölhetőség jellemzésére [3, 5]. Azt azonban hangsúlyozni kell, hogy összehasonlításra csak akkor van lehetőség, ha azonos őrlési paraméterekkel kapott kísérleti adatok képezik az értékelés alapját. Ezt támasztja alá egy korábbi dolgozat [7] két ábrája (2. és 3. ábra), amelyeken az összehasonlítás alapját a különböző mérethez tartozó  $t_0$  idők képezik. Minél kisebb a  $t_0$  idő, annál jobb az anyag örölhetősége. A 2. ábra esetében mészkővel végzett kísérletek eredményei láthatók, minden őrlési paraméter állandó volt, kivéve a malomban lévő őrlőtest-



összetétel jellegét. A 3. ábra három anyag őrlhetőségi mutatóját szemlélteti azonos méretű golyókból álló töltettel (a), illetve azonos felületű (három-féle golyóból álló töltet, a különböző méretű golyók összfelülete azonos) töltettel (b) végzett kísérletek alapján. Mindkét ábra igazolja, hogy az őrlhetőségi sorrend függ az őrlési paraméterektől. Tehát e módszer eredményeinek összehasonlíthatóságához szintén fontos követelmény az azonos kísérleti körülmények biztosítása.

A fenti kinetikai mutatók tehát felhasználhatók az őrlhetőség jellemzésére. Ehhez szakaszos üzemi laboratóriumi malommal különböző ideig tartó őrléseket kell végezni, amelyre általában minden üzemben van lehetőség.

## 4.2. Az őrlés kinetikai jellemzésen alapuló őrlhetőségi vizsgálat

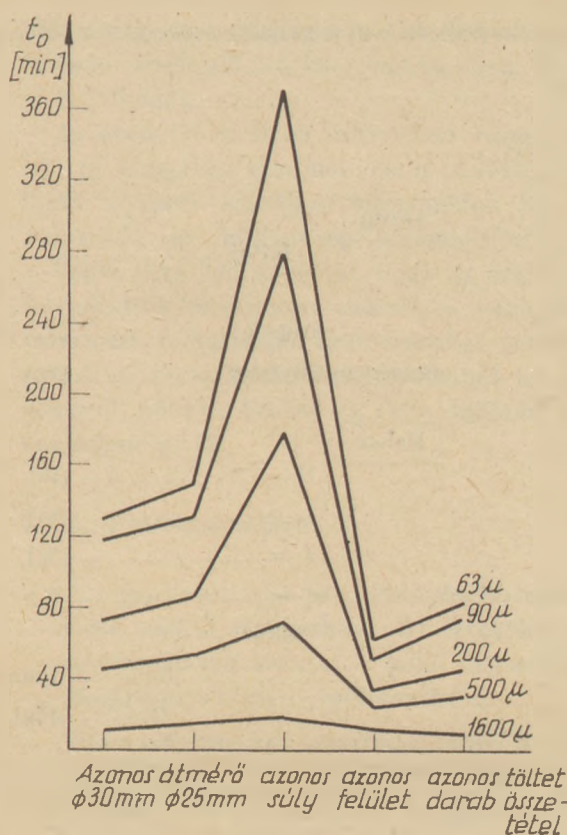
### 4.2.1. A vizsgálatok előkészítése

- Malom kiválasztás, adatok rögzítése (pl. laboratóriumi golyósmalom, átmérője, hossza, térfogata, fordulatszám).
- Őrlőtestek előkészítése:
  - a töltet-összetétel kiválasztása;
  - a megfelelő töltet-töltési-fok megválasztása, az annak megfelelő golyó mennyiség bemérése;
- Őrlendő anyag:
  - szemcseméret, mérethatárok megválasztása;
  - anyagmennyiség bemérése (a kiválasztott  $\varphi$  a anyag-töltési-foknak és a halmazsűrűségnek megfelelő mennyiség).

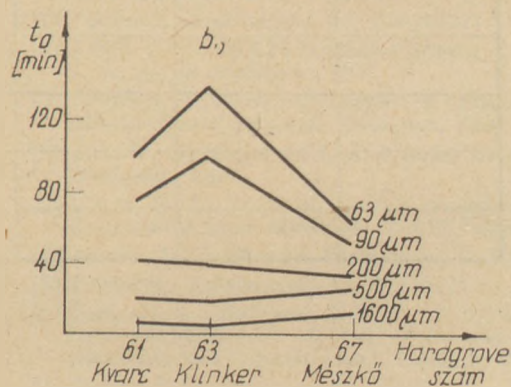
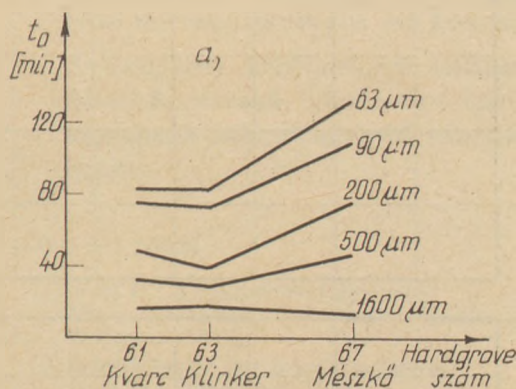
Ezek megválasztása vagy önkényesen, pl. korábbi kísérleti tapasztalatok alapján, vagy a nagyüzemi malom paramétereire igazodva történhet. Ez utóbbi esetben jól alkalmazhatók a dimenzióanalízist alkalmazó összefüggések, diagramok [10].

### 4.2.2. Egy kísérlet lefolytatása

- A vizsgálandó anyag(ok) előkészítése, jellemzése:
  - sűrűség, halmazsűrűség;
  - szemcseméret-eloszlás (vagy pl. frakció).
- Őrlés  $t_1, t_2, \dots$  időkig.
- Minden őrlés után mintavétel.
- A mintákra
  - szítálás ( $x_1, x_2, \dots$  nyílású szítákon);
  - fajlagosfelület meghatározás.



2. ábra: A töltet-összetétel befolyása a  $t_0$  alakulására



3. ábra: Az őrlhetőségi sorrend változása a töltet-összetétel függvényében

(a) azonos méretű golyókból álló töltet  
 (b) azonos felületű töltet





### 4.2.3. A kísérleti adatok értékelése

A fenti vizsgálati tervnek megfelelően az értékeléshez rendelkezésre állnak minden  $t$  ( $t_1, t_2, \dots$ ) időpontban az  $x_1, x_2, \dots$  méretekhez tartozó  $R_{x1}, R_{x2}, \dots$  maradék-százalékok.

Az értékeléshez tartozik a  $t_0, p$  és  $w_0$  értékek meghatározása minden szemcseméretre. A maradékszázalékok lehetővé teszik a szemcseméret-eloszlások jellemzését is az RRSB összefüggéssel ( $x_0$  jellemző szemcseméret,  $n$  egyenletességi meghatározás) minden őrlési időhöz tartozó mintára.

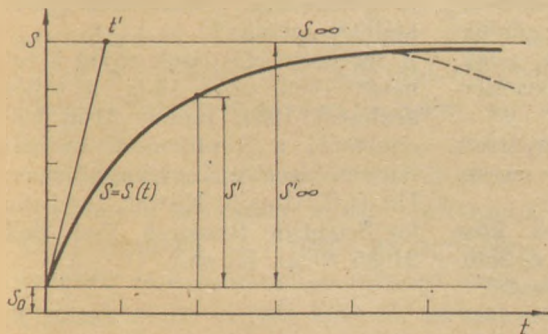
A 2. táblázat vizsgálati és értékelő lapot szemléltet. Az üzemi szempontok, üzemeltetési igények és tapasztalatok alapján lehet dönteni, hogy mit célszerű őrlhetőségi mutatóként alkalmazni. Különböző anyagok összehasonlítására alkalmas pl. a 200 vagy 90  $\mu\text{m}$ -hoz tartozó  $t_0$  érték. Ha a folyamat lefolyásán van a hangsúly, célszerű a  $w_0$ -t is bevonni az értékelésbe. A malomdiagram értékelésénél esetenként szerepel az aprítási fok, amely a malomban lévő anyag őrlhetőségétől is függ. Ilyen jellegű őrlhetőségi információt szolgáltat a különböző őrlési időkhöz tartozó  $x_0$ -ak, vagy a fajlagos felület értékek hányadosa [9, 11].

Sok esetben az őrlés jellemzésére a fajlagos felületet használják. Ilyen esetben őrlhetőségi mutatóként alkalmazhatók a fajlagos felület időbeli változását leíró  $S = S(t)$  függvény állandói. Egy ilyen lehetséges matematikai leírási mód a mérési eredményekre az

$$S = S_0 + S'_\infty (1 - e^{-kt}) \quad (10)$$

összefüggés illesztése, amelyben  $S_0, S'_\infty$  és  $k$  állandó,  $S'_\infty$  jelöli az elérhető fajlagos felület ( $S'_\infty$ )  $S_0$  kezdeti értékkel csökkentett nagyságát (4. ábra). Az  $S_0, S'_\infty, k$  meghatározása többféleképpen is történhet [5]. Őrlhetőségi mutató lehet a

$$t' = \frac{1}{k} \quad (11)$$



4. ábra: A fajlagos felület változása az őrlési idő függvényében

idő, amely alatt a fajlagos felület eléri a  $t = \infty$ -hez tartozó érték 63,2%-át (pontosabban  $S - S_0 = S'_\infty \cdot 0,632$ ).

Az üzemekben és az Intézetben végzett kísérleti és vizsgálati eredmények igazolták, hogy a fenti egyszerű kinetikai leírasmódok jól alkalmazhatók az őrlhetőség jellemzésére [5, 12].

Végül meg kell említeni, hogy az őrlés időbeli folyamatait részletesen elemző, a valószínűség-számítást felhasználó őrléskinetikai modell tényezői részletes információt nyújtanak az őrlhetőségről, többek között az őrlés különböző szakaszaiban is [13].

### 4.2.4. A módszer előnyei

- A vizsgálatok gyorsan, különösebb előkészületek nélkül elvégezhető. Az értékelés gyors. A vizsgálatok száma – kellő tapasztalat és megfigyelés után – csökkenthető.
- Több információt tartalmaz, mint az ismert módszerek. Az információk száma, jellege választható, sok esetben kiegészítő vizsgálatokkal kapcsolva más üzemi feladathoz csatlakozva is megkaphatók.
- Vizsgálhatók a különböző anyagok keverékei, vagy egy adott anyag (pl. klinker) különböző mérettartományba eső frakciói.
- A vizsgálati körülmények választhatók az adott feladatnak megfelelően (pl. a malom különböző kamráiban levő töltetnek megfelelően).

### IRODALOM

- [1] Beke B.: A finomőrlés folyamata, BME Továbbképző Intézete előadásorozat 4969, Budapest, 1975.
- [2] Schriftenreihe der Zementindustrie, Heft 14., Düsseldorf, 1953.
- [3] Verdes S.: Építőanyag, 30, 475 (1978)
- [4] Verdes S.: SZIKKTI Kutatási jelentés, T. sz. 2–58. Budapest, 1978
- [5] Verdes S.: Őrlhetőségvizsgálat és őrléskinetika, Alkotó ifjúság dolgozat, Budapest, 1980
- [6] Beke B.: Aprításelmélet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1963.
- [7] Verdes S.: Az őrlési folyamatok vizsgálata, Egyetemi doktori értekezés, (NME), Miskolc, 1975.
- [8] Austin, L. G.: Powder Technology, 5, 1 (1971/72)
- [9] Verdes S.: Építőanyag, 33, 29 (1981)
- [10] Rose, J. E.; Sullivan, R.M.F.: A Treatise on the Internal Mechanics of Ball, Tube and Rod Mills, Constable and Company Ltd., London, 1957.
- [11] Verdes, S.: Interceram, 31, 112 (1982)
- [12] Verdes, S.: SZIKKTI Kutatási jelentés, T. sz. 2–83/C. Budapest, 1982.
- [13] Verdes S.: Golyósmalmi őrlés kinetikai modellje, Kandidátusi értekezés, Budapest 1982.

a	– állandó (kWh/t)
b	– állandó (g/m <sup>2</sup> )
D	– malomátmérő (m)
d	– golyó átmérő (m)
E	– fajlagos energiafogyasztás (kWh/t)
J	– töltésifok (%)
n	– egyenletességi tényező (–)
p	– kitevő (–)
r	– korelációs együttható (–, vagy %)
R	– maradék-százalék (%)
RRSB	– Rosin – Rammmler – Sperling – Bennett féle összefüggés
S	– fajlagos felület (m <sup>2</sup> /g)
t	– idő (s, min)
t <sub>0</sub>	– jellemző idő (s, min)
x	– méret (mm, μm)
x <sub>0</sub>	– jellemző szemcseméret (mm, μm)
w <sub>0</sub>	– sebességi állandó (–)
Z	– őrlhetőségi mutató (kWh/m <sup>2</sup> ) (Z = ab)
φ <sub>a</sub>	– anyag-töltésifok (%)

*Verdes Sándor: Órlhetőségi vizsgálat, őrléskinetika*

Az őrlendő anyag(ok) őrlhetősége, őrléssel szembeni viselkedése fontos paraméter az őrlőberendezések energetikai értékelésénél; ugyanakkor nem hanyagolható el a technológiai értékelésnél, éppúgy, mint a berendezések üzemeltetésénél sem. A Zeisel-féle őrlhetőségi vizsgálat adatainak matematikai értékelése közvetve kinetikai jellegű. A szakaszos üzemű (laboratóriumi) malommal végzett kísérletek kinetikai értékelése lehetővé teszi őrlhetőségi mutatók definiálását, amelyek egyúttal tetszőleges üzemekben is meghatározhatók.

*Вердеш, Ш.: Испытание размолоспособности, кинетика измельчения*

Размолоспособность измельчаемого материала является очень важным параметром при энергетической оценке помольного оборудования, а также с точки зрения эксплуатации оборудования. Математическая оценка данных испытания размолоспособности методом Цейзеля косвенно имеет кинетический характер. Кинетическая оценка экспериментов, проведенных в лабораторной шаровой мельнице периодического действия делает возможным дефинирование показателей размолоспособности, которые одновременно могут быть также и определены для того или иного предприятия производства цемента.

*Verdes, Sándor: Mahlbarkeitsprüfung, Mahlkinetik*

Die Mahlbarkeit, das Verhalten gegen der Mahlung des zu vermahlenden Stoffes bildet einen wichtigen Parameter bei der energetischen Auswertung der Mahlanlagen, aber kann weder bei der technologischen Auswertung, noch beim Betrieb der Einrichtungen nicht vernachlässigt werden. Die mathematische Auswertung der Daten von Zeisel-schen Mahlbarkeitsprüfung hat einen indirekten kinetischen Charakter. Die kinetische Auswertung der in Labormühlen durchgeführten Versuchen ermöglicht die Bestimmung gewisser Mahlbarkeitskennziffer, die zugleich in Betrieben bestimmbar sind.

*Verdes, Sándor: Determination of Grindability, Grinding Kinetics*

Grindability is an important parametre for the evaluation of comminution machinery from energy, technological and operational points of view. The mathematical processing of Zeisel's grindability data is indirectly kinetical. Experiments made with intermittent (laboratory) mills can thus be evaluated in a kinetic way; this in turn enables the definition of grindability indexes, which can be determined in plants as well.

## Konferencia hírek

### VI. Nemzetközi Cementmikroszkópiai Konferencia

A Nemzetközi Cementmikroszkópiai Egyesület soron következő, hatodik Nemzetközi Konferenciáját 1984. március 26–29-én rendezti az Egyesült Államokbeli Albuquerque-ben (New Mexico állam). A konferenciára az alábbi témakörökben fogadnak el előadásokat:

1. Építőanyagok (mész, cement, gipsz, könnyű és nehéz adalékanyagok, cement, beton, salak, pernye, stb.) mikroszkópos szerkezete
2. Különböző eljárásokkal gyártott klinkerek mikroszkópos szerkezete
3. Különböző körülmények közt szilárdított cementpépek és betonok mikroszkópos szerkezete
4. Adalékszerek hatása a cement és beton mikroszkópos tulajdonosságaira

5. A mikroszerkezet és a beton-szilárdság összefüggése
6. A mikroszkópia alkalmazása a klinker, cement, beton, stb. minőségellenőrzésére
7. A röntgendiffrakciós és mikroszkópos cementvizsgálat összefüggései

A konferenciát műszerbemutató és kiállítás egészíti ki. A tervezett előadások rövid kivonatát 1983. nov. 15-ig, a teljes kéziratot 1984. január 31-ig kell eljuttatni a konferencia európai szervezőbizottságának vezetőjéhez: Dr. G.G. Gouda, Kuwait Institute for Scientific Research, P.O. Box 24885, Safat, Kuwait.

*Dr. T. F.*



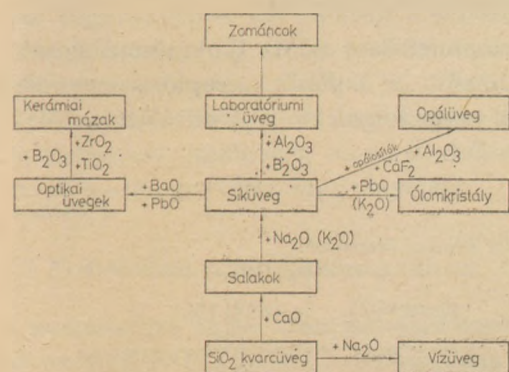
# Zománccfritt szemcseméretének és a zománc világosságának összefüggése

SZABÓ ISTVÁN

Veszprémi Vegyipari Egyetem, Szilikátkémiai és Technológiai Intézet

## 1. Bevezetés

Zománcozás a fémek üvegszerű szilikátos anyaggal égetés útján történő bevonása. A zománcipar technológiai szempontból a szilikátiparhoz tartozik, mivel a zománcolvasztás hasonló az üvegek és kerámiai mázak olvasztásához, a zománcozás technológiai folyamata pedig a kerámiai anyagok mázázásához hasonlít. Az üveges anyagok felosztását az 1. ábra mutatja.



1. ábra. Üveges anyagok felosztása Kyri [1] alapján

Albert [2] Tűzzománcozás című könyve az üzemi szakemberek számára is fontos műszaki tudományos ismereteket ad a zománccok típusaival, nyersanyagaival, a zománcozással és a zománchibákkal kapcsolatban. Dietzel [3] 1981-ben megjelent könyve szerint a zománc olvasztással, vagy fritteléssel létrehozott, üveges állapotban megszilárdult, főleg oxidokból álló szervesetlen anyag. A zománccot egy vagy több rétegben, néha adalékokkal együtt olvasztják a fém vagy az üveg felületére.

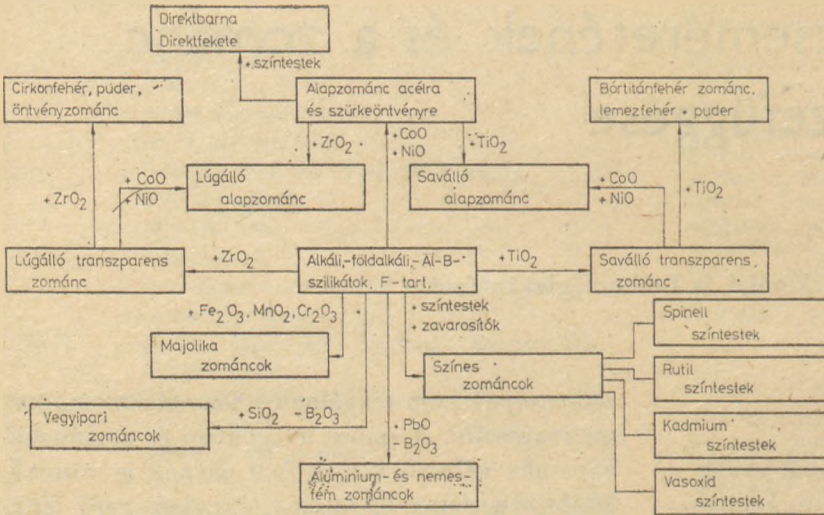
A fémekben a fémes kötést létrehozó negatív elektrongáz szabadon mozgó elektronokból áll. Ezzel szemben az üveges anyagokban, így az üvegben és a zománccban részben ionos, részben ionos-atomos vegyes kötések vannak. Az üvegek és a zománccok alapjában véve színtelenek, átlátszóak, mivel az atommagokhoz kötött

elektronjaik nem reagálnak a fény elektromágneses rezgéseire. A színes üvegekben és zománccokban már változó vegyértékű elemek is vannak, átlátszatlanná pedig kicsiny fényvisszaverő, fénytörő vagy fényszóró mikroszkópos vagy szubmikroszkópos méretű részecskékkel tehető. A látható fény hullámhosszával összehasonlítható méretű részecskék okozzák az üveg vagy zománc zavarosságát, opálosságát.

Az opálósodás mértéke függ az üvegfázis és az abba ágyazott anyag törésmutató-különbségétől, a részecskék méretétől és azok előfordulási valószínűségétől. Opálüvegekben a világosságot a kiváló NaF és CaF<sub>2</sub> kristályok vagy az üvegolvadékból binodális vagy spinodális szételegedés hatására kiváló, eltérő törésmutatójú olvadékcseppek okozzák. A fehér lemezzománccok és az öntöttvas fehér-porzománccok esetében a fedőhatás és a világosság fokozására az előfehérítést biztosító NaF és CaF<sub>2</sub> vegyületeken kívül még főfehérítőket adnak. Ez utóbbiakat (SnO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>) vagy a frittel együtt olvasztják, vagy malomra adagolva a kész frittel együtt őrölik.

A zománccok összetételüktől, adalékanyagaiktól az előállítás módjától függően tehát sokféle lehetnek (2. ábra). Vizsgálatainkat cirkónium-oxid-tartalmú rekrisztallizációs fehér öntöttvas púderzománccal végeztük. A főfehérítőként adagolt ZrO<sub>2</sub>-ot a nyersanyagkeverékkel együtt olvasztva kívántuk a zománc világosságát növelni.

A kutatás célja fürdőkádak zománcozására alkalmas fedőzománc fritt szemcsemérete és a beégett zománc színe, világossága közötti összefüggés meghatározása volt, mivel az üzemi körülmények között előállított zománccfritt 125 μm-nél kisebb frakciója a beégett zománc világosságát csökkenti. A zománc világosságának a szemcseméret függvényében való változásának számszerű leírására a Lukács [4] által megadott CIELAB színíngermérő rendszert alkalmaztunk. A CIELAB színíngertérben zománccok színjellemzői jól megadhatók a technológiai paraméterek függvényében [5].



2. Kísérleti rész

2.1 Vizsgálati anyag

A rekrisztalizációs fehér öntvényzománccal púdert az 1. táblázatban megadott nyersanyagok felhasználásával üzemi méretekben előállított zománccs-fritt őrlésével készítettük. A 400 kg nyersanyagkeverék olajtüzelésű forgó csökemencében 1250 °C-os, 100 – 110 min. időtartamú hőntartással került megolvastásra, majd vízben fritteltük. A frittet szárítás után rostálni kellett a zománcc világoosságát rontó szemcsefrakció elválasztása céljából. A frittet golyósmalomban púderfinomításra őrölve kaptuk a zománccpúdert, melynek kémiai összetételét a 2. táblázat mutatja. Az elvégzett kémiai elemzés szerint [6] a 105 °C-on, 2 óra hosszat szárított púder fluortartalma 5,55 (m/m) %. Az alapzománccozott öntöttvas kádakat az üzemi technológia szerint 900 °C-on égetik be. A többszöri púderszórás idejével együtt a teljes fedőzománccozás ideje nem haladja meg a 14 min. időt. A kísérleti célra készített 5x5 cm-es öntöttvas lapokat alapzománccozás után, a kétszeri púderszórásnak megfelelően kétszer 30 s-ig égettük be 900 °C-on. Ez az égetési idő biztosította, hogy

a púder megolvadt és megfelelően besimult. A mintalapokon a zománccfelvitel legalább 0,92 kg/m<sup>2</sup>, illetve a zománccréteg vastagsága legalább 3,3 · 10<sup>-4</sup> m volt.

2.2 Szemcsecloszlás vizsgálata

A teljes zománccfrittet adott lyukméretű szitákkal különböző – a 3. ábrán szereplő – szemcsefrakciókra választottuk szét. A szitálást az MSZ

2. táblázat

Zománccpúder kémiai összetétele

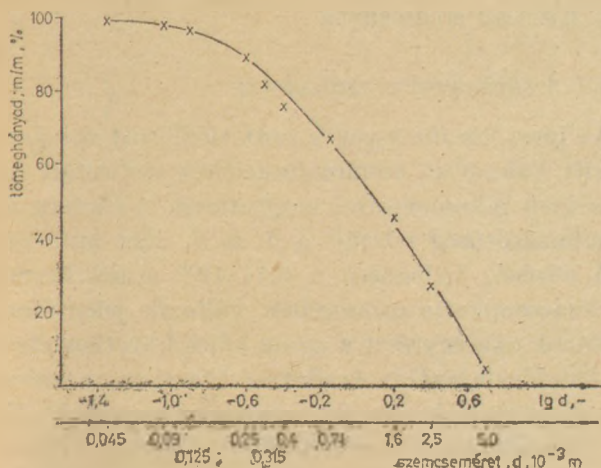
Összetétel	(mol) (%)
SiO <sub>2</sub>	23,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,90
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,77
CaO	4,47
R <sub>2</sub> O	16,24
ZnO	2,83
ZrO <sub>2</sub>	5,00
BaO	0,89
CaF <sub>2</sub>	10,88
100,00	

1. táblázat

Cirkon öntvényzománccal nyersanyagai

Nyersanyag	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	ZnO	ZrO <sub>2</sub>	BaO	F	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	egyéb	izz. veszt.
Kvarchomok	99,4	0,1	–	0,17	0,05	–	–	–	–	0,01	0,03	0,24
Cirkonhomok	32,77	0,1	–	0,1	0,05	–	65,70	–	–	0,01	–	1,27
Timföld	–	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bórax	–	–	56,40	–	–	–	–	–	–	0,01	0,01	43,6
Mészke	–	–	–	54,9	–	–	–	–	–	0,01	0,1	45,0
Barit	–	–	–	–	–	–	–	76,9	–	0,01	0,3	22,8
Cinkoxid	–	–	–	–	–	99,9	–	–	–	0,05	0,04	0,02
Folypát	2,0	–	–	72,0	–	–	–	–	48,7	0,01	–	48,7
Nátrium-szilikofluorid	31,9	–	–	–	33,0	–	–	–	60,4	–	–	55,7



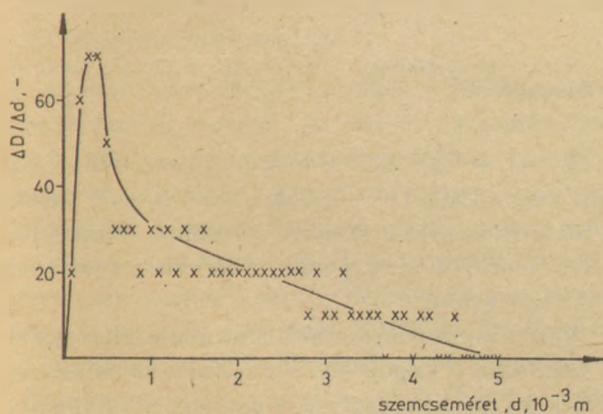


3. ábra. A zománccsirt szitáanalízise a szitán maradó tömeghányad szerint

695 – 59 szabvány előírásainak megfelelően rázógépen (amplitudó:  $15 \cdot 10^{-3}$  m, rezgésszám: 300/min 5 min-ig végeztük a 98%-os szitálási határfok elérése érdekében (7, 8.). A zománccsirt szemcsemérete függvényében felrajzoltuk a szitán maradó tömeghányadot (3. ábra), valamint a zománccsirt szemcseeloszlási görbét (4. ábra). Ez utóbbin a szitán áthullt tömeghányad különbség szemcseméret különbség szerinti differenciálját értjük a szemcseméret függvényében.

### 2.3 Frittsűrűség és térfogattömeg mérése

A zománccsirt egyes szemcsefrakcióinak sűrűségét az MSZ KGST 2054 – 79 előírásainak megfelelően piknométeres módszerrel határoztuk meg. A 25 ml űrtartalmú piknométer feltöltéséhez 20 °C-os desztillált vizet használtunk, a mintákat vákuumoztuk. A frittszemcsék gáztartalmának és zárt porozitásának jellemzésére szolgáló, adott



4. ábra. Áthullt frakció tömegtörtkülönbsége ( $\Delta D$ ) és a szemcseméret különbség ( $\Delta d$ ) hányadosa a szemcseméret ( $d$ ) függvényében

szemcseméretű zománccsirt frakciók sűrűségmérésén kívül meghatároztuk a teljes fritt tömegből készült púder sűrűségét is. A finomra őrölt púder szemcsemérete nem haladta meg a 60  $\mu$ m-t. A tömörített fritt halmazsűrűségét minden egyes szemcsefrakciónál a mérőedény enyhe ütögetésével határoztuk meg.

A sűrűség és halmazsűrűség mérés eredményeit a fajlagos felület számításához, valamint az egyes fritt frakciókból készített zománccsirt buborékszerkezetének értékeléséhez használtuk fel.

### 2.4 Röntgendiffraktométeres vizsgálatok

A röntgendiffraktométeres vizsgálatoknak kettős célja volt. Egyrészt a zománccsirtben, ill. a kész zománccsirtben található kristályos komponensek minőségi, másrészt ezek félkvantitatív ill. az elérhető pontossággal kvantitatív meghatározása. A vizsgálatokat Müller-Mikro 111 típusú röntgen generátorral ellátott Philips diffraktométerrel végeztük.

A diffraktált sugárnyaláb észlelése GM csővel történt, a Cu-K- $\alpha$  sugárforrással előállított spektrumból a K- $\beta$  és a folytonos spektrum kiszűrését Ni szűrő végezte.

A röntgenaktív fázisok kvantitatív meghatározásához  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ot használtunk a belső standard módszernek megfelelően [9]. A vizsgálat részletes leírásától most eltekintünk, az egy másik közleményben kerül ismertetésre.

A félkvantitatív vizsgálatok eredményeinek értékeléséhez a direkt felvételeken kiválasztott, idegen csúcsok zavarásától mentes csúcsintenzitások beütésszámértékeit használtuk a csúcsalap-intenzitások levonása után. A monoklin és tetragonális ZrO<sub>2</sub> valamint a CaF<sub>2</sub> vizsgált csúcsainak adatait a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

A zománccsirt röntgenaktív kristályos komponenseinek adatai

A d a t o k	ZrO <sub>2</sub>		CaF <sub>2</sub>
	monoklin	tetragonális	
ASTM kártya száma	13 – 307	17 – 923	4 – 0864
I/I <sub>0</sub>	65	100	100
d (nm)	0,2834	0,2960	0,1931
2 $\theta$ (°)	31,55	30,31	47,00
2 $\theta$ különbség (°)	30,8 – 32,2	29,6 – 30,8	46 – 48
hkl	111	111	220

A zománccfritt és a zománc röntgenaktív alkotóinak azonosítása a törésmutatókülönbségek megadása miatt volt szükséges.

### 2.5. Elektronoptikai vizsgálatok

A zománc szerkezetének, a zománc világosságát adó részecskék eloszlásának vizsgálatához vékonycsiszolatokat készítettünk. Fénymikroszkóppal  $50\times$  nagyítással készített felvételek fényszegényeknek bizonyultak. A  $\text{CaF}_2$  és  $\text{ZrO}_2$  opálosítóanyagok fénymikroszkópi vizsgálatáról Freund [10] által készített  $500\times$  nagyítású felvételeken jól megfigyelhetők a cirkónium-oxid dentritszerű, valamint sötét, négyágú csillag alakú formái, továbbá a  $\text{CaF}_2$  golyóalakúnak látszó egységei. Ugyanitt fluorit kiválásnak tartott dentritek, kis csillag alakú formák is láthatók a fluorit fehérítésű zománccok fénymikroszkópi felvételein. A zománccfrittben és a zománccban a frittelés, ill. a beégetés során kiváló fénytörő, fényvisszaverő részecskék megfelelő mélységélességű azonosítására az 50 JSM jelű japán gyártmányú pásztázó elektronmikroszkópot használtuk. A pásztázó elektronmikroszkóp egy 707/B jelű 400 csatornás energiadisziperzív analizátorral (EDAX) összekapcsolva, az adott üveges minta atomtömeg százalékos összetételét szalagon rögzíti. Gyakorlatilag a 11. rendszámú Na-ot és az annál kisebb rendszámú elemeket nem képes meghatározni. Az elektronsugár átmérője  $0,3\ \mu\text{m}$ , behatolási mélysége max.  $5\ \mu\text{m}$ , a gyorsítófeszültség nagyságától függően. A zománccmintákat arany ( $50\text{--}60\ \text{nm}$  vastag,  $0,0133\ \text{Pa}$  nyomáson elgőzöltetett) vagy szén ( $50\ \text{nm}$  vastag,  $0,1333\ \text{Pa}$  nyomáson elgőzöltetett) réteggel vontuk be mérés előtt a pásztázó elektronmikroszkópban való feltöltődés elkerülése céljából. Az SCD 020 BALZERS jelű gőzölő katódporlasztásos elven működik.

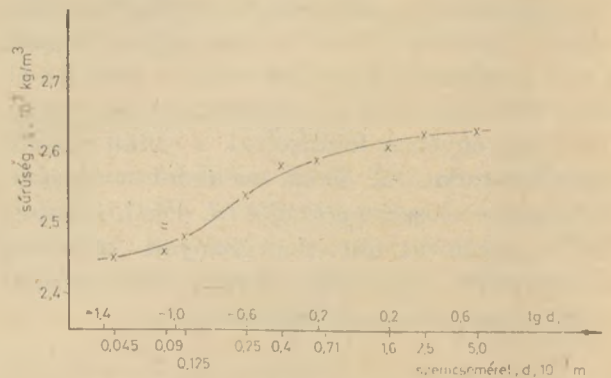
### 2.6 Fehér öntvényzománc színvizsgálata

A különböző szemcsefrakciójú zománccfrittből készített zománcclapok színvizsgálatát MOMCOLOR-D típusú tristimulusos színmérővel, az Országos Mérésügyi Hivatal (Budapest) által kiadott és hitelesített 75–49 00 jelzésű fehér zománccetalon felhasználásával végeztük. A színmérővel mért  $X_1$ ,  $X_2$ , Y és Z színíngerösszetevők ismeretében megadjuk az adott zománccminta és egy választott minta színíngerkülönbségét ( $\Delta E$  CIELAB), világosságkülönbségét ( $\Delta L$ ) és színzeti különbségét  $\Delta H$  (CIELAB).

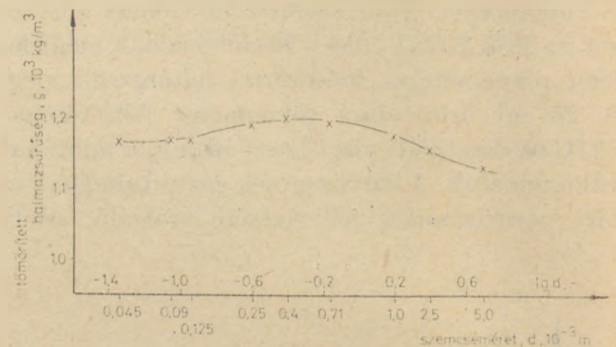
## 3. Kísérleti eredmények

### 3.1 A sűrűségmérés eredményei

Az ipari körülmények között előállított zománccfritt különböző szemcsefrakciókra szétszítált részecskéket piknométerrel meghatározott sűrűség és halmazsűrűség adatait a 5. és 6. ábra mutatja. A sűrűség különösen a  $0,71\cdot 10^{-3}\ \text{m}$ -nél kisebb szemcsemérettartományban változik jelentősen. Ennek oka egyrészt a gyors hűlés következtében állandósult lazább olvadékszerkezetben, másrészt a zárt pórusok nagyobb számában keresendő. Ez különösen akkor szembevetendő, ha figyelembe vesszük, hogy az átlagfrittből készült púder sűrűsége  $3,04\ \text{g/cm}^3$ . A  $\text{ZrO}_2$  nélkül olvasztott fritt sűrűsége  $2,72\ \text{g/cm}^3$  volt.



5. ábra. A cirkónium zománccfritt frakciók sűrűségváltozása



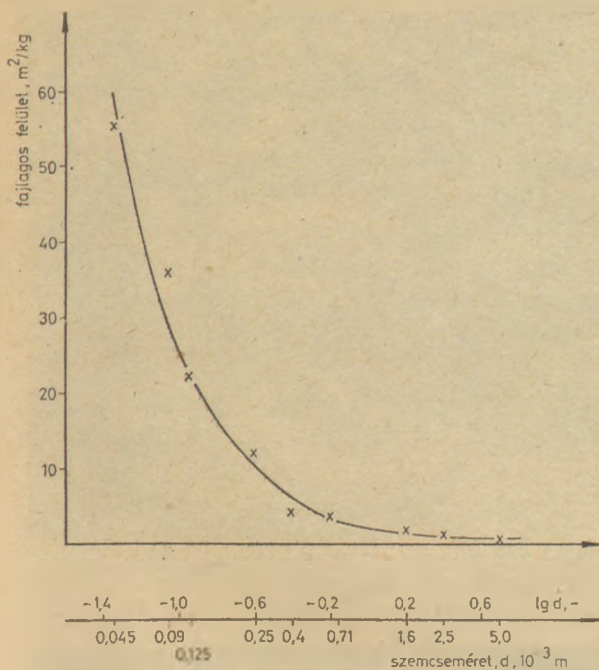
6. ábra. A cirkónium zománccfritt frakciók tömörített halmazsűrűsége

A  $\text{ZrO}_2$  és  $\text{CaF}_2$  nélkül vett fritt összetétele alapján számított [11] sűrűség ( $2,58\ \text{g/cm}^3$ ) kisebb a púderre kapott  $2,72\ \text{g/cm}^3$  értéknél. A számításnál a fluorid alakban jelenlevő kalciumot nem vettük figyelembe.

A fritt szemcséket gömb alakúnak feltételezve, a számítással kapott (7. ábra) fajlagos felület értékek a fritt kvalitatív jellemzésére alkalmasak.

Told [12] 200 üvegfeleség sűrűsége ( $\rho$ ) és törésmutatója ( $n_D$ ) közötti összefüggést vizsgálva azt





7. ábra. Az egyes frakciók számított fajlagos felülete

találta, hogy a vizsgált üvegek 95%-a  $\pm 2\%$ -nál nagyobb pontossággal megfelelt a  $n_D = (\rho + 10,4)/8,6$  összefüggésnek. A zománcpuder mért  $3,04 \text{ g/cm}^3$  sűrűségének ezek alapján  $n_D = 1,56$ , a  $\text{ZrO}_2$  nélküli fázis  $2,72 \text{ g/cm}^3$  sűrűségének pedig  $n_D = 1,53$  törésmutató felel meg. Dietzel [3] zománccokra  $n_D = 1,52$  értéket adott meg.

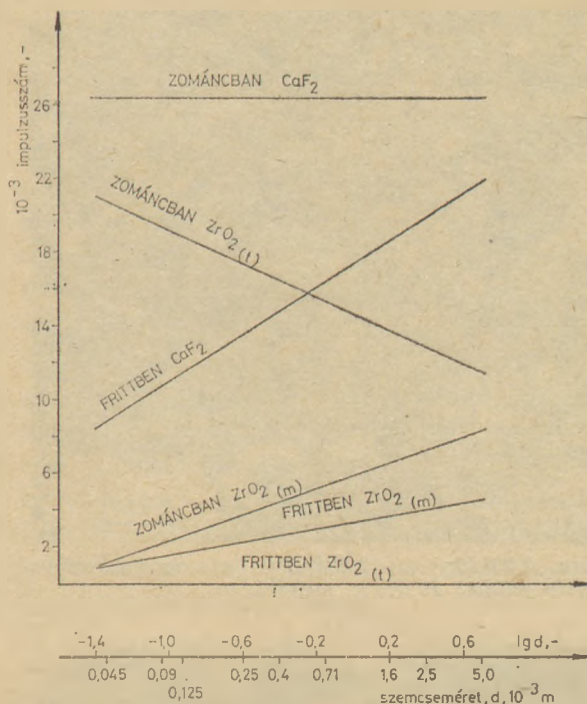
## 3.2 Röntgenvizsgálatok eredményei

### 3.2.1 Minőségi analízis

A kvalitatív röntgendiffrakciós vizsgálatok azt mutatták, hogy a frittben monoklin  $\text{ZrO}_2$  ( $\text{ZrO}_{2(m)}$ ) és kalcium-fluorid ( $\text{CaF}_2$ ), míg a  $900^\circ\text{C}$ -on beégetett zománokban a monoklin  $\text{ZrO}_2$  mellett tetragonális  $\text{ZrO}_2$  ( $\text{ZrO}_{2(t)}$ ) is, valamint  $\text{CaF}_2$  található.

### 3.2.2 Félkvantitatív analízis

A félkvantitatív röntgenanalízis a 2.4 fejezetben leírtak szerint történt. Az öntöttvas zománccfritt különböző szemcseméretű frakcióinak, valamint az egyes frakciókból  $900^\circ\text{C}$ -on, kétszer 30 sec-os beégetéssel készített zománc mintáknak a röntgenintenzitás adatai a 8. ábrán láthatók. A frittben a szemcseméret növekedésével nő a monoklin  $\text{ZrO}_2$  és a  $\text{CaF}_2$  röntgenaktív fázis intenzitása, amely arányosnak tekinthető az olvadákfázisból kivált kristályos fázis mennyiségével. A beégetett zománokban megjelent a tetragonális  $\text{ZrO}_2$  is, mégpedig a kisebb szemcseméretű frittből olvasztott



8. ábra. Cirkónium zománccfritt szemcsemérete ( $d$ ), valamint a fritt és a beégetett zománc kristályos fázisainak intenzitás értékei

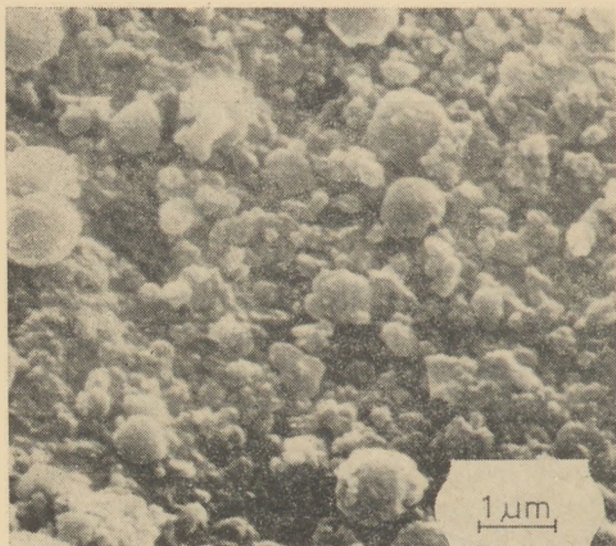
zománccmintákban nagyobb intenzitással. A fritt szemcseméret növekedésével a  $\text{ZrO}_{2(t)}$  intenzitása fokozatosan csökkent, ezzel arányosan a  $\text{ZrO}_{2(m)}$  intenzitása — a frittben tapasztalténál nagyobb mértékben — megnőtt. A  $\text{CaF}_2$  intenzitása egy telítési értéken állandósult az eredeti fritt szemcseméretétől függetlenül. A minőségi és a félkvantitatív röntgenanalízisek eredményei alapján meghatározott  $\text{ZrO}_{2(m)}$  és  $\text{CaF}_2$  közepes törésmutatója valamint az üveges mátrix törésmutatója közötti eltérés az egyik legfontosabb tényező a zománc világossága szempontjából. A talált irodalmi adatok szerint a  $\text{ZrO}_2$  törésmutatója 2,4 [13], 2,12–2,20 [14], ill. 2,2 [15]. Ezek a törésmutató adatok feltehetően a szobahőmérsékleten stabil monoklin  $\text{ZrO}_2$ -ra vonatkoznak. A  $\text{CaF}_2$  törésmutatója 1,43 (3), ill.  $1,491 \pm 0,017$  [16]. A zománc mátrix és a beágyazott kristályos fázisok közötti törésmutató különbségek a következők:  $\text{ZrO}_{2(m)}$   $\Delta n = 0,68 - 0,88$ ,  $\text{CaF}_2$   $\Delta n = 0,09 - 0,03$ .

## 3.4 Elektronoptikai vizsgálatok eredményei

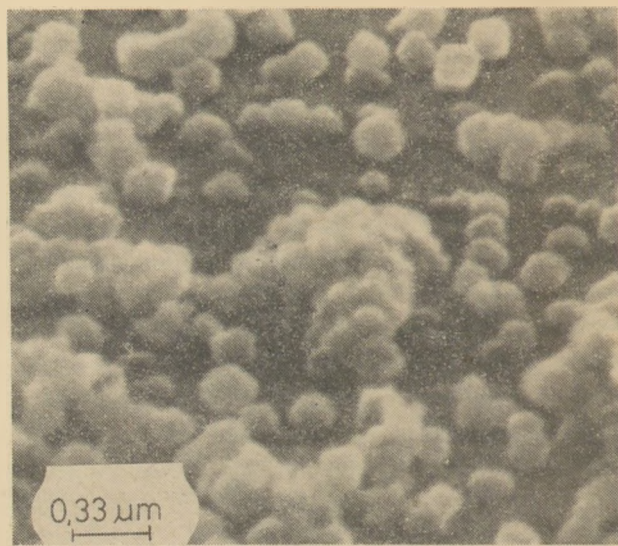
A pásztázó elektronmikroszkóppal készített felvételeket (9–14. ábrák)  $25 \text{ kV}$  gyorsító feszültséggel kiváltott, a gerjesztési körtéből visszaverődő szekunder elektronok segítségével kaptuk.

A  $(0,09 - 0,125) \cdot 10^{-3} \text{ m}$  szemcsetartományú fritt 10.000-szeres nagyítású képen (9. ábra)

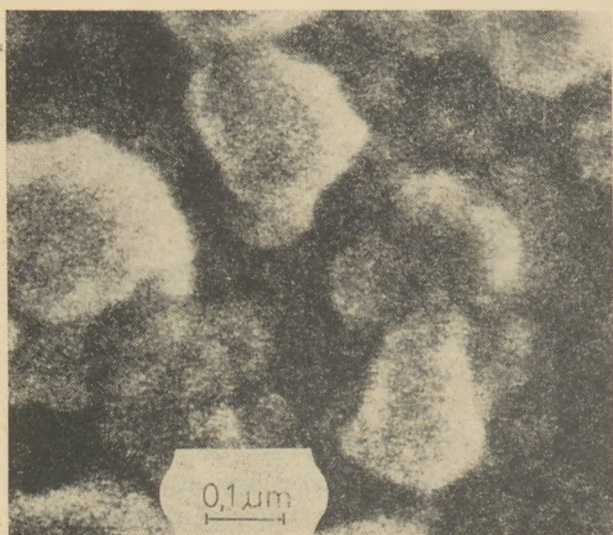




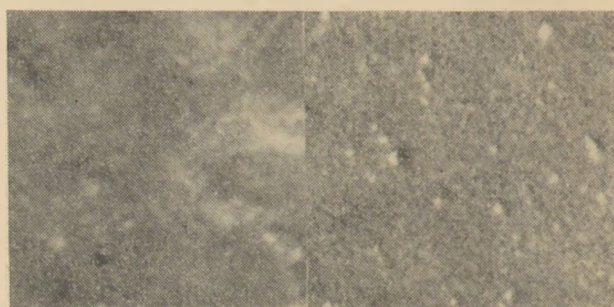
9. ábra.  $0,09 \cdot 10^{-3} \text{ m} - 0,125 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  szemcseméretű zománcfritt felülete  $10\,000\times$  nagyításban



12. ábra.  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m} - 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  szemcseméretű zománcfritt felülete  $30\,000\times$  nagyításban

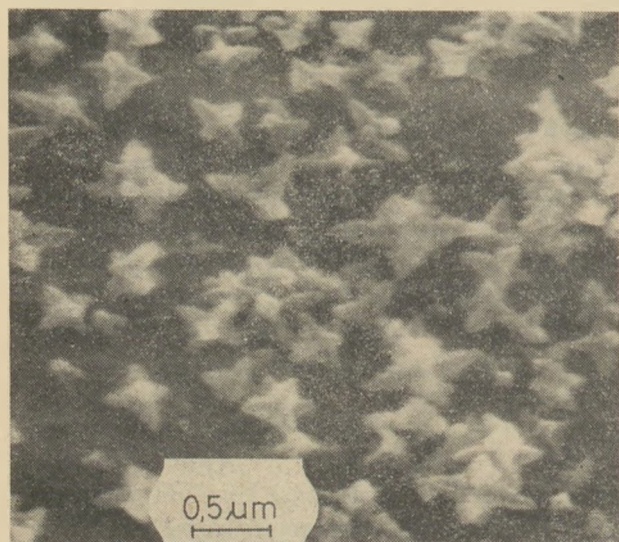


10. ábra. A 9. ábrán bemutatott zománcfritt felülete  $100\,000\times$  nagyításban

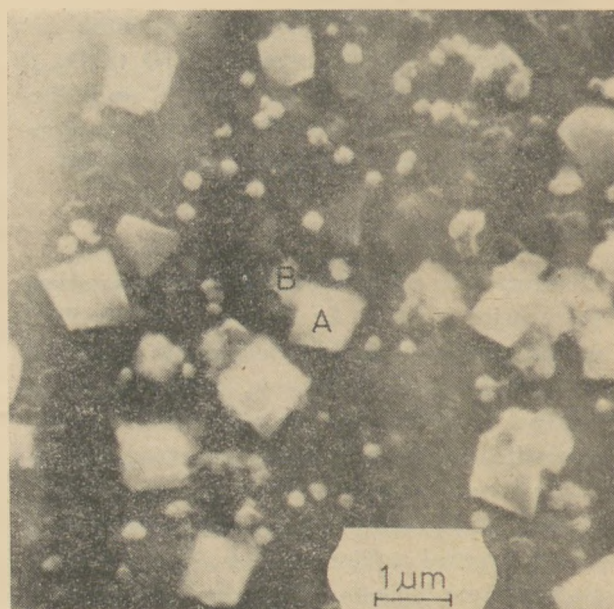


a. b.

13. ábra. A  $0,09 \cdot 10^{-3} \text{ m} - 0,125 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  (a) és az  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m} - 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  (b) szemcseméretű zománcfrittből készített zománca pásztázó elektronmikroszkópi felvétele ( $3000\times$ )



11. ábra.  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m} - 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  szemcseméretű zománcfritt felülete  $20\,000\times$  nagyításban



14. ábra. Teljes zománcfrittből készült zománca maratott felületének pásztázó elektronmikroszkópi felvétele ( $10\,000\times$ )



a fritt szemcséfelülete az olvadékból hirtelen – a nagyobb szemcsékhez viszonyítva gyorsabban – lehűtve keletkezett. Határozott szemcséalak, vagy kristályforma kialakulása nem figyelhető meg. A 10. ábrán nagyobb nagyítással már láthatók az egyes szételegyedett fázishatárokon belül a 0,05  $\mu\text{m}$  méretű kisebb dúsulások. Nagyobb szemcseméretű zománccfritt frakciót vizsgálva, a szemcsék felületén 0,5–1,0  $\mu\text{m}$  méretű, elsősorban Ca-ban és Zr-ban gazdag (11. ábra), míg a felület más részein főleg Ca-ban és Ba-ban dús (12. ábra), az előzőtől eltérő alakú dúsulások találhatók.

A kis és nagyobb szemcseméretű frittból készített zománclapok (13. ábra) felületén látható, hogy az  $1,6 \cdot 10^{-3}$  m –  $2,5 \cdot 10^{-3}$  m méretű frittből előállított zománc gazdagabb – a fényszóródás szempontjából előnyösebb – határozott határ-felülettel bíró sferikus formákban.

A teljes zománccfrittből készített zománc felületét 3% HF és 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> egy-egy arányú keverékével 2 min ideig maratva előtűnnek a fluorit rácshoz kristályosodott CaF<sub>2</sub> kristályok (14. ábra, A). A fluorit rácshoz a Ca<sup>2+</sup> kationok köbös, laponkoncentrált rácsot alkotnak, ezek határozzák meg a felvételen látható, a nyolcas koordinációt biztosító kristályformát. A ZrO<sub>2</sub> ugyanabban a rács típusban kristályosodik, de már torzult, monoklin szerkezettel (14. ábra, B.) [17]. A CaF<sub>2</sub> kristályok 1  $\mu\text{m}$ , míg a ZrO<sub>2</sub> kristályok 0,1  $\mu\text{m}$  méretűek. Grain és Garvie [18] a monoklin-tetragonális ZrO<sub>2</sub> fázisátalakulásának vizsgálata során megállapította, hogy ebben a mérettartományban már csak a monoklin ZrO<sub>2</sub> található. A felvételen azonosítható ZrO<sub>2</sub> kristályok ennek megfelelően monoklinnak tekinthetők.

A 4. táblázat a CaF<sub>2</sub> és ZrO<sub>2</sub> kristályok EDAX elemzési adatait tartalmazza. Az elemző elektron-sugár a kristályok alatti fázisból is kivált szekunder elektronokat, ezért csak a kalcium és zirkónium atomtömegek arányából lehet az opak hatást okozó részecskék összetételére következtetni.

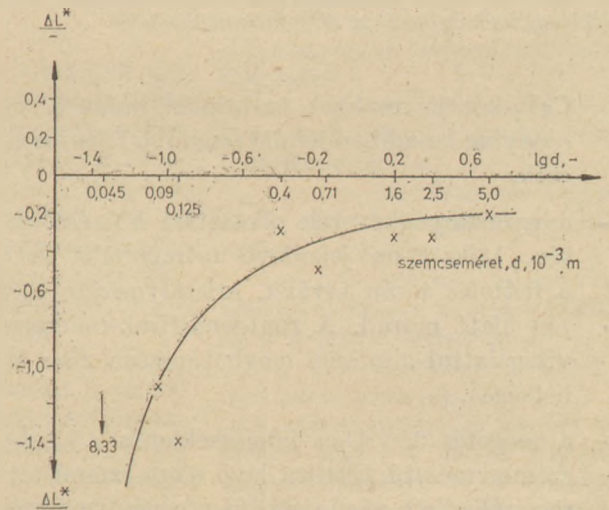
4. táblázat

A 14. ábrán bemutatott kristálypontok EDAX elemzésével kapott atomtömegszázalék adatok

	A		B	
Al	9,05	11,63	20,19	13,67
Si	10,23	12,07	26,15	15,15
Zr	12,90	2,92	44,49	49,14
Ca	65,75	69,03	9,02	19,59
Ba	2,05	4,35	0,17	2,44

### 3.5 Színvizsgálat eredményei

A cirkónium-dioxid főfehérítőt és CaF<sub>2</sub> előfehérítőt tartalmazó öntvény fedőzománc színvizsgálati eredményei, a zománc fehérségét meghatározó világosságadatok (15. ábra) szerint a fritt szemcseméret csökkenésével a zománc világossága csökken. A  $0,09 \cdot 10^{-3}$  m-nél kisebb szemcseméretű frittből készült zománc színezeti különbségének előjele sárga-piros ill. kék-zöld színtartományt jelez. Az ennél nagyobb frittből készült zománccok a sárga-zöld színtartomány felé tolódnak el. A vizuálisan megítélhető, észrevehető színingereltérési határnál ( $\Delta E_{ab} = 1$ ) kisebb színingerkülönbség – az  $5 \cdot 10^{-3}$  m szemcseméretű frittből készült zománclapot véve etalonnak – a  $0,4 \cdot 10^{-3}$  m méretű frittből készített zománccnál volt mérhető ill. számítható.



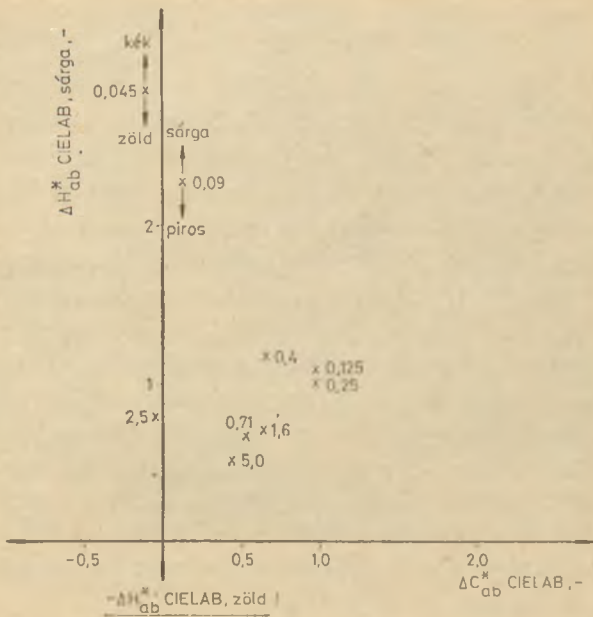
15. ábra. A zománc világossága a fritt szemcsemérete függvényében

### 4. Eredmények értékelése és összefoglalása

Az üzemi körülmények között előállított, cirkónium-oxid-tartalmú öntvény-fedőzománc opálosságának mértékét befolyásoló tényezőket: a törésmutató különbséget, a részecskék méretét és a részecskék előfordulási valószínűségét vizsgálva megállapítható, hogy a nyersanyagkeverék olvasztása, majd frittelése során kapott zománccfritt szemcsemérete függvényében változik a beégetett zománc világossága.

A kísérleti adatok alapján megállapítottuk, hogy

- az olvadékfázis vízben történő hirtelen lehűtése során, a gyorsabban lehűlő, kisebb szemcseméretű fritt röntgendiffraktométeres módszerrel meghatározható monoklin ZrO<sub>2</sub>-ból és



16. ábra. Az egyes fritfrakciókból készült zománcok  $\Delta H_{ab}^*$  színéleti különbsége és a  $\Delta C_{ab}^*$  krómakülönbsége

$\text{CaF}_2$ -ből kevesebbet tartalmaz, mint a viszonylag lassabban lehűlő nagyobb fritt szemcsék,

- a nyersanyagkeverék olvasztási hőmérsékletén, 1250 °C-on jelenlevő tetragonális  $\text{ZrO}_2$  a frittelés során kiválik, kristálymérete 0,03  $\mu\text{m}$  alatt marad. A röntgendiffraktométeres vizsgálattal minőségi meghatározása nem lehetséges,
- a beégetés 900 °C-os hőmérsékletén a kisebb szemcseméretű frittben levő nagy számú tetragonális  $\text{ZrO}_2$  góc kristállá növekedve intenzívebb röntgenreflexiót ad, mint a nagyobb szemcseméretű frittben kimutatott kisebb mennyiségű tetragonális  $\text{ZrO}_2$ ,
- a beégetett zománchan a  $\text{CaF}_2$  kristályok röntgendiffrakciós csúcsintenzitása független a fritt szemcseméretétől, azaz a fritt hűlési sebességétől,
- a kisebb szemcseméretű frittből készült zománchan a főfehérítést végző  $\text{ZrO}_2$  monoklin módosulata kisebb mennyiségben van jelen,
  - a látható fény 0,4–0,7  $\mu\text{m}$  hullámhosszához közeli szemcseméretben –, így a zománc fehérségét biztosító részecskéken a fénytörési, fényemissziós hatások kevésbé érvényesülhetnek,
- a zománcfritt szemcsemérete függvényében mért zománc világosság adatok igazolták, hogy a monoklin  $\text{ZrO}_2$  relatív mennyiségének növekedésével növekszik a zománc világossága.

A zománc világosságát befolyásoló egyéb – a frittfrakciók fajlagosfelület különbségéből adódóan eltérő mértékben abszorbeált – szennyező anyagok haborekképzési hajlamának, valamint a zománcozási eljárás során a frittbe, púderbe jutó idegen anyagok hatásának vizsgálati eredményeiről a továbbiakban számolok be.

## Köszönetnyilvánítás

Az üzemi olvasztási kísérletekhez nyújtott meszszenenő segítségével köszönetet mondok a Kecskeméti Zománc és Kádgyár munkatársainak.

## IRODALOM

- [1] Kyri, H. (1973): Handbuch für Bayer Email, 1. kötet. Bayer Rickmann GmbH. Köln.
- [2] Albert, P. P. (1975): Tűzzománcozás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [3] Dietzel, A. (1981): Emailierung. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg.
- [4] Lukács Gy. (1982): Színmérés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [5] Szabó, L., Tóth, L., Gulyásné Bodnár M. (1983): Die Bestimmung der Farbunterschiede der Emails (megjelenés alatt).
- [6] Bennett, H., Reed, R. A. (1971): Chemical Methods of Silicate Analysis. – A Handbook Brit. Cer. Res. Assoc. By Acad Press. London. (173)
- [7] Juhász Á. Z., Opatzky L. (1982): Szilikátok mechanikai aktiválása finomórléssel. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [8] Lauer, O. (1963): Feinheitsmessungen an technischen Stauben. ALPINE AG. Augsburg (15).
- [9] Alexander, E., Klug, H. P. (1954): X-Ray Procedures Verlag J. Wiley. New York.
- [10] Freund, H. (1964): Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Umschau Verlag – Frankfurt am Main (260)
- [11] Scholze, H. (1977): Glas Springer – Verlag Berlin (162)
- [12] Told, F. (1960): Glastechn. Ber. – 33. 303–304
- [13] Fehr, B., Gascon, J. (1971): L'industrie Céramique 637 87–91
- [14] Knížek, J. (1962): Sprechsaal für Keramik Glas, Email 95 569.
- [15] Farbenfabriken Bayer AG (1964): Emailreporter, Leverkusen, 26.
- [16] Sun, K. H. (1979): Fluoride glasses. Glass Technology 20, 36–40.
- [17] Salmang, H., Scholze, H. (1982): Keramik. Springer – Verlag, Berlin.
- [18] Grain, C. F., Garvie, R. C. (1965): Mechanism of the Monoclinic to Tetragonal Transformation of Zirconium Dioxide United States Bureau of Mines. Report of Investigations Washington 6619 1–19.

## Szabó István: Zománcfritt szemcseméretének és a zománc világosságának összefüggése

A cirkónium-oxidot és kalcium-fluoridot tartalmazó öntvény fedőzománchan a zománcfritt szemcsemérete függvényében változik a zománc monoklin és tetragonális  $\text{ZrO}_2$  aránya. A pásztázó elektronmikroszkóppal és röntgendiffraktométerrel elvégzett vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a zománc világosságváltozása összefüggésbe hozható a monoklin  $\text{ZrO}_2$  és a zománc mátrix törésmutatókülönbségével valamint a kristályos részecskék ( $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CaF}_2$ ) méretével a zománcfritt szemcsemérete függvényében.



*Сабо, И.: Взаимосвязь между зерновым составом глазурного фритта и светлостью глазури*

Va pokrývajúcich glazúrach, obsahujúcich oxid zirkónia a fluoristý kalcium, pomer monoklinného a tetragónneho  $ZrO_2$  mení sa v závislosti od veľkosti zŕn fritt glazúry. Na základe skúseností, vykonávaných s pomocou skenujúceho elektrónového mikroskopu a rentgenodifrakčiomera bolo zistené, že zmena svetlosti môže byť spojená s rôznymi ukazovateľmi prelomu monoklinnej dvoxidy zirkónia a glazúrnej matrice, a tiež veľkosťou kryštalických častíc ( $ZrO_2$ ,  $CaF_2$ ), v závislosti od veľkosti častíc glazúrného fritt.

*Szabó, István: Zusammenhang zwischen der Korngrösse des Emailfrittes und der Helligkeit des Emails.*

In dem Deckemail des Zirkonium-Oxyd und Kalzium-Fluorid enthaltenden Gusses ändert sich das Verhältnis des monoklinen und tetragonalen  $ZrO_2$  des Emails in der Abhängigkeit der Korngrösse von Emailfritt.

## Konferencia hírek

### Tűzállóanyag Kollokvium Budapesten

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Üvegszakosztálya és Külügyi Bizottsága 1983. április 12-én mintegy 85 fő szakember részvételével Tűzállóanyag Kollokviumot tartott a Fórum Hotelban. A nagyszabású szakmai program keretében a Didier-Werke AG (Wiesbaden) képviselőjében R. Dirnberger és W. Glaser urak üdvözölték a résztvevőket.

Az SZTE üvegszakosztály titkára, *Deák Mihály* köszöntőjében utalt az osztrák cég tradicionális jó hírére, melyet a magyar üvegyipar igényeinek jó minőségű, folyamatos kielégítése során szerzett és megtartott. A Didier cég az iparban és a tudományos életben egyaránt közismert nálunk.

Mintegy nyolc előadás keretében a Didier cég képviselői ismertették az új energiatakarékos kemence-szerkezeti megoldásokat és tűzállóanyagokat, valamint a boltozat melegjavítását bemutató filmet vetítették. W. Glaser úr előadásában a fajlagos hőfelhasználás csökkentésére irányuló tendenciával kapcsolatos egyes rész megoldásokat ismertette.

A kemence jobb kihasználását közismerten az alábbi tényezők biztosítják: — kemence határfokának javítása  
— jobb hőszigetelés  
— jobb hővisszanyerés  
— energia és nyersanyag takarékos technológiák.

|| Egy regeneratív rendszerű kemence hatásfoka 25 év alatt több, mint 100%-kal nőtt; egy öblös-üvegputa energiaszükségletét 70%-ban az olvasztókemence, 12%-ban az üveg formázása, 10%-ban a hűtés, 8%-ban a csomagolás, anyagmozgatás képezi. Ezek az energia-költségek a teljes termelési költségek 8–12%-át jelentik.

A modern kemencék 1100 kcal/kg fajlagos hőfelhasználással, 5–8 000 to/m<sup>2</sup> felület terheléssel dolgoznak.

A külföldön szokásos 5 évnél hosszabb kemence élettartamok gondos közbelső kemence karbantartással, melegjavításokkal érhetők el. A speciális tűzálló kövek és masszák, valamint szigetelési eljárások eredményeként 1 to üveg előállításához mintegy 12 kg tűzállóanyagba kerül. Az előadásból megtudtuk, hogy milyen hővisszanyerési lehetőségeket, milyen rácsrakás módokat és rács-tégla formákat tartanak legcélszerűbb megoldásnak a hőcsere szempontjából. Új számítógépes program segítségével rugalmasan követhető a betáplált adatok következtében előállt változás.

W. Pausch úr a bordás rekuperátor alkalmazásával kapcsolatos pozitív eredmények ismertetése során felhívja a figyelmet arra, hogy a nagyobb teljesítmény növeli a levegő előmelegítés hőfokát, míg a kisebb rekuperátor stabilabb és üzembiztosabb. Általában célszerűbb karesú rekuperátort építeni,

Auf Grund der durch SEM, und Röntgendiffraktometer durchgeführten Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Helligkeitsänderung des Emails mit der Doppelbrechungs-differenz zwischen dem monoklinen  $ZrO_2$  und dem Emailmatrix, und mit der Grösse der kristallinen Körner ( $ZrO_2$ ,  $CaF_2$ ) hängt zusammen.

*Szabó, István: Connexion Between Particle Size of Enamel Frits and the Luminosity of Enamels*

The ratio between monoclinic and tetragonal zirconia changes in calcium-fluoride containing cast steel cover enamel with the particle size distribution of the frit. The luminosity of the enamel is in close correlation with the difference in refractive indices of monoclinic zirconia and enamel matrix, and the size of crystalline particles ( $ZrO_2$ ,  $CaF_2$ ), each of them being influenced with the particle size distribution of the enamel frit, as shown (by SEM and XRD tests).

amelynél a növekvő sebességgel javul a hőátadás. Az előadás illusztrálására bordás rekuperátor elemek voltak kiállítva.

W. Glaser és P. Rösch urak az öblösüveg kemence szigetelésének előnyeit az alábbiakban foglalták össze:

— a hővesztés csökkentésével jelentős energia megtakarítás érhető el

— az olvasztási teljesítmény azonos energia felhasználása mellett is fokozható

— azonos teljesítmény mellett csökken a kemence hőfoka, nő a kemence élettartama

— általában javulnak a munkakörülmények.

A túlzott szigetelés szintén veszélyes lehet; a helyes szigetelés megválasztásában és a szükséges ellenőrző számítások elvégzésében ajánlották fel segítségüket az előadók.

A további előadók a hideg és melegjavítás már eddig is ismert előnyeiről, az újabb tűzállóanyag minőségekről, a fellépő fázisátalakulásokról számos színes dia és film bemutatása mellett szóltak.

A számos hozzászólás arról győzte meg a résztvevőket, hogy a Didier cég tapasztalatai magyar körülmények között egyértelműen nem érvényesek, mindazonáltal a további együttműködés igen hasznos és gyümölcsöző lehet.

A szakmai tanácskozást *Deák Mihály* szakosztály titkár zárta be.

*Pál Hajnalka*  
Üvegipari Művek

# Egyes tényezők hatása a betonkeverékekre légpórusképzésnél

SEBŐK TIBOR

Magasépítési Kutató Intézet, Gottwaldov

A betonkeveréket egyensúlyi állapotában, mint a szilárd és folyékony fázis mellett gáz fázist tartalmazó rendszert is tanulmányozhatjuk. A levegő a betonkeverékben nem összefüggően, hanem pórusokban helyezkedik el, melyek többé-kevésbé szét vannak szórva, leginkább a kötőanyag pépben.

Az egész rendszer stabilitását, az egyes fázisok arányának megmaradása szempontjából, több tényező befolyásolja. A levegő stabilitása a betonkeverékben főleg a fázisok határfelületein levő energiaviszonyoktól függ.

Ha megfigyeljük a levegő viselkedését a vízben, a kölcsönösen nem keveredő fázisokra jellemző nedvesítési szögek állandók maradnak. Mivel az adalékanyag felületét vízzel jól nedvesíthetőnek minősíthetjük, a levegőbuborék a felületén éles szögben, gyengén kötődik. Ez azt jelenti, hogy az adalékanyag és a cement felülete nedvesedik elsősorban a vízzel, amely a felületről kiszorítja a kötött levegőt. Ez a folyamat a szilárd fázis felületén, az ún. kötött levegőtartalmat a minimumra csökkenti.

A másik tényező, amely csökkenti a levegő stabilitását a betonkeverékben, a felhajtóerő, mely a betonkeverék összetevőinek lényeges sűrűségkülönbségéből adódik.

Ismeretes, hogy a betonkeverékben, a levegőtartalom kihat a betonkeverék reológiai tulajdonságaira, valamint a megszilárdult beton fontos mechanikai és fizikai jellemzőire.

Általánosan érvényes, hogy tömör beton készítéséhez minden technológiai előírásnak az a célja, hogy a levegőtartalmat a minimumra csökkentse. Ez a követelmény az adott célú betonkeverék gazdaságos tervezésének feltételéből következik oly módon, hogy a betonkeverék összetételével a legkisebb költség mellett legyenek elérhetőek a szükséges betontulajdonságok.

A betonkeverékben a levegőtartalom növekedésének következménye a szilárdság arányos csökkenése. A levegőtartalom és a beton szilárdsága közötti összefüggés számítására a légpórusmentes betonban, több egyenletet vezettek le. Legérdekesebb a Féret-féle összefüggés, amely lehetővé teszi a különböző levegőtartalmú beton-

keverékekből készült betonok szilárdságának előrebecselését.

Külföldön, Wesche W. (1) hasonló összefüggése ismeretes:

$$R_b = 3,9 \cdot R_c \left( 0,88 - \frac{v + v_z}{v + v_z + c} \right)$$

ahol:  $R_b$  — a beton valószínű szilárdsága, 28 napi szilárdulás után, szabványos feltételek között (MPa)

$R_c$  — a cement kötése — szilárdsága, 28 napi szilárdulás után, DIN 1164 szabvány szerint (MPa)

$v$  — abszolút víztartalom, 1 m<sup>3</sup> tömörített betonban (m<sup>3</sup>)

$v_z$  — abszolút levegőtartalom, 1 m<sup>3</sup> tömörített betonban (m<sup>3</sup>)

$c$  — abszolút cementtartalom, 1 m<sup>3</sup> tömörített betonban (m<sup>3</sup>)

Ezeknek az egyenleteknek az a közös jellemzője, hogy a levegőtartalom változása a matematikai összefüggésben ugyanolyan mértékben vetődik a szilárdságra, mint a víztartalom azonos változása.

## A kiválasztott tényezők hatása a légpórusképződésre

E tényezők elemzésénél a kísérletek során figyelmünket az igen képlékeny és a folyós konzisztenciájú betonkeverékekre irányítottuk, melyeket betonkeverő központból mixerkocsival szállítottak és gyakran tömörítés nélkül öntötték a szerkezetbe (pl. lemezalapha, födémbe stb.).

Az összes vizsgálatot, Tovacov-i lelőhelyről származó, a szabványban előírtakat kielégítő folyami homokoskavics adalékanyaggal végeztük. A legkisebb (26,1%) hézagtartalom 60% 0–8 mm-es és 40% 8–16 mm-es frakció aránynál érhető el. Az adalékanyag ebben az arányban került alkalmazásra a vizsgálatoknál.

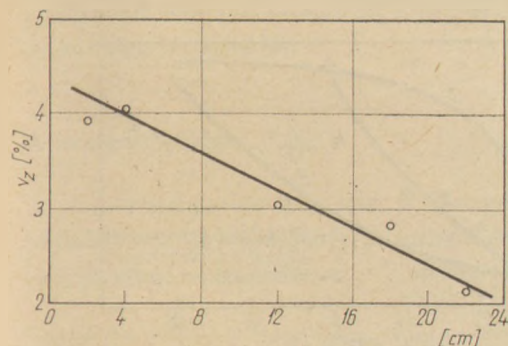
A betonkeverék összes többi összetevője is kielégítette az érvényben levő szabványok és Műszaki feltételek előírásait. Az összes betonkeverék-



nél a keverési idő 10 perc volt,  $75 \text{ dm}^3$  űrtartalmú, szabadesésű keverőgépben keverve.

### A bedolgozhatóság hatása

A betonkeverék bedolgozhatósága, azonos egyéb feltételek mellett, jelentős mértékben befolyásolja a levegőtartalom változását a betonkeverékben, amint az az 1. ábrán is látható. Ez azzal magyarázható, hogy a betonkeverék környezetének sűrűsége, ugyanolyan keverési időnél, lehetővé teszi a levegőbuborékok eltávozását és a buborék képződésnek alacsonyabb szinten való tartását.



1. ábra. A bedolgozhatóság és a levegőtartalom összefüggése a betonkeverékben. (Mokra-i SPC 250-es cement,  $300 \text{ kg/m}^3$  adagolás, 10 perces keverés)

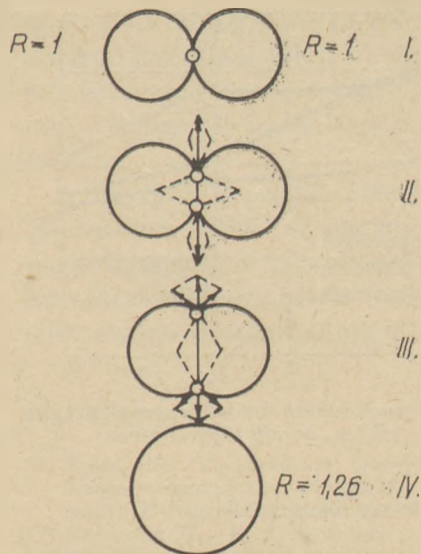
### A keverés intenzitásának és időtartamának hatása

A betonkeverés folyamán, egyidejűleg két folyamat zajlik le, melyek meghatározzák a levegőtartalom változás kinetikáját a keverékben, a meghatározott keverési időszakaszokban.

Az első folyamatot a levegő és a betonkeverék összetevőinek intenzívebb érintkezése jelenti, a keverőgép lapátjainak és a keverék esésének hatására.

A keverés folyamán, mechanikai hatásra az egyes részecskék között erőteljesebb kölcsönhatás lép fel. A kölcsönhatások folyamán, a keverési idő és intenzitása függvényében, a töltőanyag részecskéinek aprítottságában változás következhet be, a finomabb rész javára. A levegőbuborékoknál azonban nem csak a pórusok csökkenése következik be, hanem a pórusok egybeolvadása is, ami által nagyobb pórusok képződnek, melyek könnyebben távoznak a betonkeverékből, hab képződése nélkül.

A levegőbuborékok egybeolvadási folyamatának hajtóereje a felületi feszültség, ami a 2. ábrán látható. Ez a légtelenítő folyamat igen hatékony. Matematikailag kimutatható, hogy hét buborék egybeolvadásánál, a buborék sugara már 128-



2. ábra. A levegő buborékok egyesülésének fázisai a kölcsönhatás folyamán a víz felületi feszültségének a hatására

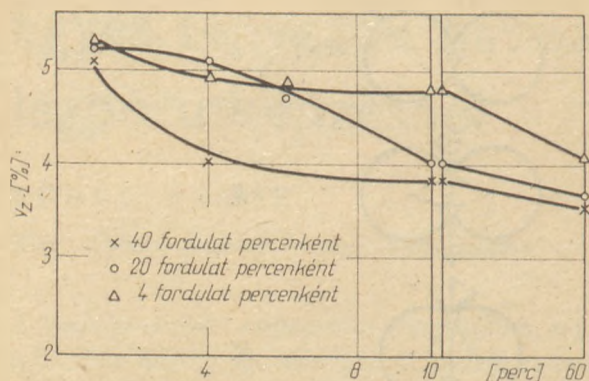
szorosra nő meg. Nyilvánvaló, hogy a buborék növekedésével a buborék eltávozásának a feltételei is kedvezőbbek a keverés folyamán. A levegőtartalom csökkenésének hasonló alapelve érvényesül a tömörítés folyamán is.

Igen fontos meghatározni azokat a határfeltételeket, melyek az egyes folyamatok, azaz a légpórus képződés és a légtelenítés parciális részarányát határozzák meg a keverés folyamán. A probléma megvilágítására szélesebbkörű vizsgálatok történtek betonkeverékekkel, amelyek különböző minőségű, adagolású és bedolgozhatóságú cementekkel készültek. Minden egyes esetben megállapítást nyert, hogy az adalékszerek nélküli betonkeverékeknél, a levegőtartalom a keverési idővel csökken. A levegőtartalom időtől függő változására leginkább a keverés intenzitása hat. A mi esetünkben „keverési intenzitás” fogalom alatt a keverőgép percenkénti fordulatszámát értjük.

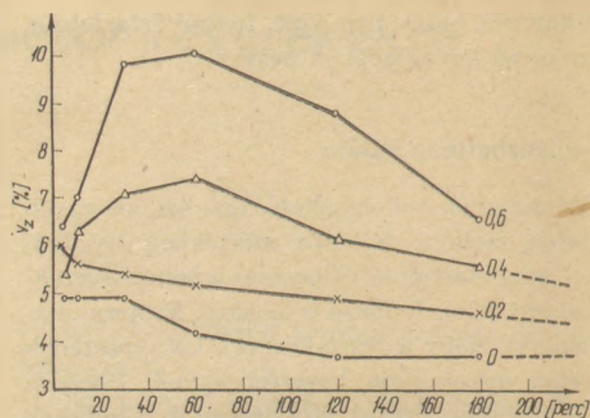
A betonkeverékben gyakorlatilag állandósult levegőtartalom mennyiségére is jelentős mértékben hat a keverés intenzitása, mint ahogyan az a 3. ábrán látható.

A betonkeverékben, a levegőtartalom stabilitását meghatározó fenti feltételek alapvetően megváltoznak bizonyos adalékszerek adagolásával. Megállapítást nyert, hogy azok az adalékszerek, melyek nem kapilláraktívak, ezt a folyamatot nem befolyásolják. Egész más helyzet következik be a keverővíz kapilláraktivitását befolyásoló szerek hozzáadásánál. Ezek a szerek többnyire olyan anyagok, melyek molekulái erősen poláros jellegűek és a betonkeverékbe való adagolás után, gyorsan a fázisok határfelületein koncentrálnak, a 4. ábrán látható módon.

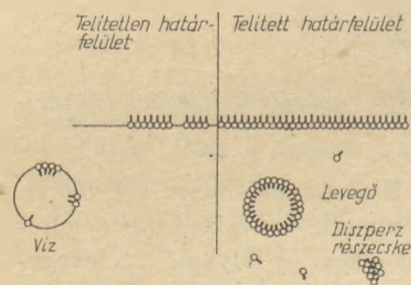




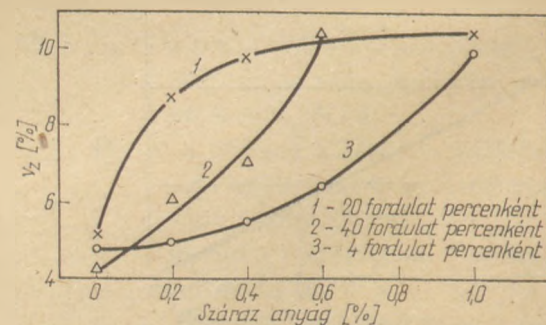
3. ábra. A keverés intenzitásának hatása a levegőtartalom változására a betonkeverékben, az idő függvényében



5. ábra. Nátrium lignoszulfonát alapú adalékszer mennyiségének és a keverési időnek a hatása a levegőtartalom változására a betonkeverékben



4. ábra. Az adalékanyag molekuláinak elhelyezkedése a folyékony és a gáz fázis határfelületein, a határretegben lévő molekulák különböző koncentrációinál



6. ábra. Nátrium lignoszulfonát alapú adalékszer és a betonkeverőgép fordulatszámának hatása a légpórus képződésre a betonkeverékben 4 perc keverési idő után

Az adalékszer az adagolás növelésével törvény-szerűen a szemcsék közti oldathoz és a fázisok határfelületein koncentrálódik, míg nem kedvező esetben az adalékszer molekulái a fázisok határfelületeit teljesen ellepik. Az adalékszer molekuláinak számával arányosan, a fázisok határfelületén a részecskék felhalmozódott töltése is megnő, és ezáltal az egymáshoz közeledésnél a taszító erők is megnőnek. Ezáltal a buborékok stabilitása megnő, amely láthatóan mutatkozik a levegőtartalom időtől függő változásában, állandó keverési intenzitás mellett, ahogyan az 5. ábrából is következtethetünk, amely a kapilláráktív adalékszerrel jellemző mintájával végzett mérések eredményeit mutatja be. A légpórus képződés abszolút értékére, minden esetre jelentősen kihat a keverés intenzitása, amely a 6. ábrán látható.

Az 5. ábrán levő összefüggések a gyakorlat számára igen érdekesek. Ezekből az összefüggésekből az következik, hogy a betonkeveréknek mixer-kocsiban nagyobb távolságokra való szállításánál jelentős légpórus képződés változást várhatunk az adalékszer nélküli és az adalékszerrel módosított betonkeveréknél egyaránt, az eredeti állapothoz képest. Ezek után kísérjük meg annak a folyamatnak a megvilágítását, amely az adalékszeres betonkeverékben, hosszú idejű keverés folyamán bekövetkezik. Az adszorpciós izotermákból,

melyeket az alkalmazott adalékszerre és cementre megállapítottunk, következik, hogy az adalékszernek a szuszpenzióba való adagolása után az adszorpció gyakorlatilag néhány perc alatt állandósul. A stabilizált levegő, melynek mennyisége mindjárt a kezdetben nagyobb, mint az adalékszer nélküli azonos keverékben, a keverés folyamán mind kisebb buborékokra diszpergálódik. Egyidejűleg a légpórus képződés megnövekszik, a keveréskor bejutott további levegőmennyiség stabilizálása következtében. Ezek az egyidejű folyamatok idézik elő azt, hogy a keverési idő növekedésével nő a levegő és a cementpép határfelületeinek halmozódott értéke. Ez a folyamat szükségszerűen állandósul a légpórus képződés egy bizonyos éréknél, amikor a határfelületeken az adalékszer molekuláinak koncentrációja küszöbértéket ér el és a levegőtartalom növekedésének és a levegőbuborékok távozásának mértéke kiegyenlítődik, a levegőbuborékok összeolvadása korlátjainak csökkenése következtében.

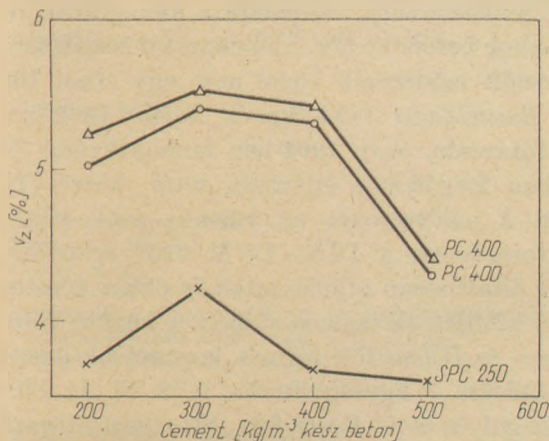
Az adalékszer molekuláinak egyensúlyi koncentrációjára a határfelületeken a leírt jelenséggel egyidejűleg a szilárd fázis, különösen a cement felületének változása is hat, a részecskék hidra-



tációja és a hidratációs termékek képződése következtében. Ez jelentős változást idéz elő az adalékszer molekuláinak koncentrációjában a szilárd és a folyékony fázis határfelületein. A hidratáció egy bizonyos szakaszában pedig az következik be, hogy az adalékszer molekulái, melyek a buborék megszűnések a buborék és a víz határfelületéről felszabadulnak, a részecskék közötti kis távolság miatt, a cement hidratált felületein és hidratációs termékeinek felületein adszorbeálódnak. Ezáltal az adalékszer hatékony összetevőjének részaránya a szilárd fázis növekvő felületein adszorbeálódva megnő és ezért a levegő stabilizálását elősegítő adalékszer molekulák részaránya fokozatosan csökken és ezáltal a légpórus képződés összértéke is csökken.

### A cementtartalom halása

A cementadagolás hatását a levegőbuborékok képződésére, a választott Abrams szerinti 6 cm bedolgozhatósági értéknél a 7. ábrán láthatjuk.



7. ábra. A cementadagolás hatása a levegőbuborék képződésre

Kísérjük meg megvilágítani azokat a fő tényezőket, melyek ezen összefüggés alakulására hatnak.

Kiseb cementadagolásnál, ugyanolyan bedolgozhatósághoz, több vizet kell adagolni. Ekkor ugyan kellő mennyiségű pépet kapunk az adalékanyag vázszerkezetében levő hézagok kitöltéséhez, de a víz aránya ebben a pépben igen nagy. Emiatt kedvezőbb a pép viszkozitása is a levegőbuborékok könnyebb egyesüléséhez és távozásához a betonkeverékből és így kevésbé kedvező feltételek alakulnak ki a légbuborékok stabilizálásához a betonkeverékben.

A cementadagolás növelésével arányosan, egy bizonyos határig csökken az ugyanolyan bedolgozhatósághoz szükséges vízmennyiség és a pép

sűrűsége is nő. Ezek azok a körülmények, melyek a levegő stabilizációjához hozzájárulnak, ezért annak mennyisége a cementadagolás bizonyos határáig nő, mely után a légpórus képződés ismét csökken.

A légpórus képződés abszolút értéke, összes többi azonos feltételnél, nagymértékben függ a cement fajtájától és tulajdonságaitól. Egyértelmű következtetést azonban a tervezett összes kísérletek elvégzése után tudunk levonni.

### IRODALOM

- [1] Sasse, R.: Theoretische Überlegungen zur Fertigkeitentwicklung bei polymerisierten Betonen. Betonwerk + Fertigteilechnik 1972. 12. p 848 – 850.
- [2] Bozhinov, G.: Pore Structure of Cement Stone and its Influence on the Mechanical Properties of Concrete. VII. Cementipari Kongresszus anyaga.

### Sebők Tibor.: Egyes tényezők hatása a betonkeverékre légpórusképzésnél

A nagyon képlékeny konzisztenciájú betonkeverékekben a levegőtartalom elsősorban a cementadagolástól és a keverés időtartamától és intenzitásától függ.

A levegőtartalom a betonkeverékben kapilláraktív anyagok hozzáadásával nő és pedig annál jobban minél nagyobb az adagolás. A légpórusképzés abszolút értéke szintén a keverési időtől, a keverés intenzitásától és a beton összetételétől függ.

A levegőtartalom csökken a betonkeverékben a bedolgozhatósági érték növekedésével a vizsgált intervallumban.

### Шебок, Т.: Влияние отдельных факторов на воздуховлечение в бетонных смесях

В бетонных смесях с очень пластичной консистенцией содержание воздуха зависит в первую очередь от содержания цемента, продолжительности и интенсивности смешивания.

При добавлении капиллярно—активных материалов содержание воздуха в бетонной смеси растет в зависимости от количества добавки. Абсолютное значение воздуховлечения также зависит от времени перемешивания, интенсивности перемешивания и состава бетона.

Содержание воздуха в бетонной смеси снижается с ростом значения обрабатываемости бетона, в исследованном интервале.

### Sebők, Tibor: Einfluss einzelner Parameter auf die Betonmischung bei der Luftporenbildung.

In sehr plastischen Betonmischungen hängt der Luftporengehalt hauptsächlich von dem Zementdosieren, von der Dauer und Intensität der Mischung ab. Der Luftporengehalt nimmt in den Betonmischungen mit dem Zunischen von Kapillaraktiven Stoffen linear zu. Der absolute Wert des Luftporengehaltes hängt auch von der Dauer und der Intensität der Mischung, sowie von der Betonzusammensetzung ab. Der Luftporengehalt nimmt mit der Zunahme des Bearbeitungsfaktors in dem untersuchten Intervall ab.

### Sebők, Tibor: Factors Affecting Air Entrainment in Concrete

In fresh concrete of very plastic consistency air content is primarily affected by the amount of cement and the duration and intensity of mixing. The addition of surface active agents increases air content almost linearly with the quantity added. In the tested interval air content decreases with the increase of the workability index.

# Építési kőanyagok kopási vizsgálata Böhme-féle módszerrel

## I. rész

K A U S A Y T I B O R

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

### Bevezetés

Az építőkő és útburkolókő termékeknek és egyéb építési kőanyagok előállítására is szolgáló nyersanyagoknak fontos felületi tulajdonsága a kopásállóság, amelyet hazánkban, akárcsak sok más országban is, az egyéb építőanyagok – mint például a beton burkolólapok, a kopásálló betonok, a kőgyagy burkolólapok, a keramitkövek – kopásállóságához hasonlóan, általában a *Böhme-féle* módszerrel szokás vizsgálni. A *Böhme-féle* koptatásnak külföldön és itthon is hagyományai vannak, külföldön már 1933 [53], itthon 1951 [19] óta szabványos vizsgálati módszer, amely az utóbbi időben az elmélet és gyakorlat követelményének megfelelő fejlődésen ment keresztül.

E fejlődést az 1981. október 1. óta hatályos MSZ 18290/1–81 vizsgálati szabvány [22] tükrözi. Az MSZ 18290/1–81 az MSZ 1991–67 szabvány [21] 7.2 szakaszát váltotta fel, de azon túlmenően több újdonságot tartalmaz a tíz év előtti német gépkönyvhöz [52] és a DIN 52108/68 szabványhoz [56] képest is, ami szükségessé teszi, hogy a módszer és követelmény beli változásokat megindokoljuk.

A változások a próbatest alakjával és méretével, a koptatópor minőségével, a koptatótárcsa körülfordulásainak számával, a vizes vizsgálat bevezetésével, a vizsgálati eredmény és a jellemző érték kifejezésével, továbbá a minősítési értékkel kapcsolatosak, így a vizsgálati módszer fejlődésének áttekintése után és a mértékadó eredmény zsehszámítógépes programjának közbevetése mellett cikkünk is ezekkel a kérdésekkel foglalkozik.

Az MSZ 18290/1–81 alapozó kísérletei 1979–1981 években az *Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium Műszaki Fejlesztési Főosztálya* megbízásából a *Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány-és Földtani Tanszékével* közösen kidolgozott kutatási téma [17] keretében a *Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Betonosztályán* készültek.

Az együttműködésért köszönetünket fejezzük ki *Serédi Béla* minisztériumi csoportvezető főmérnöknek, *dr. Kertész Pál* egyetemi docensnek, *dr. Marek István* egyetemi adjunktusnak és *dr. Gálos Miklós* egyetemi tud. főmunkatársnak, továbbá laboratóriumaink technikusainak.

### A vizsgálati módszer fejlődése

Az eredetileg útburkolókővek és vasúti ágyazati kövek kopásállósága vizsgálatára kidolgozott, de már akkor betonok, fák, linóleumok vizsgálatára is használt módszerek közül nem egy közel 100 éves. *Bauschinger* 1884-ben és *Böhme* 1892-ben koptatótárcsás, *Gary* 1904-ben homokfúvásos és 1915-ben forgódobos eljárását tette közzé [1]. Ezeket a módszereket az 1920-as évek végén Németországban a DIN–DVM 2107 szabvány szerint általánosan alkalmazták és ekkor történt az első kísérlet az azonos alapelvet követő *Bauschinger-* és *Böhme-féle* tárcsás koptatások összehasonlítására és egységesítésére is [2, 3]. Az *Ebner-féle* golyós és az *Egner-féle* „Stuttgart” típusú koptatógépeket később publikálják [10, 13, 63].

Az eredeti *Bauschinger-* és *Böhme-féle* koptatások jellemzőinek összehasonlítását [3] nyomán az 1. táblázatban végeztük el.

A tárcsás koptatásra vonatkozó *Graf-* és *Krüger-féle* összehasonlító kísérletek a módszer egyszerűbb és szabatosabb *Böhme-féle* változatának kedveztek. A *Böhme-féle* koptatási vizsgálatot Németországban 1933-ban szabványosították [53], így a DIN DVM 2108, majd DIN 52108 szabványok [53–56] vizsgálati módszere az e tárgyban külföldön ezidő után írt dolgozatok hivatkozott eljárása lett [5–11, 13, 15].

A *Bauschinger-féle* koptatást – a nyomószilárdság, vízfelvétel, fagyállóság, megmunkálhatóság, kémiai ellenállóképesség, Deval-féle aprózódás, Föppl-féle ütőszilárdság vizsgálatok mellett – ezekben az időkben már a *budapesti József – Mű-*



Az eredeti Bauschinger- és Böhme-féle koptatások jellemzőinek összehasonlítása [3] nyomán

Jellemzők	Bauschinger-	Böhme-
	féle koptatás	
Az egyidejűleg koptatott próbatestek száma	1	2
A próbatest koptatott felületének nagysága, cm <sup>2</sup>	50	50
terhelése próbatestenként, kp	30	30
fajlagosan, kp/cm <sup>2</sup>	0,6	0,6
függőleges tengely körüli 90°-os ismételt elfordításának időpontja	100	110
tárcsa körülfordulás után koptatási úthossz után, m	314	152
A tárcsa anyagminősége	Shore 40 – 55	Shore 40 – 55
átmérője, cm	?	75
forgásfrekvenciája, ford/perc	20	30
körülfordulásainak száma	200	440
A koptatópálya középvonalának sugara, cm	50	22
hossza, m	3,142	1,382
kerületi sebessége, m/perc	62,8	41,5
A koptatás úthossza, m	628	608
A koptatópor minősége (1925 – 29 között)	Naxoszi természetes korund (Naxos – Schmirgel Nr. 80. der Naxos – Union, Frankfurt a. M.)	
szemmagysága	0,09/0,12 mm 2,5 tömeg % 0,12/0,20 mm 83,5 tömeg % 0,20/0,28 mm 10,0 tömeg % 0,28/0,36 mm 4,0 tömeg %	
anyagsűrűsége, g/cm <sup>3</sup>	4,1	4,1
halmazsűrűsége, laza, g/cm <sup>3</sup>	1,82	1,82
tömörített, g/cm <sup>3</sup>	2,28	2,28
egyszer 20 g tömegű adagjai ismételt felszórásának időpontja	10	22
tárcsa körülfordulás után koptatási úthossz után, m	31,4	30,4
Étalon tükörüveg vastagsága, m		0,6 – 1,0
anyagsűrűsége, g/cm <sup>3</sup>		2,54 – 2,53
tömegvesztesége, cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup>		11,4 – 13,4
A vizsgálati eredmény kifejezése	Tömegveszteség cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> -ben	

egyetem műszaki-mechanikai laboratóriumával kapcsolatos Kísérleti Állomáson is elvégzik [4].

Hazánkban a Böhme-féle koptatási vizsgálatot 1951-ben szabványosították [19] és azóta a vizsgálati módszer a magyar szabványokban hatszor módosult [20–22, 25, 37, 48]. E szabványok több-kevesebb eltéréssel és késéssel általában a német szabványokat követték, ugyanakkor az új MSZ 18290/1–81 több vonatkozásban gazdagabb a legutóbbi DIN 52108/1968 szabványnál [56].

A Böhme-féle koptatás szabványos módszerének fejlődése a 2. táblázatból tekinthető át.

A próbatest alakja és mérete az idők folyamán lényegében nem változott, csak az MSZ 18290/1-81 hatálybalépésével annyiban bővült, hogy napjainkban az 5,0–7,2 cm átmérőjű próbahengerek alkalmazása is megengedett, mert az MSZ 18282/4–78 [23] általában ezek vizsgálatát részesíti előnyben. Próbahenger alkalmazása esetén a mérési eredményt a 7,1 cm élhosszúságú próbakocka kopására kell átszámítani.

A szabványos Böhme-féle koptatási módszerek jellemzőinek összehasonlítása

A szabvány jele	DIN DVM 2108/33	DIN DVM 2108/39	MNOSZ 1221 – 51
Az irodalmi hivatkozás száma	[53]	[54]	[19]
A próbakocka vagy lap élhossza, cm	7,1	7,1	7,07
A próbahenger átmérője, cm	–	–	–
A próbatest víztartalmi állapota koptatás közben	kiszáritott	kiszáritott légszáraz vítelített	kiszáritott vítelített
A próbatest víztartalmi állapota tömegméréskor vizes vizsgálatnál	–	vítelített	vítelített
A vizes vizsgálat módja		vizesöpög- tetéssel	vizesöpög- tetéssel
Próbatest elfordítás társa körülfordulásonként	110	110	110
A társa anyagminősége	Shore 30 – 50	Shore 30 – 50	Shore 30 – 50
A társa körülfordulásainak száma	440	440	440
A koptatópor minősége	Term. korund	Term. korund	Korund
Összetétel: Kristályos $Al_2O_3$ tart., %	60 – 70	60 – 70	60 – 70
$SiO_2$ tartalom, %	< 7	< 7	< 7
Alkáli és földalk. tart., %			
Szemnagyság, névleges, mm	0,15/0,20	0,15/0,20	0,15/0,20
< 0,25 mm, %	100	100	100
> 0,20 mm, %			max. 10
< 0,20 mm, %			
> 0,16 mm, %			
< 0,15 mm, %	max. 10	max. 10	max. 10
0,1 – 0,16 mm, %			
< 0,071 mm, %			
Anyagsűrűség, $g/cm^3$	3,9 – 4,1	3,9 – 4,1	3,9 – 4,1
Halmazsűrűség, laza, $g/cm^3$	1,75 – 1,85	1,75 – 1,85	1,75 – 1,85
tömörített, $g/cm$	2,15 – 2,30	2,15 – 2,30	2,30
Etalon gránit mag. csökk., mm			
Etalon mészkő mag. csökk., mm			
Korund intézeti ellenőrzése		van	van
Vizsgálati eredmény kifejezése			
térfogat veszteség mértékegysége	$cm^3$	$cm^3$	$cm^3$
magasság csökkenés mértékegysége			mm



MSZ 1991 – 60	DIN 52108/65	MSZ 1991 – 67	DIN 52108/68	MSZ 4754/1 – 76 MSZ 4754/3 – 69	MSZ 4715/4 – 72	MSZ 3553 – 78	MSZ 18290/1 – 81
[20]	[55]	[21]	[56]	[37 – 38]	[25]	[48]	[22]
7,07 – kiszáritott vítelített vítelített vizesöpög- tetés nélkül 110	7,1 – kiszáritott nedvesített vítelített nedvesített vítelített vizesöpög- tetéssel 22	7,07 – kiszáritott – – 110	7,1 – kiszáritott nedvesített vítelített vizesöpög- tetéssel 22	7,07 – kiszáritott – – 56	7,07 – légszáraz vítelített – nincs meg- adva vizesöpög- tetés nélkül 110	7,07 – kiszáritott – – 22	7,1 5,0 – 7,2 légszáraz vítelített kiszáritott vizesöpögtetéssel 22
Shore 30 – 50 440	HB 30 190 – 220 kp/mm <sup>2</sup> 352	Shore 30 – 50 440	HB 30 190 – 220 kp/mm <sup>2</sup> 352	Shore 30 – 50 440	Shore 30 – 50 440	nincs megadva 352	HB 1863 – 2157 Shore 32 – 36 352
Korund 60 – 70 < 7 0,15/0,20 100 max. 10 max. 10 3,9 – 4,1 1,75 – 1,85 2,30	Elektrokorund 70 – 80 ≤ 5 = 2 0,10/0,16 100 max. 10 min. 80 max. 10 1,1 – 1,3 4,3 – 4,8 van	Korund 60 – 70 < 7 0,15/0,20 100 max. 10 max. 10 3,9 – 4,1 1,75 – 1,85 2,30	Elektro- korund 1,1 – 1,3 4,2 – 5,1 van	Korund 60 – 70 < 7 0,15/0,20 100 max. 10 max. 10 3,9 – 4,1 1,75 – 1,85 2,30	Korund 60 – 70 < 7 0,15/0,20 100 max. 10 max. 10 3,9 – 4,1 1,75 – 1,85 2,30	KA 16 el. kor. medián = 0,115 – 0,275 mm	KA 12 el. kor. Term. korund < 99 < 95
cm <sup>3</sup> mm	cm <sup>3</sup> mm	cm <sup>3</sup> mm	cm <sup>3</sup> mm	cm <sup>3</sup> mm	cm <sup>3</sup> mm	mm	cm <sup>3</sup> mm

A próbatestre ható *terhelő erő* a próbatest alakjától és méretétől függetlenül – az eredeti *Böhme*-féle módszernek megfelelően – 294,2 N (30 kp).

A koptatópálya anyaga lényegében ma is az eredetinek megfelelő keménységű öntöttvas. A megkövetelt keménységet a DIN szabványok 1965-ig [53, 54], az MSZ szabványok 1981-ig [19-21, 37, 38, 25] D típusú Sklerograffal mérhető, mm-ben kifejezett Shore visszapattanási értékben, azt követően az ennek megfelelő, kp/mm<sup>2</sup>-ben [55, 56], illetve N/mm<sup>2</sup>-ben [22] kifejezett Brinell keménységben [60, 61] adják meg. Az MSZ 18290/1 – 81 szerinti 1863 – 2157 N/mm<sup>2</sup> közötti HB Brinell keménységnek 32 – 36 mm közötti Shore érték felel meg [62].

A koptatás *térfogati* ellenállással szemben végzett *munka*, így ezt kell meghatározónak tekinteni. A próbatest térfogatvesztését – a korábbiakkal ellentétben ma az MSZ 18290/1 szerint – a mért érték, magasságsökkenését – különös tekintettel a próbahengerek alkalmazásának lehetőségére – az 50 cm<sup>2</sup> felületre vonatkoztatott érték adja meg. Tehát tudatosan térünk el a DIN 52108/1968 [56] előírásától, amely – a próbahenger vizsgálatát ugyan nem engedi meg – kihangsúlyozza, hogy az 50 cm<sup>2</sup>-től eltérő koptatott felületű próbatestek vizsgálati eredményét nem kell az 50 cm<sup>2</sup>-nek megfelelő értékre átszámítani.

A *Böhme*-féle koptatást a próbatestek száraz, vagy vízzel telített *víz tartalmi állapotában* szokás elvégezni. A száraz állapotot többnyire a próbatest vízhűtéses kivágását követő – 100 °C körüli hőmérsékleten tömegállandóságig történő – szárítással biztosítják, az MSZ 18290/1 – 81 azonban a gyakorlatiasabb légszáraz állapotot követeli meg és ezzel visszautal a már a DIN DVM 2108/1939 [54] szabványban felsejlett lehetőségre.

A vízzel telített – vagy némely szabvány szerint [55, 56] esetleg csak átnedvesített – próbatestek tömegét az MSZ 18290/1 – 81 kivételével minden szabvány vizes állapotban méreli le. Az MSZ 18290/1 – 81 ez esetre a kiszáritott állapotban végzett tömegmérést ítéli szabatosabbnak.

A vízzel telített próbatesteket *vizes koptatással* kell vizsgálni. A vizes vizsgálat közben mintegy 10 cm magasról vékony vízszög, vagy 150 – 200 csepp alakjában 22 fordulató periódusonként kb. 10 cm<sup>3</sup> vizet kell 3 cm-rel a próbatest elé csöpögtetni. A vízcsöpögtetés előírását az MSZ 1991 – 60 [20] és az MSZ 4715/4 – 72 [25] szabványok elmulasztották, az MSZ 1991 – 67 [21], az MSZ 4754/3 – 69 [37], az MSZ 4754/1 – 76 [38] és az MSZ 3553 – 78 [48] szabványok pedig a vizes vizsgálatot

nem említették, illetve nem említik. A vízcsöpögtetést a külföldi irodalom kihangsúlyozza [9], és a hazai is utal rá [16].

A *tárcsa körülfordulásainak száma* korábban 440, ma 352, tehát a 22 fordulató periódusok száma 20-ról 16-ra csökkent. A változást az NSZK-ban a DIN 52108/1965 [55], Magyarországon az MSZ 3553 – 78 [48] vezette be. Az ezidő előtti vizsgálati eredmények 0,85 értékű szorzóval hasonlíthatók a maiakhoz. Ezzel egyidejű az az intézkedés, hogy a *próbatess függőleges tengely körüli 90 °-os elfordításait* a korábbi 110-zel szemben 22 tárcsa-körülfordulásonként kell elvégezni.

A *koptatópor anyaga* korund. Az NSZK-ban 1965-ig természetes korundot, elsősorban a Naxos-Union által Frankfurtban forgalmazott Nr. 80 jelű naxoszi csiszolóport használtak [1 – 3, 53, 54]. Az NDK-ban már 1960-ban elektrokorund alkalmazásáról számolnak be [11] és az NSZK-ban 1965 után – ha nem is kizárólagosan – az elektrokorund a szabványos koptatópor [55, 56]. Magyarországon az elektrokorund koptatópor szabványosítása egyértelműen 1978-ban történt meg [48]. Míg az eredeti természetes korund előírt alumínium-oxid tartalma 60 – 70% volt, [53, 54, 19, 20, 21, 37, 38, 25], addig az elektrokorundé már 70 – 80% [55]. Ez utóbbi követelményt hazai szabványos anyagaink közül legjobban az MSZ 4506 – 62 [51] szerinti min. 70% alumínium-oxid tartalmú KC jelű másodrendű elektrokorund por elégítené ki, amely azonban kereskedelmi forgalomban nem szerezhető be. A beszerezhető KA jelű nemes elektrokorund por alumínium-oxid tartalma min. 99%. Méréseink szerint az NSZK-ból napjainkban beszerzett naxoszi természetes korundé is mintegy 96%, és így az MSZ 18290/1 – 81 szabványban a természetes korundra az elektrokorundéhoz közel álló 95%-os követelményt lehetett támasztani.

Az idők folyamán a *koptatópor szemnagysága* is változott. Az Nr. 80 jelű naxoszi természetes korundpor használata idején a névleges szemnagyság 0,15/0,20 mm [3, 53, 54, 19, 20, 21, 37, 38, 25], az elektrokorund szabványosítása után az NSZK-ban 0,10/0,16 mm volt [55]. A hazai MSZ 4506 – 62 K (1971) [51] szerinti elektrokorundok közül az előbbinek a 16 jelű, az utóbbinak a 12 jelű szemnagyság felel meg. Ezeket a szemnagyságokat az MSZ 4506 – 62 szabvány 1971. évi kiegészítése előtt 20, illetve 16 jellel jelölték. Megjegyezzük, hogy a vizsgált naxoszi természetes korund névleges szemnagysága 0,16/0,24 mm volt. Az MSZ 18290/1 – 81 a korundpor



szemmegoszlását mediánjával jellemzi, és a 0,13 mm medián-értéktől való eltérést a vizsgálati eredmény számításánál korrekcióba veszi.

A ma hatályos DIN 52108/1968 [56] nem adja meg a korundpornak sem az anyagi minőségét, sem a szem nagyságát. Helyette úgy intézkedik, hogy a koptatópor minősége akkor megfelelő, ha alkalmazásával az *etalon gránit* magasság csökkenése 1,1–1,3 mm, az *etalon mészkő*é 4,2–5,1 mm. Etalon kőanyagot az NSZK-ban 1965, tehát az elektrokorund bevezetése óta alkalmaznak, bár akkor még a kémiai összetételt, a szemmegoszlást és a halmazsűrűséget is előírták. Az etalon kőanyag és a korundpor minőségét az NSZK-ban 1965, illetve 1939 óta semleges minőségellenőrző intézetek vizsgálják és szavatolják. Magyarországon közeteink változékonysága etalon kőanyagok kijelölését nem tette lehetővé, de ha lehetővé is tenné, nem lenne mód a koptatópor minőségének befolyásolására. Ezért itthon helyesebbnek látszik egy adott koptatópor minőség és szem nagyság ajánlása, és az attól való nem túl nagy eltérés megengedése, továbbá az eltérés hatásának a kopási eredményekben való korrigálása.

Az MSZ 18290/1–81 az áttekintett fejlődés hazai eredménye. E korszerűsített *Böhme*-féle vizsgálati módszer a próbatest alakok kiterjesztésével, a próbatest méretek és koptatópor finomságok túrésezésével megkönnyíti, a vizes vizsgálat bevezetésével bővíti az eljárás alkalmazását, ugyanakkor pontosabb a korábbi módszernél, jobban közelíti a külföldi előírásokat, érvényre juttatja a műszaki tartalommal bíró vizsgálati elveket és a vizsgálati változók közötti összefüggéseket.

A következőkben ezeket a különböző feltételek melletti koptatások kapcsolatát kifejező, és az MSZ 18290/1–81 szerinti vizsgálati eredményképzés alapjául szolgáló összefüggések kísérleti hátterét ismertetjük.

### Összefüggés a különböző feltételek melletti *Böhme*-féle koptatási módszerek eredményei között

Az MSZ 18290/1–81 szövegezését részletes kísérleti munka előzte meg [17]. E kísérlet alkalmával 170 három-próbatertes *Böhme*-féle vizsgálat készült. A vizsgálatok mindegyikét a *Böhme*-féle koptatás négy jellemzője határozta meg. A négy jellemzőt összesen 11 változatban alkalmaztuk. A jellemzők és változataik – mint a *Böhme*-féle koptatás feltételei – a következők voltak:

Próbatess alakja: Névleges 7,1 cm élhosszúságú próbakoeca

Névleges 5,5 cm átmérőjű és 5,5 cm magas próbahenger

Koptatópor: KA 10–12 jelű 0,13 mm medián szem nagyságú elektrokorund

KA 32 jelű 0,27 mm medián szem nagyságú elektrokorund

Naxosz 20 jelű 0,22 mm medián szem nagyságú, és KB elektrokorund minőségnek megfelelő természetes korund

SC 12 jelű 0,09 mm medián szem nagyságú szilícium-karbid

Próbatess állapota és vizsgálat módja:

Száraz vizsgálat: légszáraz próbatest száraz vizsgálat

Vizes vizsgálat: vízzel telített próbatest vizsgálat vízcsöpögtetéssel

Nedves vizsgálat: vízzel telített próbatest vizsgálat víz csöpögtetés nélkül

Körülfordulások száma: 440

352

A vizsgálati jellemzőknek a koptatás eredményére gyakorolt hatását a három jellemzőben azonos, és csak egyben eltérő változatokat képviselő vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása útján tanulmányoztuk. Ennek megfelelően 27 értékelési csoportot képeztünk, és egy-egy csoporton belül összefüggést kerestünk a jellemzők egy változatában eltérő vizsgálatok eredményei, azaz a szóban forgó kísérleti feltétel megváltozásának hatására megváltozott eredmények között. Egy-egy értékelési csoport értékpárjait tehát a különböző kőanyagokon kétféle módszerrel mért koptatási eredmények alkotják.

A 27 értékelési csoport vizsgálati jellemzőiről a 3. táblázatban adunk áttekintést. A táblázatban a jellemzőket szimbolikusan jelöltük. A vizsgálati jellemzőknek azt a három változatát, amely az értékelési csoport minden eredményére azonos, o-val, és azokat a – negyedik jellemzőhöz tartozó – változatait, amelyek az értékelési csoport vizsgálati eredményeire nézve eltérnek egymástól, x-szel, illetve y-nal jelöltük aszerint, hogy ez utóbbi eredmények a keresett összefüggésben a független, vagy a függő változó szerepét töltik be.

A különböző Böhme-féle koptatási módszerek értékelési csoportjainak vizsgálati jellemzői

Értékelési csoport	Próbatest alak		Koptatópor				Vizsgálat			Körülfordulások száma	
	Kocka	Henger	KA 10	KA 32	SC 12	Náxosz 20	Száraz	Vizes	Nedves	440	352
1.	0		0				0			x	y
2.	0		0				x		y	0	
3.	0		x	y			0			0	
4.	0		0				x				0
5.	0		x			y	0	y			0
6.	0		x			y		0			0
7.	0		x	y					0	0	
8.	0			0			x		y	0	
9.	0					0	x	y			0
10.		0	0				0			x	y
11.		0	0				x	y			0
12.		0	x	y			0				0
13.		0	x		y		0				0
14.		0	x			y	0	0			0
15.		0	x	y				0			0
16.		0	x			y		0			0
17.		0		0			x	y			0
18.		0		x	y		0				0
19.		0		x		y	0				0
20.		0		x		y		0			0
21.		0			x	y	0				0
22.		0				0	x	y			0
23.	x	y	0				0			0	
24.	x	y	0				0				0
25.	x	y	0					0			0
26.	x	y				0	0				0
27.	x	y				0		0			0

A vizsgálati eredményeket e helyen részletesen nem soroljuk fel, de az eredeti tanulmányon [17] kívül azok egy része korábbi publikációnkban [18] megtalálható. A hivatkozott [18] publikáció a kopási vizsgálat eredményeinek megengedett terjedelmével foglalkozik és módszerét adja annak az eljárásnak, amelynek segítségével az értékelési csoportok számításba vehető  $x$ - $y$  értékpárjai közül a megengedettnél nagyobb vizsgálati szórású számtani középértékeket kihagytuk. Így egyes értékelési csoportoknál az összefüggések meghatározásakor a számításba vett értékpárok száma a ténylegesen mérteknél kevesebb.

Az értékelési csoporton belül valamely vizsgálati jellemző különböző változataihoz tartozó koptatási eredmények között az összefüggést a

legkisebb hibanégyzet összegek módszere szerint határoztuk meg. Ennek során a regressziós görbét  $y = ax^2 + bx + c$  alakú másodfokú parabola és  $y = ax$  alakú origón átmenő egyenes képében kerestük.

A másodfokú parabola az összefüggést kisebb hibával, az egyenes nagyobb hibával, de a gyakorlat számára egyszerűbben és a kapcsolat trendjét sokszor jobban kifejezve írja le.

A meghatározott függvényparamétereket, valamint az összefüggések szorosságát kifejező I korrelációs index, S standard hiba és H relatív hiba értékeket, valamint a számításba vett értékpárok  $n$  számát a 4.-7. táblázatokban tüntettük fel a függvényalakok, térfogat veszteségek, magssága csökkenések szerinti csoportosításban.



A különböző Böhme-féle koptatási módszerekkel kapott térfogat veszteségek másodfokú parabola alakú összefüggésének függvényparaméterei és korrelációs jellemzői

Össze- függés jele	a	b	c	I	S cm <sup>3</sup>	H %	n db
1.	+0,0004556	+0,873832	- 0,051	0,990	1,130	7,88	13
2.	+0,0102710	+0,678726	+ 1,266	0,985	1,694	10,70	13
3.	+0,0001824	+1,175563	- 1,774	0,999	0,148	0,70	6
4.	-0,0417887	+3,089143	-10,056	0,988	1,846	8,00	13
5.	+0,0563835	-0,426391	+ 8,271	0,991	1,218	7,34	5
6.	+0,0052259	+0,918098	+ 2,007	0,994	1,871	6,46	5
7.	-0,0055190	+1,451196	- 2,965	0,993	1,634	7,59	6
8.	+0,0156108	+0,315033	+ 5,547	0,998	0,928	4,31	6
9.	-0,0768470	+4,595147	-19,558	0,992	2,145	7,41	5
10.	-0,0048010	+1,046208	- 2,229	0,994	0,738	6,42	19
11.	-0,0804367	+3,711287	- 9,852	0,957	3,131	16,89	19
12.	-0,0192691	+1,960067	- 2,268	0,996	0,931	4,37	7
13.	+0,0432584	-0,118116	+ 9,734	0,962	2,733	13,62	7
14.	-0,0105859	+1,630013	- 0,821	0,972	1,868	9,58	9
15.	+0,0114035	+0,820675	+ 2,928	0,937	4,977	16,67	7
16.	+0,0258814	+0,266832	+ 5,124	0,969	3,186	10,70	9
17.	-0,0292910	+2,508807	- 6,853	0,988	2,187	7,32	7
18.	+0,0328163	-0,513590	+12,293	0,977	2,127	10,60	7
19.	+0,0038881	+0,695711	+ 3,094	0,978	1,520	7,64	5
20.	-0,0169472	+1,842326	- 8,935	0,962	2,368	7,96	5
21.	-0,1048156	+4,925190	-30,668	0,970	1,977	9,93	5
22.	-0,0358195	+2,968657	-12,190	0,975	3,184	10,69	9
23.	-0,0289650	+1,904464	- 6,790	0,962	1,800	12,37	12
24.	-0,0308354	+1,856263	- 6,545	0,960	1,729	14,57	12
25.	-0,0232639	+2,030113	-11,306	0,936	3,843	19,52	13
26.	-0,0082673	+1,232053	- 0,005	0,990	1,198	6,88	5
27.	-0,0141553	+1,662527	- 7,328	0,988	2,182	8,70	5

5. táblázat

A különböző Böhme-féle koptatási módszerekkel kapott magasság csökkenések másodfokú parabola alakú összefüggésének függvényparaméterei és korrelációs jellemzői

Össze- függés jele	a	b	c	I	S mm	H %	n db
1.	+0,003275	+0,83726	+0,043	0,991	0,198	7,09	13
2.	+0,064094	+0,59063	+0,430	0,985	0,343	10,73	13
3.	+0,025240	+0,99212	-0,014	0,998	0,147	3,50	6
4.	-0,206646	+3,06598	-1,821	0,989	0,353	7,57	13
5.	+0,153073	+0,25329	+0,902	0,989	0,245	7,87	5
6.	+0,010951	+1,10996	-0,102	0,999	0,142	2,49	5
7.	+0,011656	+1,04134	+0,123	0,993	0,329	7,78	6
8.	+0,078984	+0,26286	+1,200	0,095	0,090	2,14	6
9.	-0,415797	+4,79651	-4,020	0,990	0,446	8,17	5
10.	-0,026661	+1,06483	-0,442	0,993	0,157	6,85	19
11.	-0,395538	+3,68041	-1,941	0,962	0,594	16,05	19
12.	-0,091030	+1,92514	-0,412	0,996	0,197	4,64	7
13.	+0,209462	-0,08500	+1,984	0,997	0,145	3,59	7
14.	-0,096258	+1,92398	-0,610	0,973	0,379	9,72	9
15.	+0,127493	+0,27775	+1,163	0,961	0,789	13,33	7
16.	+0,145333	+0,04126	+1,377	0,977	0,516	9,12	9
17.	-0,147901	+2,53696	-1,528	0,987	0,454	7,67	7
18.	+0,150485	-0,41073	+2,393	0,965	0,515	12,75	7
19.	+0,031145	+0,64144	+0,566	0,990	0,198	5,05	5
20.	-0,083263	+1,72927	-1,433	0,967	0,505	9,00	5
21.	-0,632613	+5,86528	-7,999	0,984	0,249	6,35	5
22.	-0,122437	+2,36057	-1,358	0,962	0,662	11,69	9
23.	-0,136282	+1,80704	-1,129	0,956	0,392	13,59	12
24.	-0,155204	+1,84389	-1,224	0,961	0,343	14,46	12
25.	-0,098959	+1,86937	-2,018	0,951	0,676	17,11	13
26.	-0,042948	+1,32011	-0,168	0,998	0,111	3,28	5
27.	-0,063040	+1,46490	-0,848	0,982	0,484	10,19	5

6. táblázat

A különböző Böhme-féle koptatási módszerekkel kapott térfogat veszteségek origón átmenő egyenes alakú összefüggésének függvényparaméterei és korrelációs jellemzői

Össze- függés jele	a	I	S cm <sup>3</sup>	H %	n db
1.	+0,883181	0,989	1,138	7,94	13
2.	+1,004902	0,975	2,204	13,92	13
3.	+1,110377	0,997	0,896	4,26	6
4.	+1,580993	0,957	3,552	15,39	13
5.	+1,182051	0,968	2,316	13,95	5
6.	+1,170692	0,993	1,944	6,71	5
7.	+1,155780	0,992	1,767	8,21	6
8.	+1,043965	0,986	2,335	10,85	6
9.	+1,737775	0,960	4,610	15,92	5
10.	+0,818892	0,990	0,936	8,14	19
11.	+1,572438	0,907	4,509	24,32	19
12.	+1,426548	0,992	1,377	6,47	7
13.	+1,325109	0,935	3,552	17,70	7
14.	+1,388274	0,971	1,922	9,86	9
15.	+1,267859	0,936	5,033	16,86	7
16.	+1,221007	0,958	3,735	12,54	9
17.	+1,377399	0,968	3,606	12,08	7
18.	+0,926307	0,929	3,704	18,46	7
19.	+0,925542	0,973	1,659	8,34	5
20.	+0,933488	0,950	3,357	11,29	5
21.	+1,081389	0,857	3,713	18,66	5
22.	+1,531842	0,947	3,752	12,60	9
23.	+0,825376	0,853	3,443	23,66	12
24.	+0,783705	0,877	2,981	25,12	12
25.	+0,841763	0,893	4,907	24,92	13
26.	+1,021166	0,982	1,647	9,43	5
27.	+0,857872	0,976	3,031	12,08	5

7. táblázat

A különböző Böhme-féle koptatási módszerekkel kapott magasság csökkenések origón átmenő egyenes alakú összefüggésének függvényparaméterei és korrelációs jellemzői

Össze- függés jele	a	I	S mm	H %	n db
1.	+0,86421	0,992	0,195	6,98	13
2.	+1,02078	0,974	0,449	14,02	13
3.	+1,13715	0,995	0,256	6,09	6
4.	+1,64435	0,965	0,636	13,64	13
5.	+1,12329	0,984	0,298	9,58	5
6.	+1,17366	0,998	0,202	3,53	5
7.	+1,14106	0,993	0,335	7,94	6
8.	+1,01959	0,988	0,429	10,16	6
9.	+1,85668	0,962	0,921	16,12	5
10.	+0,82649	0,990	0,191	8,33	19
11.	+1,58143	0,916	0,870	23,50	19
12.	+1,42832	0,992	0,275	6,48	7
13.	+1,33455	0,927	0,732	18,12	7
14.	+1,19085	0,971	0,391	10,02	9
15.	+1,25347	0,954	0,851	14,38	7
16.	+1,16420	0,962	0,657	11,60	9
17.	+1,37346	0,966	0,730	12,32	7
18.	+0,93110	0,918	0,776	19,21	7
19.	+0,92138	0,989	0,210	5,37	5
20.	+0,88859	0,935	0,705	12,57	5
21.	+1,04587	0,822	0,806	20,55	5
22.	+1,44533	0,954	0,721	12,74	9
23.	+0,83212	0,863	0,676	23,46	12
24.	+0,80997	0,986	0,550	23,21	12
25.	+0,84386	0,920	0,858	21,71	13
26.	+1,07815	0,995	0,172	5,06	5
27.	+0,80988	0,966	0,662	13,94	5

A felírt összefüggések elemzése során a próbat-  
test alakjának és méretének, a koptatópor minő-  
ségének és szemnagyságának, a próbat-  
test víztartalmi állapotának és a vizsgálat módjának,  
továbbá a körülfordulások számának hatását  
illetően az alábbi következtetésekre jutottunk:

### A próbat- test alakja és mérete

A 23–27. összefüggésekből kitűnik, hogy a  
hengerek a kockáknál általában kevésbé kopnak.  
Ez a jelenség független a próbat-  
test állapotától, a körülfordulások számától és valószínűleg a kop-  
tatópor minőségétől is.

A jelenségnek az az oka, hogy a henger alá  
minden bizonnyal kevesebb koptatópor kerül,  
mint a kocka alá, egyrészt, mert a henger alakjá-  
nál fogva jobban eltereli a csiszolóport, mint a  
kocka, másrészt, mert a kis átmérőjű henger  
kisebb kopófelülete folytán nagyobb fajlagos erő-  
vel nyomódik a koptatótárcsához, mint a 7,07 cm  
élhosszúságú kocka.

Ezzel kapcsolatban tudni kell, hogy a kockák  
és hengerek koptatása során egyaránt a 294,2 N  
nagyságú terhelő erőt tartottuk állandó értéken.  
Ennek a terhelő erőnek a hatására a koptató-  
pálya forgásából ébredő súrlódási erő a vizsgálati  
módszer által meghatározott úton munkát végez,  
amelynek nagysága szintén konstans. A próba-  
test a koptatómunkával szemben ellenállást fejt  
ki, amely fordítottan arányos a próbat-  
test térfogat veszteségével. A térfogat veszteség nagy-  
sága elvben csak a koptatott közet minőségétől  
függ és független a koptatott felület nagyságától.  
Ha ugyanis a felületet például felére csökkentjük,  
akkor a fajlagos terhelő erő a kétszeresére nő,  
aminek eredményeképpen az egységnyi koptatott  
felület feletti térfogat veszteség is kétszeres lesz,  
tehát az összes térfogat veszteség változatlan  
marad.

Fentiek rámutatnak arra, hogy nemcsak az  
azonos alakú, de a különböző alakú próbat-  
testek felület különbségét sem kell a terhelő erő válto-  
ztatásával korrekcióba venni, hanem a próba-  
testek felület nagyságától függetlenül mindig  
6 kg terhelő tömeget kell alkalmazni. Amikor  
tehát a különböző alakú próbat-  
testek különböző felületnagyságát sem a terhelő erővel, sem a  
térfogat veszteség számítás módjával nem vettük  
korrekcióba, akkor helyesen jártunk el.

Mindezek mellett meg kell állapítani, hogy  
a próbat-  
testek alakjának méretváltozással együtt  
jelentkező megváltozása feltétlenül a koptatási  
mechanizmus megváltozását vonja maga után.



A mechanizmus megváltozását korrekciós tényezővel javasoltuk figyelembe venni.

Ugyanakkor a magasság csökkenések kiszámítása során a kockáknál és hengereknél egyaránt úgy kell eljárunk, hogy a próbatest magasság csökkenését  $50 \text{ cm}^2$  koptatott felületre vonatkoztatjuk. Ha tehát a próbatest felületének nagysága nem  $50 \text{ cm}^2$ , akkor azt kell kiszámítani, hogy mekkora annak az  $50 \text{ cm}^2$  alapterületű testnek a magassága, amelynek térfogata a próbatest koptatott alapterületének és a mért magasság csökkenésnek a szorzatával azonos. Ennek megfelelően a mért magasság csökkenést kockáknál és hengereknél is  $F/50 = 0,02 \cdot F$  arányban korrigáljuk, ahol  $F$  a koptatott felület  $\text{cm}^2$ -ben.

Ha  $B_k$  a  $7,07 \text{ cm}$  élhosszúságú kocka és  $B_h$  az  $5,5 \text{ cm}$  átmérőjű henger térfogat vesztesége, vagy magasság csökkenése, akkor a 3. táblázatbeli 24. és 25. összefüggésből származtatva a kopási eredmények kapcsolatát KA 10 jelű koptatópor alkalmazása és 352 korong körülfordulás esetén száraz és vizes eljárásnál egyaránt legegyszerűbben a

$$B_k = 1,167 \cdot B_h$$

összefüggés fejezi ki. Az átszámítást pontosabbá tehetjük, ha a korrekciós tényező értékét a próbahenger  $F$  kopófelülete és a  $7,07 \text{ cm}$  élhosszúságú próbakocka kopófelülete hányadosának függvényében adjuk meg.

A korrekciós tényező értékét a kísérlet próbatest méreteiből az MSZ 18282/4-78 [23]  $\varnothing 5 \text{ cm} - \square 7,1 \text{ cm}$  próbatest méret tartományára lineárisan interpolálva, illetve extrapolálva a következő átszámítási képletet kapjuk:

$$B_k = (1,318 - 0,318 \cdot F/50) \cdot B_h$$

Néhány próbahenger átmérőhöz tartozó  $F/50$  hányadost a 8. táblázatban tüntettünk fel.

8. táblázat

Néhány  $F/50$  hányados értéke

Próbahenger átmérője cm	F $\text{cm}^2$	F/50
5	19,63	0,393
5,5	23,76	0,475
6	28,27	0,565
6,5	33,18	0,664
7	38,48	0,770
7,07 cm-es próbakocka	50,00	1,00

## A koptatópor minősége és szemnagysága

A 3. táblázatbeli 13, 18, és 21. összefüggésekből megállapítottuk, hogy az SC 12 szilíciumkarbid koptató hatása  $6-8\%$ -kal kisebb a nála durvább szemnagyságú naxoszi korundnál és KA 32 elektrokorundnál, ugyanakkor a vele közel azonos szemnagyságú KA 10-12 elektrokorund koptató hatását mintegy  $33\%$ -kal meghaladja. Így a szilíciumkarbid koptatóporként való alkalmazását elvetettük.

A 3. táblázatbeli 5, 6, 12, 14, 15, 16, 19, és 20. összefüggésekből kitűnt, hogy a naxoszi természetes korund a KA 10-12 elektrokorundnál mintegy  $30\%$ -kal erősebben, a KA 32 elektrokorundnál mintegy  $10\%$ -kal gyengébben koptat. Ezt a jelenséget a szemnagyságok különbözőségére vezettük vissza és kiküszöbölésére a kopás mértékét a korund szemmegoszlása  $m$  mediánjának függvényében fejeztük ki. Ehhez a nevezett összefüggéseket használtuk fel azzal a közelítéssel, hogy a természetes korund és az elektrokorund kissé eltérő alumínium-oxid tartalmától elvonatkoztattuk.

Fentiek alapján különböző számításmódokkal összefüggést kaptunk a  $7,07 \text{ cm}$  élhosszúságú próbakockák és az  $5,5 \text{ cm}$  átmérőjű próbahengerek valamely KA és esetleg KB minőségű korund porral 352 fordulat mellett jelentkező  $B_e$  kopási eredményének a KA 10-12 elektrokorund por alkalmazása esetén várható  $B_{10}$  kopási eredményre való átszámítására.

Az összefüggés  $7,07 \text{ cm}$  élhosszúságú próbakocka esetén:

$$B_{10} = (1,157 - 1,210 \cdot m) \cdot B_e$$

és  $5,5 \text{ cm}$  átmérőjű próbahenger esetén

$$B_{10} = (1,284 - 2,188 \cdot m) \cdot B_e$$

ahol a  $B$  kopás térfogat veszteség, vagy magasság csökkenés lehet.

A két középérték függvény rámutat arra, hogy a korund szemnagyságának változása nagyobb hatással van az  $5,5 \text{ cm}$  átmérőjű próbahengeren mért kopásra, mint a  $7,07 \text{ cm}$  élhosszúságú próbakockán mértre. Ennek okát feltehetően a kocka és henger különböző koptatási mechanizmusaiiban rejlő különféle jelenségek egymásra hatásában kell keresnünk. E jelenségek a következők: a koptatás során a durva korundpor jobban aprózódik a finom szemmegoszlású pornál; a henger alá kevesebb koptatópor kerül be, mint a kocka alá; a henger alá került koptatópor szemcsék a henger kisebb kopófelülete

folytán nagyobb terhelést kapnak, és ezért jobban aprózódnak, mint a kocka alá került szemcsék.

A korund koptatópor szemnagyságának hatását kifejező két összefüggés együtthatóit az  $F/50$  koptatott felületarány függvényében felírva olyan összefüggésre jutunk, amely a 10–12 finomságtól eltérő finomságú korundporral kapott  $B_e$  kopási eredmény átszámítását a 10–12 finomságú elektrokorundporhoz tartozó  $B_{10}$  kopási eredményre az  $m$  medián és az  $F/50$  felületarány függvényében teszi lehetővé. Az összefüggés alakja:

$$B_{10} = [1,399 - 0,2419 \cdot F/50 - (3,073 - 1,8629 \cdot F/50) \cdot m] \cdot B_e$$

Az  $F/50 = 1$  helyettesítéssel a 7,07 cm élhosszúságú próbakocka különböző finomságú korundporokkal kapott  $B_e$  kopásának az  $m = 0,13$  mm mediánú korundporhoz tartozó  $B$  kopását kapjuk:

$$B = (1,157 - 1,210 \cdot m) \cdot B_e = \omega_k \cdot B_e$$

A zárójeles tag tehát a 7,07 cm élhosszúságú próbakockán mért térfogat veszteség, vagy magasság csökkenés  $\omega_k$  korrekciós tényezője, amely a korundpor mediánjának képezi függvényét. Képét az MSZ 18290/1–81 2. ábrája, értékeit annak 1. táblázata tartalmazza.

A fenti  $B_{10} = f(F, m, B_e)$  függvénysor konstans  $F$  esetén az azonos kopófelületű próbatetek különböző finomságú korunddal végzett koptatásának eredményei között ad kapcsolatot. Ha az átszámítás során az esetleges próbahenger alkalmazásának és a próbahenger átmérőjének hatását is figyelembe kívánjuk venni, akkor a fenti függvénysorból meghatározott  $B_{10}$  eredményt a  $B_k = f(F \cdot B_h)$  függvény  $(1,318 - 0,318 \cdot F/50)$  tényezőjével meg kell szorozni ahhoz, hogy eredményünket a KA 10–12 elektrokorundporral koptatott 7,07 cm élhosszúságú próbakocka Böhme kopására redukáljuk. Ez a szorzat képezi a vizsgálat hengerekre vonatkozó  $B$  mértékadó eredményét. A szorzat alakja a következő:

$$B = [a \cdot (F/50)^2 + b \cdot F/50 + c] \cdot B_e = \omega_h \cdot B_e$$

Az  $a$ ,  $b$  és  $c$  paraméter a korund koptatópor szemmegoszlása  $m$  mediánjának képezi függvényét, ahol  $\omega_h$  a próbahengerek térfogat veszteségének, vagy magasság csökkenésének korrekciós tényezője. Az  $\omega_h$  függvénysora az MSZ 18290/1–81 3. ábráján, a függvénysor  $F/50$  hányadoshoz és  $m$  mediánhoz tartozó főbb értékei annak 3.

táblázatában, az  $a$ ,  $b$  és  $c$  – ott nagybetűvel jelölt – függvényparaméterek értéke az  $m$  függvényében a szóbanforgó szabvány 4. táblázatában található.

### A próbatest víztartalmi állapota és a vizsgálat módja

A 3. táblázatbeli 2. és 8. összefüggések azt bizonyítják, hogy nedves – tehát víz csöpögtetést nélkülöző – vizsgálat esetén a kopás csupán 1–3%-kal nagyobb a száraz vizsgálatnál mérhető eredménynél, és ezért ennek a módszernek további tanulmányozása, vagy alkalmazása indokolatlan.

A vizes – a víz csöpögtetés melletti – vizsgálatot illetően a 6. és 7. táblázatok függvényparaméterein megfigyelhetjük, hogy az esetek döntő többségében a vizes vizsgálat összefüggésének egyenese közelebb fekszik a koordináta-negyed felező-egyeneshez, mint a száraz vizsgálaté. Ez azt jelenti, hogy a vizes vizsgálati körülmények általában csökkentik a kopás azon eltéréseit, amelyek a próbatetek különböző alakja, mérete és a koptatópor különböző minősége és szemnagysága következtében előállnak. Ezt a hatást a függvényparaméterek nagy szórással fejezik ki, mégis az a véleményünk, hogy rendszeres hibáról van szó, amit a 6. és 7. táblázatok tanulmányozása alapján az  $\omega_k$  és  $\omega_h$  korrekciós tényezők maximum  $\pm 2\%$ -os kiigazításával érdemes figyelembe venni. Eszerint a kopás mértékadó korrigált összefüggése:

$$B_{\text{korr}} = \varphi \cdot \omega \cdot B$$

ahol  $\varphi$  az MSZ 18290/1–81 2. táblázatából az  $\omega$  korrekciós tényező és a vizsgálat módja függvényében kivehető érték. Az  $\omega$  a próbatest alakjától függően  $\omega_k$  vagy  $\omega_h$ , a  $B$  pedig a térfogat veszteség vagy magasság csökkenés 352 korong körülfordulás esetén.

A 3. táblázat 4, 9, 11, 17, és 22. összefüggései szerint a száraz és vizes koptatás kapcsolatát a próbatest alakja és a koptatópor minősége és szemnagysága lényegében nem befolyásolja.

Általánosságban megállapítható, hogy a vizes kopás értéke mintegy 1,6-szerese a szárazénak. Ennél pontosabb kapcsolatot a 3. táblázat 4, 9, 11, és 22. összefüggéseinek felhasználásával origón átmenő másodfokú parabola alakjában írhatunk fel. Eszerint

$$V_v = -0,01178 \cdot V_{sz}^2 + 1,8557 \cdot V_{sz}$$



Térfogat veszteség, cm <sup>3</sup>	
$V_{sz}$ , száraz	$V_v$ , vizes
vizsgálat esetén	
1	1,84
2	3,66
4	7,23
6	10,71
8	14,09
10	17,38
12	20,57
14	23,67
16	26,68
18	29,59
20	32,40
22	35,12
24	37,75
26	40,29
28	42,72
30	45,07
32	47,32
34	49,48
36	51,54

ahol a  $V_v$  a vizes,  $V_{sz}$  a száraz koptatás térfogat vesztesége 352 korong körülfordulás esetén. Néhány összetartozó száraz és vizes térfogat veszteség értéket a 9. táblázat tartalmaz. Ennek az összefüggésnek a kopás minősítőértékének megadása szempontjából van jelentősége, nem pedig azért, hogy a vizes kopásra annak elvégzése nélkül a száraz kopás eredményéből következtesünk.

### Társa körülfordulások száma

A 3. táblázatbeli 1. és 10. összefüggésből látni, hogy kockák és hengerek KA 10 koptatóporral való száraz koptatása esetén 352 fordulat alatt a próbatest kopása a 440 fordulathoz tartozó kopásnak átlag 85%-a, aminek oka valószínűleg az időben nem egyenletes kopásban keresendő. A vizsgálat elején a próbatest erősebben kopik, mint később, amikor a pórusok már finom porral eltömődnek. Az összefüggés a következő:

$$B_{352} = 0,848 \cdot B_{440}$$

Az MSZ 18290/1-81 hatályba lépése előtti hazai és a DIN 52108/65 [55] hatályba lépése előtti német Böhme-féle koptatás eredményeit nem a körülfordulások számának  $352/440 = 0,8$  arányában, hanem a 0,85 értékű szorzótényezővel kell mai vizsgálati eredményeinkre átszámítani.

### A koptatás néhány hibalehetősége kőzetek és betonok vizsgálatára esetén

Ebben a fejezetben a Böhme vizsgálattal kapcsolatban teszünk néhány megjegyzést. Keressük a kőzetek és betonok térfogat veszteségi és magasság csökkenési eredménye összhangja esetleges hiányának okait.

Ha a Böhme koptatás véletlen mérési hibáinak hatásától eltekintünk, akkor a próbatest  $\Delta V$  kopási térfogat veszteségének és 50 cm<sup>2</sup> felület nagyságra átszámított  $\Delta h$  magasság csökkenésének hányadosa 5 cm<sup>3</sup>/mm kell legyen. Ez annál inkább igaz, mennél jobban megközelíti a koptatott felület az 50 cm<sup>2</sup> értéket, mert emellett az 50 cm<sup>2</sup> felület nagyságra való átszámítás esetleges torzító hatása egyre kisebb lesz.

A  $\Delta V/\Delta h$  hányados az 5 cm<sup>3</sup>/mm értéktől lefele vagy felfele térhet el és ez alapvetően két típusú hibára utal.

Ha a  $\Delta V/\Delta h$  hányados lényegesen kisebb, mint az 5 cm<sup>3</sup>/mm, akkor nagy a valószínűsége annak, hogy a kőzet, vagy beton próbatest eredeti állapotában csorbult volt. Sablonban készült beton-próbakockák esetén a felület általában cementpépdús, sokszor fészkes és csorbult is. Mindezen esetekben a koptatás során a próbatest testsűrűsége a kisebb testsűrűségű réteg lekopása folytán látszólag megnő, hiszen a koptatás előtt mért tömeg a reális értéknél kisebb és ez a körülmény a  $\Delta V/\Delta h$  hányados lecsökkenését vonja maga után. Ezért koptatni csak ép élekkel rendelkező próbatestet szabad, a sablonban készült betonkockát pedig a cementpépdús, fészkes kéreg eltávolítására vagy kb. 2,5 mm vastagságban elő kell koptatni, vagy róla a szóban forgó réteget akár nagyobb vastagságban is kővágógéppel le kell vágni. Az előkészítő koptatást az MNOSZ 1221-51 [19] is előírta. A fentiek száraz és vizes Böhme koptatásra egyaránt fennállnak.

Ha a  $\Delta V/\Delta h$  hányados lényegesen nagyobb 5 cm<sup>3</sup>/mm-nél, akkor nagy a valószínűsége annak, hogy a koptatás utáni testsűrűség a koptatás előtti reális értéknél kisebb lett, a tömeg veszteség a reálnál nagyobb. Ezt a jelenséget kőzetek és betonok száraz és vizes koptatása esetén egyaránt okozhatja az élek, sarkok koptatás közbeni letöredezése. A hiba fellépése ellen úgy lehet védekezni, hogy vagy össze kell gyűjteni és a koptatás utáni tömegmérésbe be kell vonni a vizsgálat közben lepattogzott éleket és sarkokat, vagy a próbatest koptatás után mért tömegét korrigálni kell a koptatás előtti és utáni testsűrűség hányadosával való megszorozása által, vagy a koptatást meg kell ismételni.

Ezeknek a hibáknak a kiküszöbölésére gyakorlatilag 50 cm<sup>2</sup> kopófelületű próbakockák esetén a  $\Delta V/\Delta h$  hányadost tapasztalataink szerint helyes 4,5–5,5 cm<sup>3</sup>/mm érték között tartani. Tekintettel arra, hogy az MSZ 18290/1–81 szabványban a  $\Delta V/\Delta h$  hányados értéke nemcsak próbakockák, hanem próbahengerek esetében is korlátozásra került, a szabványban a  $\Delta V/\Delta h$  hányados korlátai az általunk próbakockára javasolt határértékek-nél tágabbak: a  $\Delta V/\Delta h$  hányados 4 és 6 cm<sup>3</sup>/mm határértékek közé kell eszen. A szabványban ugyan rögzítést nem nyert, de fontos, hogy a próbatest koptatás előtti és utáni adatokból számított testsűrűségei legfeljebb 1%-kal térjenek el egymástól.

Vizes koptatás után a koptatás közbeni vízfelvétel változás miatt a próbatesteket tömegmérés előtt feltétlenül ki kell szárítani.

Ha azonban a betonok és nagy vízfelvételű kőzetek vizes koptatása esetén a próbatestet csak a koptatás után szárítjuk ki, és ezáltal a kiszáritott próbatest koptatás utáni tömegét a légszáraz

próbatest koptatás előtti tömegével vetjük össze, akkor a  $\Delta V/\Delta h$  hányados 5 cm<sup>3</sup>/mm-nél szintén jelentősen nagyobb lesz, mert a testsűrűség a koptatás közben látszólag lecsökken, a koptatás előtti tömeg a reális értéknél nagyobb. A jelenség megelőzésére vizes koptatás előtt és után is tömegállandóságig kell szárítani a próbatesteket, mert például 7,07 cm élhosszúságú próbakocka esetén 1 tömeg% vizsgálat előtti és utáni víztartalom különbség 3–4 cm<sup>3</sup> tömeg veszteség eltérést eredményezhet. A vizes vizsgálat során egyidejűleg feltételezzük, hogy a kiszáritás – víztelítés – kiszáritás folyamata nem hoz létre a koptatásra nézve zavaró alakváltozást, vagy egyéb hibát.

*Kayuan, T.: Испытание изнашиваемости строительных каменных материалов методом Бёма*

*Kausay, Tibor: Verschleissuntersuchung von Bausteinen mit dem Böhme-Method.*

*Kausay, Tibor: Wear Examination of Building Stone by the Böhme test*

## Kitüntetések

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

több évtizedes kiemelkedő szakmai, tudományos és közéleti tevékenysége elismeréseként, nyugállományba vonulása alkalmából

SZABÓ János akadémikusnak, építésügyi és városfejlesztési minisztériumi államtitkárnak a

MAGYAR NÉPKÖZTÁRSASÁG ZÁSZLÓRENDEJE;

több évtizedes kiemelkedő szakmai, közéleti munkássága elismeréseként nyugállományba vonulása alkalmából

SZILÁGYI Lajos építésügyi és városfejlesztési miniszterhelyettesnek a

SZOCIALISTA  
MAGYARORSZÁGÉRT  
ÉRDEMREND

kitüntetést adományozza.

A Magyar Tudományos Akadémia

„AKADÉMIAI DÍJ”-ban

részesítette

Dr. PALOTÁS Lászlót

egyesületünk tiszteletbeli tagját a műszaki tudományok doktorát, nyugalmazott egyetemi tanárt, a műszaki tudományok területén végzett kimagasló irodalmi tevékenységéért

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter hazánk felszabadulásának 38. évfordulója alkalmából eredményes munkájáért

KOPCSEK Imrét

az Üvegipari Művek Miskolci Üveggyár gyárigazgatóját

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetésben részesítette.

A kitüntetetteknek gratulál és jó egészséget kíván a

SZILIKÁTIPARI  
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
VEZETŐSÉGE



Nyolcadik alkalommal rendezték meg Pozsonyban, 1983. május 10–15. között, a CONECO Nemzetközi Építőanyagipari, Technológiai és Építészeti Kiállítást.

A kiállítás jelentőségét növeli — mondta megnyitó beszédében Dusan Miklánék szlovák építésügyi miniszter —, hogy egyike a KGST országokban egyébként kevés rendszeresen megrendezésre kerülő nemzetközi építőipari kiállításoknak. A CONECO-t két évenként rendezik. Éppen ez a rendszeresség teszi hasznosabbá a gyártók, tervezők, felhasználók, tudományos és műszaki szakemberek találkozó-ját, melynek során képet kaphatnak az elért eredményekről és a jelentkező igényekről.

Az idei kiállítás az építőanyagok teljes skáláját bemutatta.

Ezen belül különösen

- az automatizálás,
- az esztétikus megjelenésű építőanyagok, elsősorban burkolólapok és
- az energiatakarékosság, a hőszigetelő anyagok nagy választéka ragadta meg a látogatók figyelmét.

Az automatizálás és folyamatirányítás térhódítása az építőanyaggyártásban nem újkeletű. Ennek újabb eredményeit mutatták be, elsősorban a hazai, csehszlovák kiállítók. A brnoi VUSH (Építőanyagipari Kutató Intézet) automatikus fajlagos cement-felület vizsgáló rendszerét a legjobb kiállítóknak járó kristályserleggel jutalmazták.

Természetesen nem számított újdonságnak az sem, hogy csempéket és padlólapokat mutattak be. A kiállított egészségügyi kerámiák, falburkolólapok, kerámia padlóburkolólapok szín- és formagazdagsága azonban olyan volt, amelyet néhány éve még csak az olasz kerámiai lapokban vagy a nyugati lakberendezési folyóiratokban lehetett látni. Elsősorban a csehszlovák, szovjet és bolgár kiállítóknál találkozhattunk ezekkel a szép termékekkel. Ugyancsak szépek voltak a bemutatott síküveg minták, többek között az Üvegipari Művek kiállítása is.

Az utóbbi évek egyik jellemző törekvése, a fokozott takarékoskodás az energiával, jól tükröződött a CONECO '83 kiállításon is: a legkülönbözőbb hőszigetelő anyagok (ásványgyapot, műanyag, perlit alapú stb.), jó hőszigetelést biztosító szendvics panelek, hőszigetelő anyagokkal töltött üreges falazóelemek, kettős üvegek, ajtó- és ablak megoldások, csővezeték szigetelések, anyagok és eljárások utólagos hőszigetelésre, hőszigetelő vakolatok stb. nagy választéka azt mutatta, hogy az építőanyagipar gyorsan alkalmazkodott a kor követelményeihez.

A CONECO '83 kiállításon a több mint 150 hazai cégen kívül elsősorban a KGST országok kiállítói vettek részt, a legnagyobb anyagot a Szovjetunió és Bulgária mutatta be. Első alkalommal vett részt a kiállításon Kuba. A magyar kiállítás sajnos nem reprezentálta építőanyagiparunkat.

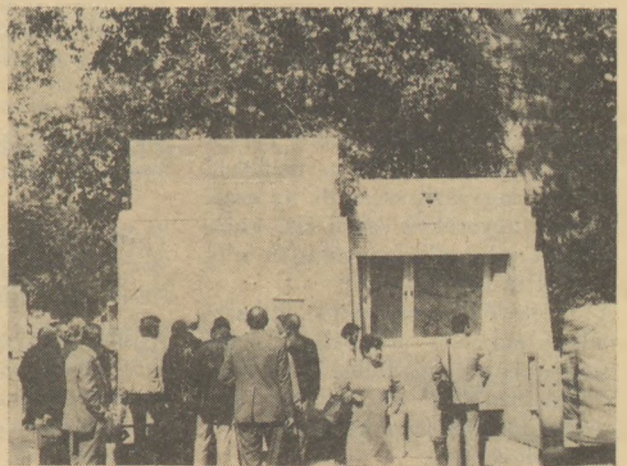
A nyugati országok kiállítói — főként a német nyelvterületről és Skandináviából — nagyobb számban a CONECO-val első ízben közösen rendezett SYMPOMECH '83 befejező építőipari munkák kisgépesítésével foglalkozó kiállításon mutatták be termékeiket.

A 10 legjobbnak ítélt terméket CONECO '83 kristályserleggel jutalmazták a kiállítás rendezői.

A díjazottak:

- Mázazott beton és vasbeton panelek és lapok (NIIsztrojkeramika Zselezodorozsnij DSK Murmanszk)
  - Vasbeton térelem transzformátorállomásnak (Prefa, n.p. Leváre)
  - Dilatációs híd zár (Dopravné stavby, n.p., Olomouc)
  - „ARS” burkoló szendvicspanel (Pozemné stavby, k.p., Pozsony)
  - Gáztöltésű szigetelő kettősüveg (SKLOTAS, k.p. Teplice)
  - BTV-VUIS—100 csatorna nélküli hővezeték (VUIS, Pozsony)
  - Automatikus fajlagos cement-felület vizsgáló rendszer (VUSH, Brno)
  - Kemencevonal darabos és por alakú mészesítésére (Prerovské strojirny n.p. Prerov)
  - CEVAMIT — nem robbanó keverék szilárd rendszerek szétválasztására (Cementárne a vápenky, konzern, Trenčén)
  - Univerzális rakodó szárított elemekhez (VUMAT, Zilina, ZTS Pezinok).
- További 14 termék elismerő oklevelet kapott.

*Poprály Géza*





ZEMENT-KALK-GIPS,  
Wiesbaden, 1982. 11. sz.

Decasper, J.: *Cementörlo berendezések optimalása őrlési segédanyagokkal és a levegőztetés fokozásával.* 565–570. old.

Örlési segédanyagokkal és a levegőztetés megnövelésével a Holderbank csoportnál 15–25%-os energiamegtakarítást értek el. Az őrlési teljesítmények 25–40%-kal növekedtek. A hagyományos őrlés-módszerekkel szemben az alábbiakat kell az új módszer bevezetésénél figyelembe venni: megfelelően nagyméretű portalanítóberendezés és füstgázventillátor, a durva szemcsék előzetes leválasztása, a malombemenet és kimenet átalakítása a nagyobb légáramlásnak megfelelően. Az átvezethető levegő mennyiségét a malom mérete, típusa, a hőháztartás és kismértékben a portalanító berendezés határozza meg. A nagyobb energiamegtakarítást a kisebb malmoknál tapasztalták.

CIMENTS, BÉTONS, PLATRES,  
CHAUX, Párizs, 1982. 738. sz.

Turpin, M.: *Porszén alkalmazásának fejlesztése kis és közepes teljesítményeknél.* 258–261. old.

A cementgyárakban és hőerőművekben 1990-re tervezett termelés-növelés lehetőségeit összehasonlítva vizsgálják, a meglévő égetőberendezések, használt tüzelőanyagok és módok (olaj, szén, pakura, ill. őrölt porszén stb.; közvetlen vagy közvetett tüzelés) gazdaságosságának szempontjából. Sematikus ábrák az őrlo, tüzelő, égető berendezések működéséről; a megfelelő szemcsenagyságú szén, ill. az ezzel készült keverékek (szén-víz, szén-pakura stb.) alkalmazásának előnyeiről és problémáiról.

A meglévő berendezések felhasználhatóságának érdekében, ipari méretekben a még fejlesztendő közvetlen, tüzelést javasolják, különös tekintettel a gyártási, beruházási költségekre.

Nakamura, N.—Tojo, K.: *Új cementgyár ABU-DHABI-ban, 100%-os gázszelleppel ellátott előkalcináló kemencével,* 268–274. old.

Az új, — szuszpendált (lebegő) részecskékkel, működő előkalcinálóval felszerelt előmelegítő („NSP” eljárás) napi teljesítménye, — a kemencéből jövő gáz 100%-os átteresztő-rendszerének köszönhetően — 1950 tonna klinker. A száraz eljárással működő, hosszú kemencékkel — amelyeket olyan országokban használnak klinkerégetésre, ahol a tüzelőanyag nagy kén, klór és alkáli tartalmú, — ez az új előmelegítő rendszer (amelyet az IHI fejlesztett ki) a jelentős energia megtakarítás mellett egyéb előnyökkel is rendelkezik. A gyár berendezésének, működésének sematikus ábrákon, teljesítményének számszerű példákön való részletes bemutatása.

ISOLIERUNG—WÄRME—KALTE  
SCHALL—BRAND, München,  
1982. 6. sz.

Korff, H-K.: *Szigetelőanyagok hővezetőképességének átszámítása.* 10, 15–16, 18. old.

Bár a DIN 4108 a különböző hővezetési anyagok átszámítását előírja, az átszámításra nincs hivatalos módszer. Eddigi átszámítás módok: hővezetési tényező átszámítása, csak teljesen sík felületek esetén helytálló azonos hőátbocsátás átszámítása, itt a kisebb csőátmérőkhöz nagyobb szigetelési vastagságok adódnak. Egyértelmű, hatósági állásfoglalás kellene.

KERAMISCHE ZETISCHRIFT,  
Freiburg, 1983. 1. sz.

T. Skvorecz—L. Kutassy: *Néhány ipari hulladék felhasználása a durva-kerámiaiparban,* 13–15. old.

Kísérleteket végeztek papíriszapok és fémhidroxid iszapok téglaiipari keverőanyagként való felhasználásáról. Megállapították, hogy alkalmazhatók, de felhasználásuk gon-

dos keverést, illetve homogenizálást, a fémhidroxid iszapok esetén fokozott munka és egészségvédelmet igényel. Bekeverés eredménye: téglá porozitása nő, szilárdsága kismértékben csökken. Felhasználásuk nem gazdaságos, de környezetvédelmi szempontból fontos és javasolt.

ZIEGELINDUSTRIE, Wiesbaden,  
1982. 12. sz.

Reich, A.: *A kemence leállítása üzemszünetekben.* 687–688. old.

A kemence teljes leállítása a hozzátartozó felfűtéssel együtt a kemencefalazat hőtároló tömegének hőveszteségét figyelembe véve csak kb. 30%-át jelenti azoknak a költségeknek, melyek a kemence alacsony hőmérsékleten való tartása esetén merülnek fel. Az alagút-kemencék leállítása és felfűtése hosszabb időszakonként szükséges, a kemencefalazat kímélése és a kemence belsejének ellenőrzése miatt.

*Egy szokatlan műszaki megoldású, korszerű téglagyár sokféle terméket állít elő,* 691–703. old.

A Keller technológiával felépült üzem fontosabb műszaki adatai: teljesítményadatok, üreges téglá 14 400 db, válaszfaltégla 7300 db óránként. Tonnateljesítmény óránként 48 t. Csigaprés teljesítménye 19–25 m<sup>3</sup> tömörített massa. Alagútszáritó: 50,9 m hosszú, 5 csatornás, átfutási idő 72 óra. Alagút-kemence 98,3 m hosszú, 4,5 m széles, átfutási idő 52 óra. Rakatmagasság 1,1 m. Száritó és kemence hőmennyiségigénye 1 kg égetett árura 2157 kJ.



## PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

Az Alföldi Porcelángyár pályázatot hirdet

– VENDÉGLÁTÓ ÉS  
KÖZTERÜLETI CÉLÚ  
SZANITER CSALÁD –

kifejlesztésére.

*A pályázat célja:* Olyan új szanitercsalád kifejlesztése, mely kielégíti a hazai szállodák és vendéglátó helyek valamint közterületi WC-k, mosdók speciális igényeit, de alkalmas az ilyen irányú külföldi igények kielégítésére is.

A pályázat nyílt, jelentkezhet minden alkotó vagy alkotó-közösség.

A beérkező pályázatokat az Alföldi Porcelángyár Bíráló Bizottsága fogja elbírálni.

A pályázatra vonatkozó funkcionális, esztétikai, műszaki előírásokat az érdeklődők az Alföldi Porcelángyár műszaki igazgató helyettesétől, Persay Györgytől levélben szerezhetik be az alábbi postacímről:

„Alföldi Porcelángyár, Persay György műszaki igazgató helyettes 6801. Hódmezővásárhely, Erzsébeti út 7. sz., Pf: 113.”

A pályázatokat az Alföldi Porcelángyár fentiekben megadott postacímére 1983. december 31-ig kell benyújtani, a fenti időpont után benyújtott pályázatokat a Bíráló Bizottság nem veheti figyelembe.

A pályázat értékelésekor

1 db I. díjat adunk ki	80–100 e.Ft.
1 db II. díjat adunk ki	60–80 e.Ft.
1 db III. díjat adunk ki	40–60 e.Ft.

értékben.

A pályázati díj 50%-át a gyártásbavételkor, 50%-át az 500 t/év volumen elérésekor fizeti ki az AP. 500 t/év feletti termelés biztosításánál a díjösszeg további 500 t/év volumen eléréseig súlyarányosan növekszik.

A pályadíjon felül további 30 e.Ft. különdíjat fizet az AP., ha 1985-ben legalább 50 t. termék gazdaságos exportját lehet biztosítani.

A pályázatok kiértékelését 1984. február 28-ig végzi el az Alföldi Porcelángyár Bíráló Bizottsága.

A pályázatok értékelésének eredményét nyilvánosan kihirdetjük.

*A szerkesztésért felel:*

Dr. Székely Ádám

*Szerkesztőség:*

Budapest VI., Anker köz 1–3. 1368  
Telefon: 226-497

*Felelős kiadó:*

Siklósi Norbert vezérigazgató

*Kiadja:*

Lapkiadó Vállalat. Budapest VII., Lenin krt. 9–11. 1073  
Telefon: 221-285. 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 postautalványon, valamint átutalással a KHI 215–96162 pénzforgalmi jelzőszámlára. Előfizetési díj: negyedévre 57,- Ft, félévre 114,- Ft, egyes szám ára 19,- Ft.

Megjelenik havonként



83/1580. Franklin Nyomda, Budapest  
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

INDEX: 25250  
HU ISSN 0013–970 X

**ALMOTIM****MULLMOTIM****ZIRMOTIM**

márkanéven hozza forgalomba a MOTIM legújabb gyártmányait tűzálló döngölőmasszákat

*Felhasználási cél*

Alumínium-, réz-, bronzolvasztó és hőntartó kemencék tűzálló bélelése  
 Hővítő- és hőkezelő kemencék falazata, kazánok és tüzelőberendezések égőtere  
 Cserép- és téglaiipari alagútkemence-kocsik rakodófelülete  
 Vas- és fémkohászati öntőüstök, kifolyócsatornák, kupóliszifonok bélelése  
 Fémkohászati indukciós kemencék bélelése

*Ajánlott tűzálló döngölőmassza*

**ALMOTIM — A 10**  
**ALMOTIM — AR 15**  
**ALMOTIM — AR 60**  
**MULLMOTIM — A 10**  
**ZIRMOTIM — P**

**Vegyí-kerámiái kötésű tűzálló döngölőmasszák műszaki adatai**

Jellemzők	ALMOTIM A-10	ALMOTIM AR-15	ALMOTIM AR-60	MULLMOTIM A-10	ZIRMOTIM P
Vegyíösszetétel: (%)					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	91	86	50	76	73
SiO <sub>2</sub>	7	12	43	22	3
ZrO <sub>2</sub>	—	—	—	—	17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2	0,3	0,9	0,2	—
Alkalmazási hőmérséklet határ (°C)	1800	1600	1100	1700	1650
Átlagos szemcseméret (mm)	0—3	0—4	0—4	0—3	0—3
Anyagszükséglet: (t/m <sup>3</sup> )	2,7	2,5	2,2	2,2	2,7
Bedolgozás módja	döngölés	döngölés	döngölés	döngölés	döngölés
Hővezetési együttható 800 °C-on: (W/mK)	2,5	3,1	2,1	1,8	1,6
Nyomószilárdság (N/cm <sup>2</sup> )					
120 °C-os szárítás után	1400	1400	900	800	1500
600 °C-os égetés után	2500	1650	1000	900	1800
1300 °C-os égetés után	3900	2500	2100	1800	3000
1500 °C-os égetés után	4900	5000		2900	5000
Hőtágulási együttható (20—900 °C): (1/K)	6,6 · 10 <sup>-6</sup>	7,5 · 10 <sup>-6</sup>	10,0 · 10 <sup>-6</sup>	6,9 · 10 <sup>-6</sup>	7,7 · 10 <sup>-6</sup>

Vegye igénybe Ön is információs szolgálatunkat. Szakembereink Önnek is részletes információt, szaktanácsot és ajánlatot adnak.

## Magyaróvári Timföld- és Múkorundgyár (MOTIM)

9201 Mosonmagyaróvár Pf. 75.

Telefon: (98) 15-211/249

Telex: 024-220

