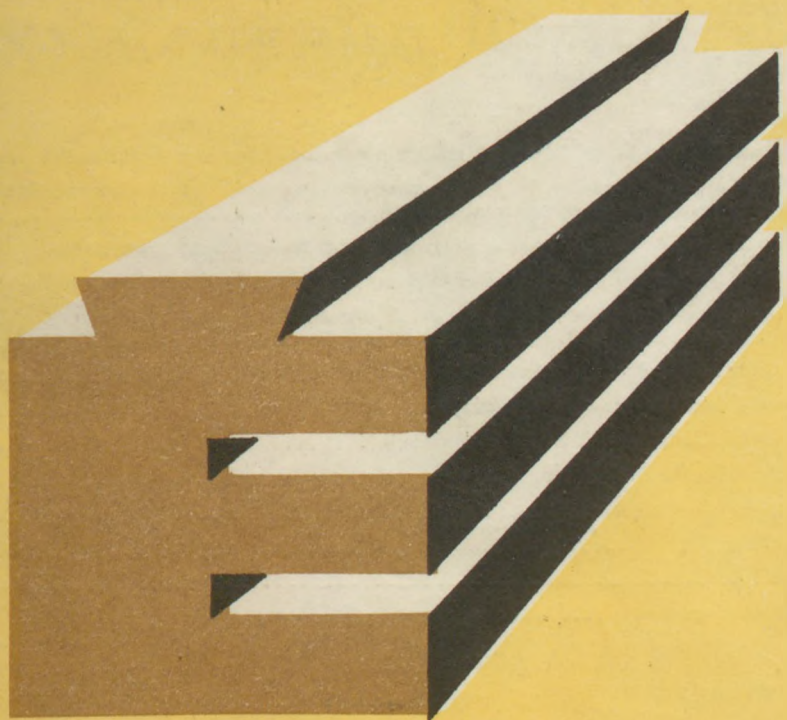


3029351

31  
1979



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**1**

XXXI. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1979. JANUÁR  
EPITAA (31) 1-40 (1979)

9

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

Szerkesztőbizottság

elnök:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula

Csizi Béla

Erdély Imre

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Hinsenkamp Alfréd

Dr. Jilek József

Dr. Kovács Róbert

Kováts Jenő

Lenkei György

Dr. Lőcsei Béla

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Träger Tamás

### TARTALOM

<i>Hoffmann, B.</i> : Az őrlési feltételek hatása a porok elektromos ellenállására .....	1
<i>Verdijan, M. A. – Kafarov, V. V.</i> : A cementipari anyagok őrlési folyamatainak matematikai modellezése és optimalizálása .....	9
<i>Vadász Mihály</i> : Körfolyamatos golyósmalmok technológiai ellenőrzése mérésekkel	12
<i>Uhlmann, J.</i> : Az őrlőtest-összetétel és a szellőzés hatása az aprítás eredményére ....	16
<i>Tóth Kálmán – Mészárosné Kis Ágnes</i> : A duzzasztott perlit vízfelvétele, optimalizálási lehetőségei .....	22
<i>Kacsalova Lídia</i> : A bayerit őrlését kísérő kristálykémiai folyamatok .....	27
<i>Hugyák László</i> : A cementgyártási mintavétel kérdései .....	33
<i>Molnár László</i> : Herendi litofán porcelánok .....	37
A világ szilikátiparából .....	8
Kitüntetett vállalatunk .....	11
Egyesületi élet .....	36
Lapszemle .....	15, 21, 26, 32 ВП
Hírek az iparból .....	ВП

### СОДЕРЖАНИЕ

<i>Гофманн, Б.</i> : Влияние условий помола на электрическое сопротивление порошков	1
<i>Вердиян, М. А. Кафаров, В. В.</i> : Математическое моделирование и оптимизация процессов измельчения материалов цементной промышленности .....	9
<i>Вадас, М.</i> : Технологический контроль шаровых мельниц замкнутого цикла путем измерений .....	12
<i>Ульманн, Я.</i> : Влияние состава мелющих тел и вентиляции на результаты измельчения	16
<i>Тот, Кальман-Месарошне. Кишиш Агнеш</i> : Водопоглощение вспученного перлита, оптимальные возможности .....	22
<i>Качалова Л.</i> : Кристаллохимические реакции, происходящие при помоле байерита ....	27
<i>Худьяк, Л.</i> : Вопросы отбора проб в цементном производстве .....	33

### INHALT

<i>Hoffmann, B.</i> : Einwirkungen der Mahlbedingungen auf den elektrischen Widerstand der Stäube .....	1
<i>Verdijan, M. A. Kafarov, V. V.</i> : Mathematische Modellierung und Optimierung der Mahlprozesse von Stoffen der Zementindustrie .....	9
<i>Vadász, M.</i> : Technologische Überwachung von Kreislaufkugelmøhlen durch Messungen	12
<i>Uhlmann, J.</i> : Auswirkungen der Mahlkörperzusammensetzung und der Lüftung auf die die Zerkleinerungswirkung .....	16
<i>Tóth, Kálmán – Frau Mészáros Kiss, Ágnes</i> : Optimierungsmöglichkeiten der Wasseraufnahme des geblähten Perlits .....	22
<i>Kachalova, Lidia</i> : Kristallochemische Reaktionen bei der Vermahlung von Bayerit ..	27
<i>Hugyák László</i> : Fragen der Probenahme bei der Zementfertigung .....	33

### CONTENS

<i>Hoffmann, B.</i> : Effect of Grinding Conditions of the Electrical Resistance of Powders	1
<i>Verdijan, M. A. Kafarov, V. V.</i> : Mathematical Modelling and Optimization of Grinding Processes in the Cement Industry .....	9
<i>Vadász, Mihály</i> : Technological Control of Closed-circuit Ball Mills by Measurements	12
<i>Uhlmann, J.</i> : The Effect of Grinding Media Composition and of Ventilation on the Result of Comminution .....	16
<i>Tóth, Kálmán – Kiss, Ágnes (Mrs. Mészáros)</i> : Water Absorption and Optimization Possibilities of Expanded Perlite .....	22
<i>Kachalova, Lidia</i> : Crystallochemical Reactions during the Grinding of Bayerite ....	27
<i>Hugyák, László</i> : Problems of Sampling in the Cement Industry .....	33

## ÉPÍTŐANYAG 1979. ÉVI TARTALOMJEGYZÉKE

## 1. szám

<i>Hoffmann, B.</i> : Az őrlési feltételek hatása a porok elektromos ellenállására . . . . .	1
<i>Verdijan, M. A. - Kafarof, V. V.</i> : A cementipari anyagok őrlési folyamatainak matematikai modellezése és optimalizálása . . . . .	9
<i>Vadász Mihály</i> : Körfolyamatos golyósmalmok technológiai ellenőrzése mérésekkel . . . . .	12
<i>Uhlmann, J.</i> : Az őrlőtest-összetétel és a szellőzés hatása az aprítás eredményére . . . . .	16
<i>Tóth Kálmán - Mészárosné Kis Ágnes</i> : A duzzasztott perlit vízfelvétele, optimalizálási lehetőségei . . . . .	22
<i>Kácsalova Lidia</i> : A bayerit őrlését kísérő kristálykémiai folyamatok . . . . .	27
<i>Hugyák László</i> : A cementgyártási mintavétel kérdései . . . . .	33
<i>Molnár László</i> : Herendi litofún porcelánok . . . . .	37
A világ szilikátiparából . . . . .	8
Kitüntetett vállalataink . . . . .	11
Egyesületi élet . . . . .	36
Lapszemle . . . . .	15, 21, 26, 32
Hírek az iparból . . . . .	BIII

## 2. szám

<i>Hettichné Ferjencsik Éva - Kerek Imre</i> : Mészke és különböző Na-foszfátok kölcsönhatása vizes szuszpenzióban . . . . .	41
<i>Szatura László</i> : Autoklávolt cement-kvarc és cement-pumicit rendszerek vizsgálata . . . . .	49
<i>Hegyiné Pakó Júlia - Vitéz György</i> : Dolomitterületeink hasznosításának kérdései . . . . .	54
<i>Gallyas Miklós - Hüger Miklós - Vadász Mihály - Kolostori János</i> : Anyagáramlás vizsgálata radioizotópos módszerrel körfolyamatos cementgyári őrlőberendezésben . . . . .	60
Ipari tervezőművészek az V. kerámiai biennálén . . . . .	65
<i>Nudel, M. E.</i> : Módszer az őrlendő anyagrézrecekék közötti felületi kölcsönhatás vizsgálatára . . . . .	69
Könyvismertetés . . . . .	48, 74
A világ szilikátiparából . . . . .	59, 75
Egyesületi élet . . . . .	68, 79
Szabadalom figyelő . . . . .	73
Lapszemle . . . . .	76

## 3. szám

30 éves a Szilikátipari Tudományos Egyesület . . . . .	81
<i>Déri Márta</i> : Szilikátrendszerek stabilitásának egyes kérdései . . . . .	82
<i>Reiner György</i> : A földtani kutatás eredményeinek felhasználása a termelés folyamatában . . . . .	92
<i>Laszisz A. Ju - Gaszjunasz K. V. - Morkunene U. A.</i> : A $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ egyes kristálykémiai sajátosságai . . . . .	96
<i>Buday Tibor</i> : Hazai cementek zsugorodása . . . . .	98
<i>Thoma László</i> : Univerzális elektronikus hővezetési tényező kalkulátor . . . . .	102
<i>Wojnarovitsné, Hrapka Ilona - Dobos Sándor</i> : A szeretlen szintetikus szálanyagok üvegszerkezetének vizsgálata . . . . .	105
<i>Kató Aladár</i> : Tata III. Téglagyár alagútkelemenőjének kiegészítése teljesítménynövelő berendezéssel . . . . .	111
Szabadalom figyelő . . . . .	101
Lapszemle . . . . .	97, 104
Konferencia hírek . . . . .	118

## 4. szám

<i>Badinszky Péter</i> : A kőbányászat gazdaságföldtani alapkérdései . . . . .	121
<i>Dani Sándor</i> : Technológiai folyamatok irányítása a cementiparban . . . . .	127

<i>Galambos Attiláné</i> : Színes finomkerámiaipari termékek színmerésének tapasztalatai a FIM Alföldi Porcelángyárban . . . . .	135
<i>Piasta, J - Rusin, Z.</i> : A finom adalékanyagú vakuumozott - sajtolt - betonok előállítása és tulajdonságai . . . . .	140
<i>Kiss Róbert - Visegrádi Péter</i> : Energiagazdálkodás racionalizálása korszerű gazdasági elemzésekkel . . . . .	145
<i>Sircz János</i> : Környezetvédelem a magyar szilikátipar területén . . . . .	151
<i>Beke Béla</i> : Nemzetközi aprítási szeminárium Franciaországban . . . . .	154
Szabadalom figyelő . . . . .	144
Kitüntetettjeink . . . . .	153
7. Nemzetközi Cementkémiai Kongresszus . . . . .	156
A világ szilikát iparából . . . . .	158
Konferencia hírek . . . . .	159
Egyesületi élet . . . . .	159
Lapszemle . . . . .	126, 139, 160

## 5. szám

<i>Jankó András</i> : Korszerű klinkerégető berendezésekben lejátszódó fizikai-kémiai folyamatok . . . . .	161
<i>Kausay Tibor - Szirmai András</i> : Konzisztenciamérés betonkeverőgépekben . . . . .	170
<i>Magyar Ernő</i> : Hazai téglaiipari szárítóberendezések fejlesztése . . . . .	179
<i>Kurucz József</i> : Hőtágulással kapcsolatos meghibásodások cementipari forgókemencéknél . . . . .	188
<i>Klespütz János</i> : A Dél-Bakonyi bazaltbányák művelését befolyásoló földtani tényezők . . . . .	193
Szabadalom figyelő . . . . .	197
A világ szilikátiparából . . . . .	198
Lapszemle . . . . .	169, 199
Könyvismertetés . . . . .	200

## 6. szám

Szilikátipari Tudományos Egyesület XI. Küldött Közgyűlése . . . . .	201
<i>Kádár József</i> : Az építőanyagipar helyzete és feladatai . . . . .	201
<i>Grofszik Elemér</i> : Beszámoló az egyesület 30 éves működéséről . . . . .	207
<i>Horváth Béla</i> : Az EFEDOSZ és SZTE együttműködése . . . . .	212
A Szilikátipari Tudományos Egyesület XI. Közgyűlésének határozatai . . . . .	213
<i>Dobos Imre</i> : Klinkerégető forgókemence köpenyek sugárirányú rugalmas alakváltozásának vizsgálata . . . . .	215
<i>Sobor Ede</i> : Perlitduzzasztó kemencék összehasonlító értékelése . . . . .	223
<i>Albert Péter - Rendetky János</i> : A brookit szerepe a titánzománcok fehérítésénél . . . . .	228
TAVANIT álmennyezeti és falburkoló rendszer . . . . .	232
Konferencia hírek . . . . .	214
Szabadalom figyelő . . . . .	222
A világ szilikátiparából . . . . .	227
Lapszemle . . . . .	231

## 7. szám

<i>Bálint Pál - Juhász Zoltánné - Skvorecz Tibor</i> : Anyagok deszorpciós izotermáinak jelentősége a kerámiai szárításban . . . . .	241
<i>Szabó Gábor</i> : Keverőúgyas előhomogenizálási technológia alkalmazása a cementiparban . . . . .	246
<i>Beke Béla</i> : Új klinkerégetési eljárás: előkalcinálás aknakemencében . . . . .	253
<i>Cerchez, M.</i> : A derivatográfias vizsgálat új lehetőségei az üvegtutásban . . . . .	256
<i>Bohus Géza</i> : Robbanótöltetek elrendezése és az optimális falmagasság külfejtéseknél . . . . .	260

Gáspár László: Útburkolat-alapok építése a kő- és kavicsbányák meddőinek hasznosításával	266
Hegyiné Pakó Júlia – Vitális György: Építő- és építőanyagipari nyersanyagkataszterek	273
A világ szilikátiparából	245, 259, 265
Szabadalom figyelő	252
Egyesületi élet	272
Lapszemle	272
Könyvismertetés	279

### 8. szám

Wojnárovitsné, Hrapka Ilona: Hőszigetelésre alkalmas szervesetlen szintetikus szálasanyagok kristályosodása. I.	281
Kozma Béla – Furák András – Fajka László – Mészáros Lajos: A vízgazdálkodás és veszteségforrások csökkentésének összefüggései a finomkerámiaiparban	287
Bodnár Géza – Puskásné, Hógyes Irén – Kausay Tibor: A szemeloszlásjellemzők grafoanalitikus számításmódja	291
Erdélyi Attila – Pap László: Mészke adalékanyag alkalmazása nagyszilárdságú betonhoz	298
Hegyiné, Pakó Júlia – Vitális György – Wojnárovits Lászlóné: Középdunántúli triász dolomitok pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálata	306
Balláné, Csáki Ida: Téglá és cserépagyagok mérőmódszereinek tanulmányozása az NSZK-ban	313
Lapszemle	286, 290, 297, 305, 312
Egyesületi élet	312
Kitüntettjeink	317
A világ szilikátiparából	318
Szabadalom figyelő	320

### 9. szám

Talabér József: Magyar – szovjet műszaki-tudományos együttműködés 30 éve az építőanyagiparban	321
Mihócs Ferenc: Magyar – szovjet együttműködés a cement-, mész- és az azbesztcementiparunk fejlesztésében	327
Szalontay Károly: Magyar – szovjet kapcsolatok az üvegiparban	331
Richter Vladimír: Magyar – szovjet műszaki együttműködés a finomkerámiaiparunk fejlesztésében	334
Hazai Béla: Magyar – szovjet műszaki együttműködés tűzállóanyag-iparunk fejlesztésében	336
Déri Márta: Magyar – szovjet műszaki együttműködés felsőfokú oktatásunkban	338
Mrákovicsné Török Katalin: Magyar – szovjet tudományos együttműködés a cementipari kutatásban	341
Vissy László: Magyar – szovjet tudományos együttműködés az üvegipari kutatásban	342
Bakos József: Magyar – szovjet tudományos együttműködés a szigetelőanyagipari kutatásban	344
Dobuzsinszkij, V. J.: A fűtőanyag- és energiafelhasználás csökkentésének útjai az építőanyagok gyártásánál	346
Kaminszkas, A. J.: A technikai haladás főirányai a hőszigetelő termékek előállításánál a Szovjetunióban	352
Kanaev, V. K.: Fontosabb kutatási eredmények a termelés hatékonyságának növelése érdekében	358
Lapszemle	359

### 10. szám

Wojnárovitsné, Hrapka Ilona: Hőszigetelésre alkalmas szervesetlen szintetikus szálasanyagok kristályosodása. II. Szilikátszálak sugárirányú kristályosodásának tanulmányozása	361
Wilwerger Ferencné – Wilwerger Ferenc: Néhány hazai karbonátos kőzet különleges tulajdonsága 300 – 600 °C között	367
Bóhm József – Pethő Szilveszter – Tompos Endre: Kalapácmalmok teljesítményének és az őrlemény szemcseeloszlásának változtatása rácsbetét módolítással	373
Németh Miklós – Kiss Róbert – Liebhauser Mihály: Aramlástechnikai vizsgálatok a bátaszéki vázkerámia gyár kamrás műszáraitóiban	380
Bálint Pál: A dán téglá- és épületkerámia gyártás tapasztalatai	385
Bozsó Alla: Környezetvédelmet szolgáló korszerű szállítás és anyagmozgatás a tűzállóanyagiparban	392
Egyesületi élet	391
Lapszemle	355, 379, 384, 396
Konferencia hírek	389, 400

### 11. szám

Beke Béla: Golyós malmok üzeme változtatható fordulatszámúval	401
Opczky Ludmilla: Rideg anyagok őrlése golyósmalomban	407
Daku Lajos: Üvegolvasztó-kemence vizsgálata modellezéssel és a tartózkodási idő elosztási függvények elemzése alapján	412
Wojnárovitsné, Hrapka Ilona: Hőszigetelésre alkalmas szervesetlen szintetikus szálasanyagok kristályosodására	422
Garai Lajos: Az anyagok szilárdsági jellemzőinek minőségellenőrzéséről	430
Smorgunenko, N. Sz. – Utkov, V. A.: Üzemi kísérletek a vörös iszapok hasznosítására	436
Szabadalom figyelő	406
A világ szilikátiparából	411, 421, 435
Könyvismertetés	435
Egyesületi élet	448

### 12. szám

Bocsi Imre: Lángban lebegtetett üveg szemcsék alakváltozásának vizsgálata tömör és üreges üveggyöngy előállítására céljából. I. Az alakváltozás sajátosságai	441
Duna György: Középkori habarcsok	448
Csetényi József: Finomkerámiai ömlesztőanyagok alkalmazhatósági vizsgálata	456
Tóth Kálmán: Az üvegfátyol előállítása, tulajdonságai és alkalmazása	462
Balázs György – Kovács Károly: Az impregnálás hatása a beton szilárdságára	466

# NÉV- ÉS TÁRGYMUTATÓ

Szerző neve	Szakmai tárgy	Szám	Oldal
Albert Péter – Rendetzky János	Anyagvizsgálat	6	228
Badinszky Péter	Kő-kavicsipar	4	121
Bakos József	Szigetelő- anyagipar	9	344
Balázs György – Kovács Károly	Betonipar	12	466
Balláné, Csáki Ida	Tégla- és cserépipar	8	313
Bálint Pál – Juhász Zoltánné – Skvorecz Tibor	Anyagvizsgálat	7	241
Bálint Pál	Téglaipar	10	385
Beke Béla	Aprításmélet	4	154
Beke Béla	Cementipar	7	253
Beke Béla	Aprításmélet	11	401
Bocsi Imre	Üvegipar	12	441
Bodnár Géza – Puskásné Hógyes Irén – Kausay Tibor	Anyagvizsgálat	8	291
Bohus Géza	Kőbányászat	7	260
Bozsó Alla	Tűzálló- anyagipar	10	392
Bőhm József – Pethő Szilveszter – Tompos Endre	Aprításmélet	10	373
Buday Tibor	Cementipar	3	98
Cerchez, M.	Anyagvizsgálat	7	256
Csetényi József	Finom- kerámiaipar	12	
Daku Lajos	Üvegipar	11	412
Dani Sándor	Cementipar	4	127
Déri Márta	Szilikátkémia	3	82
Déri Márta	Oktatás	9	338
Dobos Sándor-Wojnárovitsné Hrapka Ilona	Anyagvizsgálat	3	105
Dobos Imre	Cementipar	6	215
Dobuzsinszkij, V. J.	Energia- takarékoság	9	346
Duma György	Építőanyagipar	12	448
Erdélyi Attila – Pap László	Betonipar	8	298
Fajka László – Mészáros Lajos – Kozma Béla – Furák András	Finom- kerámiaipar	8	287
Furák András – Fajka László – Mészáros Lajos – Kozma Béla	Finom- kerámiaipar	8	287
Galambos Attiláné	Finom- kerámiaipar	4	135
Gallyas Miklós – Hilger Miklós – Vadász Mihály – Kolostori János	Cementipar	2	60
Garai Lajos	Anyagvizsgálat	11	430
Gaszjunász K. V. – Laszisz A. Ju. – Morkunene U. A.	Anyagvizsgálat	3	96
Gáspár László	Kő-Kavicsipar	7	266
Grofcsik Eleinér	Az Egyesület működése	6	207
Hazai Béla	Tűzálló- anyagipar	9	336
Hegyiné Pakó Júlia – Vitális György	Geológia	2	54
Hegyiné Pakó Júlia – Vitális György	Geológia	7	273
Hegyiné Pakó Júlia – Vitális György – Wojnárovits Lászlóné	Anyagvizsgálat	8	306
Hettichné Ferjencsik Éva – Kerek Imre	Anyagvizsgálat	2	41
Hilger Miklós – Vadász Mihály – Kolostori János – Gallyas Miklós	Cementipar	2	60
Hoffmann, B.	Anyagvizsgálat	1	1
Horváth Béla	Az Egyesület működése	6	212
Hugyák László	Cementipar	1	33
Jankó András	Cementipar	5	161
Juhász Zoltánné – Skvorecz Tibor – Bálint Pál	Anyagvizsgálat	7	241
Kacsalova Lídia	Anyagvizsgálat	1	27
Kafarov, V. V. – Verdijan, M. A.	Őrlés- technológia	1	9
Kató Aladár	Téglaipar	3	111
Kaminszky, A. J.	Szigetelő- anyagipar	9	352
Kanaev, V. K.	Kerámiaipar	9	358
Kausay Tibor – Szirmai András	Betonipar	5	170
Kausay Tibor – Bodnár Géza – Puskásné Hógyes Irén	Anyagvizsgálat	8	291
Kádár József	Építőanyagipar	6	201
Kerek Imre – Hettichné Ferjencsik Éva	Anyagvizsgálat	2	41
Kiss Róbert – Visegrádi Péter	Tégla- és cserépipar	4	145
Kiss Róbert – Liebhauser Mihály – Németh Miklós	Tégla- és cserépipar	10	380

Szerző neve	Szakmai tárgy	Szám	Oldal
Klespitz János	Kő- Kavicsipar	5	193
Kolostori János – Gallyas Miklós – Hilger Miklós – Vadász Mihály	Cementipar	2	60
Kovács Károly – Balázs György	Betonipar	12	466
Kozma Béla – Furák András – Fajka László – Mészáros Lajos	Finom-kerámiaipar	8	287
Kurucz József	Cementipar	5	188
Laszisz, A. Ju. – Gaszjunász, K. V. – Morkunene, U. A.	Anyagvizsgálat	3	96
Liebhauser Mihály – Németh Miklós – Kiss Róbert	Tégla- és cserépipar	10	380
Magyar Ernő	Tégla- és cserépipar	5	179
Mészárosné Kis Ágnes – Tóth Kálmán	Anyagvizsgálat	1	22
Mészáros Lajos – Kozma Béla – Furák András – Fajka László	Finom-kerámiaipar	8	287
Mihócs Ferenc	Cementipar	9	327
Molnár László	Finom-kerámiaipar	1	37
Morkunene, U. A. – Laszisz, A. Ju. – Gaszjunász, K. V.	Anyagvizsgálat	3	96
Mrákovicsné Török Katalin	Cementipar	9	341
Németh Miklós – Kiss Róbert – Liebhauser Mihály	Tégla- és cserépipar	10	380
Nudel, M. E.	Örlés-technológia	2	69
Opoczky Ludmilla	Örlés-technológia	11	407
Pap László – Erdélyi Attila	Betonipar	8	298
Pethő Szilveszter – Tompos Endre – Bóhm József	Aprításmélet	10	373
Piasta, J. – Rusin, Z.	Betonipar	4	140
Puskásné Hőgyes Irén – Kausay Tibor – Bodnár Géza	Anyagvizsgálat	8	291
Reiner György	Geológia	3	92
Rendetzky János – Albert Péter	Anyagvizsgálat	6	228
Richter Vladimir	Finom-kerámiaipar	9	334
Rusin, Z. – Piasta, J.	Betonipar	4	140
Sircz János	Környezetvédelem	4	151
Skvorecz Tibor – Bálint Pál – Juhász Zoltánné	Anyagvizsgálat	7	241
Smorgunenko, N. Sz. – Utkov, V. A.	Anyagvizsgálat	11	436
Sobor Ede	Szigetelő-anyagipar	6	223
Szabó Gábor	Cementipar	7	246
Szalontay Károly	Üvegipar	9	331
Szatura László	Anyagvizsgálat	2	49
Szirnai András – Kausay Tibor	Betonipar	5	170
Talabér József	Építőanyagipar	9	321
Thoma László	Szigetelő-anyagipar	3	102
Tompos Endre – Bóhm József – Pethő Szilveszter	Aprításmélet	10	373
Tóth Kálmán – Mészárosné Kis Ágnes	Anyagvizsgálat	1	22
Tóth Kálmán	Szigetelő-anyagipar	12	462
Uhlmann, J.	Aprításmélet	1	16
Utkov, V. A. – Smorgunenko, N. Sz.	Anyagvizsgálat	11	436
Vadász Mihály	Aprításmélet	1	12
Vadász Mihály – Kolostori János – Gallyas Miklós – Hilger Miklós	Cementipar	2	60
Verdijan, M. A. – Kafarov, V. V.	Örlés-technológia	1	9
Visegrádi Péter – Kiss Róbert	Tégla- és cserépipar	4	145
Vissy László	Üvegipar	9	342
Vitális György – Hegyiné Pakó Júlia	Geológia	2	54
Vitális György – Hegyiné Pakó Júlia	Geológia	7	273
Vitális György – Wojnárovits Lászlóné – Hegyiné Pakó Júlia	Anyagvizsgálat	8	306
Wilverger Ferenc – Wilverger Ferencné	Anyagvizsgálat	10	367
Wilverger Ferencné – Wilverger Ferenc	Anyagvizsgálat	10	367
Wojnárovitsné Hrapka Ilona I. rész	Szigetelő-anyagipar	8	281
Wojnárovitsné Hrapka Ilona II. rész	Szigetelő-anyagipar	10	361
Wojnárovitsné Hrapka Ilona III. rész	Szigetelő-anyagipar	11	422
Wojnárovits Lászlóné – Hegyiné Pakó Júlia – Vitális György	Anyagvizsgálat	8	306
Wojnárovitsné Hrapka Ilona – Dobos Sándor	Anyagvizsgálat	3	105

## Az őrlési feltételek hatása a porok elektromos ellenállására\*

HOFFMANN, BRIGITTE

Forschungsinstitut für Aufbereitung, Freiberg, NDK

Az ipari porok leválasztása az egyre fokozódó környezetvédelmi követelmények, valamint az értékes anyagok visszanyerése szempontjából igen nagy jelentőségű. Elektromos porleválasztóknál a legnagyobb porleválasztás akkor érhető el, ha a porok fajlagos elektromos ellenállása  $10^7$  és  $10^{11}$   $\Omega\text{cm}$  értéktartományon belül van.

A cementipari őrlőberendezéseknél keletkező porok (cement és nyersliszt) fajlagos elektromos ellenállása igen nagy. Értéke a  $10^{14}$   $\Omega\text{cm}$  értéket is elérheti, így azok leválasztása a legnagyobb nehézségekkel jár. Vizsgálataink tárgyát éppen ezért azok a lehetőségek képezik, amelyekkel ezeknek a poroknak az elektromos ellenállását befolyásolhatjuk az elektrofilterekben végbemenő leválasztás hatásfokának növelése érdekében.

Az elektromos ellenállást mind a porleválasztás során, mind pedig az őrlőberendezések gépjárműveti változtatásával lehet befolyásolni.

Annak ellenére, hogy a szakirodalomban igen sok adat található arra vonatkozólag, hogy milyen hatást fejtenek ki a porleválasztásnál a kondicionálószerkezetek, az elektrofilter üzemi hőmérséklete, valamint a porok kémiai és ásványi összetétele, még mindig nem kapunk egyértelmű választ arra a kérdésre, hogy milyen módon lehet csökkenteni a por elektromos ellenállását már az

őrlés folyamán. Éppen ezért megvizsgáltuk, hogy lehet-e befolyásolni a különböző anyagok elektromos ellenállását bizonyos őrlési feltételek megváltoztatásával, és ha igen, milyen módon.

Paraméterként a következőket választottuk: az őrlés időtartama, az őrlési hőmérséklet és az őrlési atmoszféra. A fajlagos elektromos ellenállás ( $\rho$ ) mint az elektrofilterben mutatkozó leválasztási viselkedés ismérvének meghatározása mellett vizsgáltuk az őrlési eredmények szemcseösszetételét is, és összefüggést kerestünk a  $\rho$  értéke, valamint az egyes őrlési feltételek, ill. a szemcseösszetétel között.

### A kísérletek lefolytatása

Vizsgálati anyagként kvarcitot, cementklinkert és a cementnyersliszthez hasonló keveréket (85% mészkő és 15% kvarcit, <3,15 mm szemcsefrakcióval) alkalmaztunk.

Az őrlést elektromos fűtésű, szakaszosan működő laboratóriumi golyósmalomban végeztük. Az őrlés során az alábbi paramétereket változtattuk:

1. 5, 15, 30, 60 és 120 perces őrlési idő;
2. 2 és 6 térfogat-%  $\text{H}_2\text{O}$  és 15 térf.-%  $\text{CO}_2$  tartalmú őrlési atmoszféra;
3. 20 °C és kb. 100 °C őrlési hőmérséklet.

\* III. Őrlési kollokvium, Budapest, 1978.

Az említett paraméterek lehetséges kombinációjából a vizsgálatokhoz az alábbi órlesi változatokat alkalmaztuk:

Órlesi változat jelzése	Órlesi hőmérséklet °C	Órlesi atmoszféra		Órleendő anyag
		H <sub>2</sub> O tart. térf.-%	CO <sub>2</sub> tart. térf.-%	
Z	kb. 20	6	—	cement
A	kb. 20	2	—	cement, nyersliszt, kvarcit
B	kb. 20	2	15	cement, nyersliszt
C	kb. 100	2	—	cement, nyersliszt
D	kb. 100	6	—	cement, nyersliszt

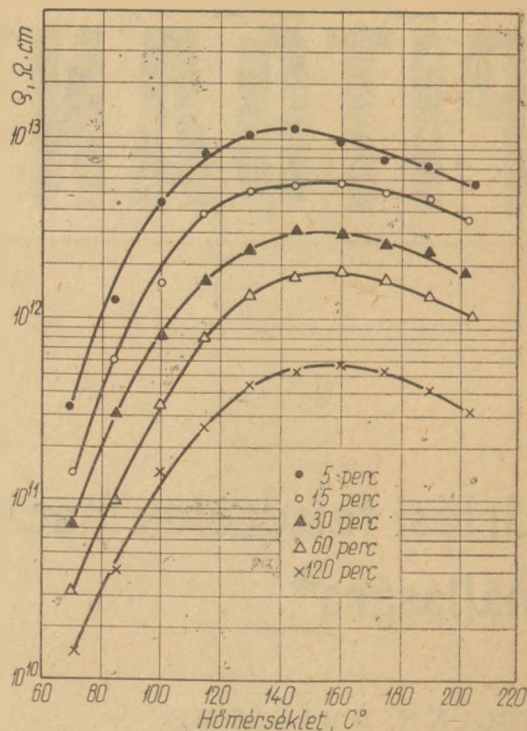
A fajlagos elektromos ellenállást laboratóriumi szinten, ömlesztett termékek mérésére szolgáló készülékkel határoztuk meg, amelynek az a hátránya, hogy nem elektrofilterben történő leválasztás mellett, hanem mérőedénybe betöltött anyagon történik a mérés, továbbá az üzemítő eltérő körülmények miatt nem áll egységes mérőfeszültség-gradiens rendelkezésre. Mindazonáltal jól definiált feltételek mellett lehetőség van a mérések végzésére és a mérési eredmények reprodukálhatósága viszonylag jó.

Az ismételt mérések statisztikai kiértékelése során  $\rho$  értéke  $\pm 10 \dots 35\%$  szórást mutatott  $\bar{\rho}$ -ra vonatkoztatva. Az ellenállás meghatározását 70° és 200 °C közötti hőfoktartományban végeztük kb. 15°-os fokozatokkal, mivel a porok leválasztási tulajdonságát egyetlen hőmérsékleten mért ellenállási értékkel nem lehet átfogó módon jellemezni. Az ellenállásmérések során a harmatpont megfelelt az órlesi harmatpontnak. Az órlemények szemszerkezetét szitaanalízissel és Bahco-rendszerű centrifugálószétválogóval határoztuk meg.

### Kísérleti eredmények

Tekintettel arra, hogy az elektromos ellenállást mindig nedves atmoszférában határoztuk meg, a  $\rho$  hőmérséklet függvényében való ábrázolásánál maximumértékeket kaptunk, ahogy az az 1. ábrából a kvarcitra vonatkozólag kitűnik.

Ebben az esetben a görbék felszálló ágát a por felületi vezetőképessége, a leszálló ágat pedig a térfogati vezetőképesség határozza meg. Az említett két vezetési mechanizmusnak megfelelően a következő vizsgálatokhoz 85 és 200 °C-ot választ-



1. ábra. Kvarcit fajlagos elektromos ellenállása a hőmérséklet függvényében. (Órlesi változat: A)

tottunk paraméterként, mert ebben az esetben a vezetőképességet, ill. az ellenállást kiváltó okok különbözősége alapján azzal lehetett számolni, hogy az órlesi időtartam és az órlesi rendszer is eltérő hatást fejtenek ki.

E helyen csak a cementre vonatkozó részletes eredményekkel foglalkozunk.

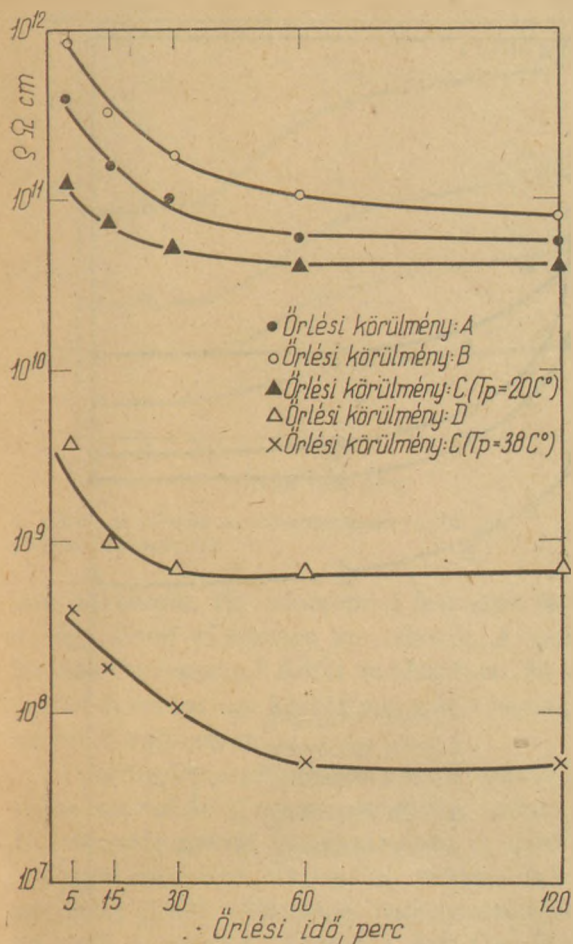
A cementnél az órlesi időtartam észrevehető befolyást gyakorol az órlemények elektromos ellenállására. Ez a hatás a 120 °C-ig terjedő hőmérséklet-tartományra korlátozódik, amelyben a felületi vezetőképesség dominál.

Ahogy ez a 2. ábrából kitűnik, az órlesi időtartamnak 85 °C hőmérsékletre történő növelésével a fajlagos elektromos ellenállás egy nagyságrenddel csökkenthető, így pl. az A változatnál  $4 \cdot 10^{11}$   $\Omega$ cm-ről  $5 \cdot 10^{10}$   $\Omega$ cm-re.

A  $\rho$  értékének legnagyobb mértékű csökkenése az órles első 30 percében érhető el, míg az órlesi idő 60 percre történő növelése a  $\rho$  értékének csak minimális mértékű csökkenését vonja maga után. Ha az órlesi időtartamot 60 percről 120 percre növeljük, ez gyakorlatilag már semmiféle hatással sincs a fajlagos elektromos ellenállásra.

Azokban a hőmérséklet-tartományokban, ahol a térfogati vezetőképesség dominál, egyik esetben sem mutatható ki az órlesi idő  $\rho$  értékre kifejtett hatása, amint ez a 3. ábrából is kitűnik, ahol a fajlagos elektromos ellenállást ábrázoltuk 200 °C hőmérsékletnél az órlesi idő függvényében. A  $\rho$



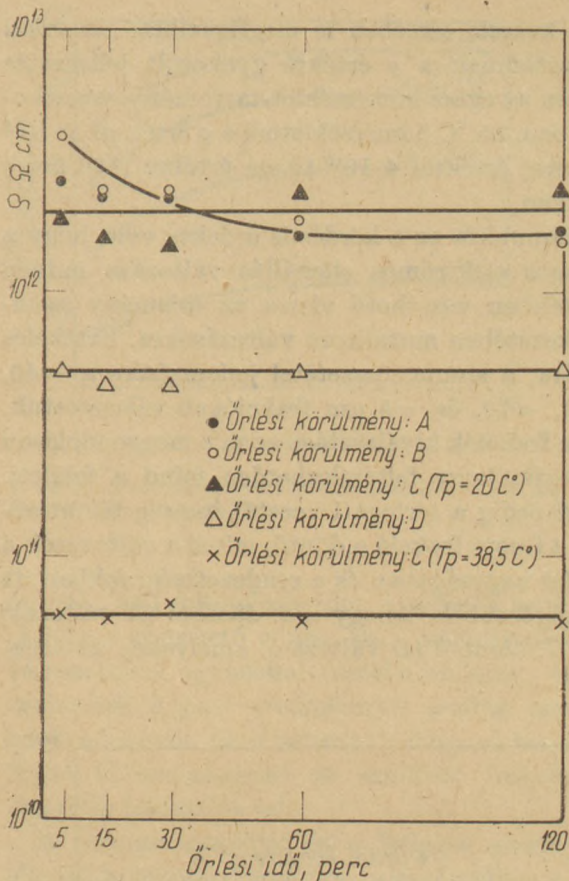


2. ábra. A cement fajlagos elektromos ellenállása 85 °C-nál az őrlési idő függvényében.

értékének kismértékű csökkenése a B jelű változatnál nem tekinthető jellemzőnek.

Az őrlési időtartam mellett a cement esetében az őrlési körülmények is lényeges hatást gyakorolnak a fajlagos elektromos ellenállásra. Ez egyaránt érvényes arra a hőmérséklet-tartományra, ahol a felületi, illetve ahol a térfogati vezetőképesség dominál.

Így pl. 85 °C-nál a fajlagos elektromos ellenállás maximális csökkenése figyelhető meg ( $1 \cdot 10^{11}$ -ről  $5 \cdot 10^8$  Ωcm-re) 60 perces őrlési időtartamnál (2. ábra). Figyeljük meg az A jelű őrlési változatot (20 °C őrlési hőmérséklet és 2 % H<sub>2</sub>O víztartalom), mint alap variációt, amikor „normál” körülmények mellett dolgozunk. Amennyiben az őrlési atmoszférát megváltoztatjuk oly módon, hogy a CO<sub>2</sub>-tartalom 15 % legyen (B változat), a  $\rho$  értéke kismértékben megnövekszik. Ha az őrlési hőmérsékletet 100 °C-ra növeljük (C változat), úgy ennek eredményeképpen a  $\rho$  értéke csökkeni fog. Ezzel ellentétben, a D változat esetében (100 °C, 6 % H<sub>2</sub>O) igen nagy mértékben lecsökken a cement fajlagos elektromos ellenállása az A és ennek folytán a B és C változatokhoz képest.



3. ábra. A cement fajlagos elektromos ellenállása 200 °C hőmérsékleten az őrlési idő függvényében.

A térfogati vezetőképesség területén (lásd 3. ábra) az arányok hasonló módon alakulnak, azonban itt a különbségek az egyes őrlési változatok között kisebbek.

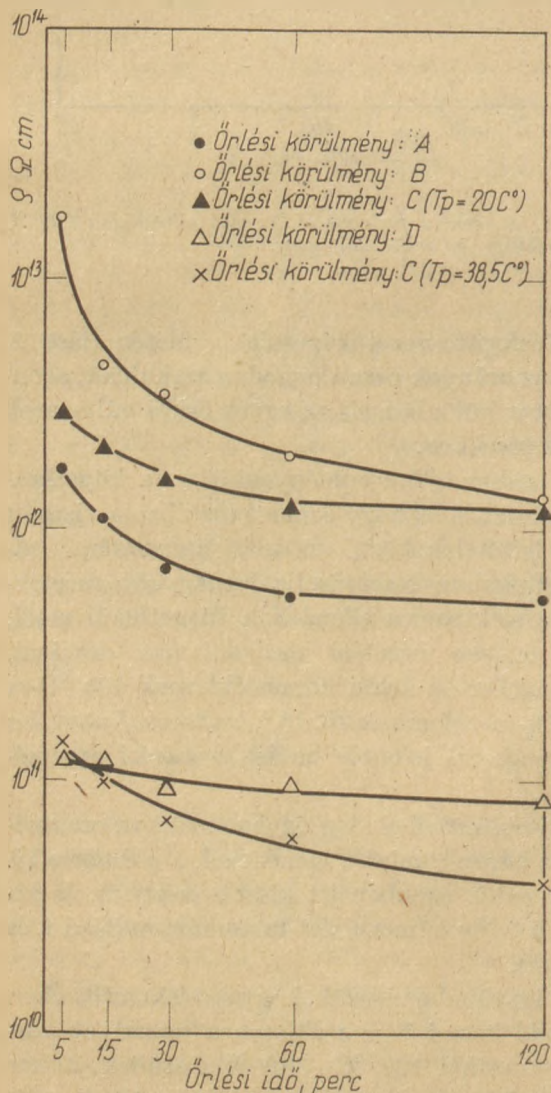
Az ismertetett eredményekből az a következtetés vonható le, hogy cement esetében a vizsgált őrlési feltételek közül az őrlési atmoszféra nedvességtartalma befolyásolja legnagyobb mértékben az elektromos ellenállást, függetlenül attól, hogy milyen vezetési mechanizmus dominál. Ugyanakkor az őrlési hőmérsékletnek 100 °C-ra és a CO<sub>2</sub>-tartalomnak kb. 15 %-ra történő növelése nem gyakorol jelentős hatást a mérési eredményekre.

A nyerslisztnél elvileg ugyanazokat az eredményeket kaptuk, mint a cementnél, a  $\rho$  értékre kifejtett hatás azonban itt kisebb mértékű, és kiterjed a teljes hőmérséklet-tartományra (lásd 4. és 5. ábrák).

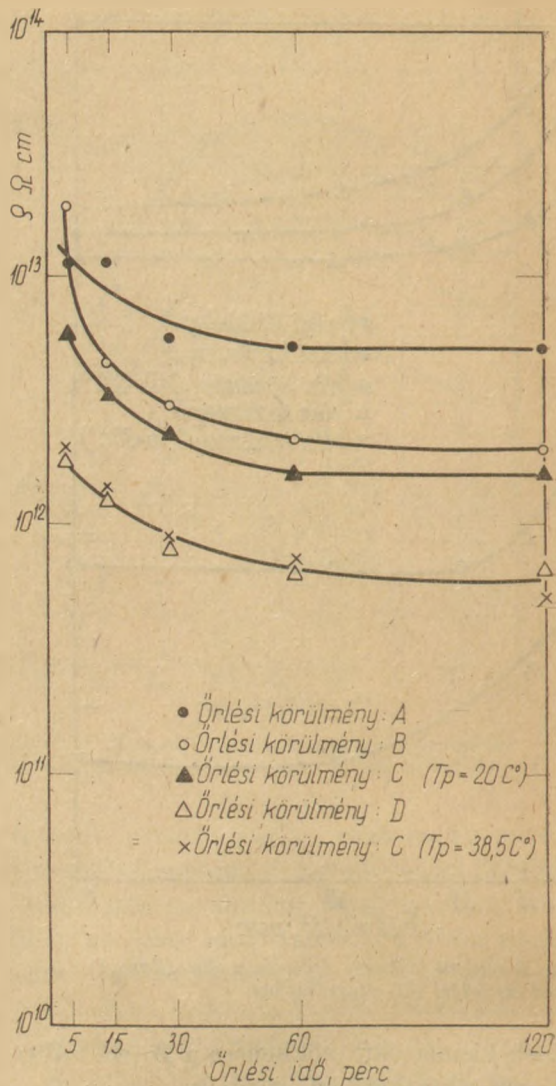
Ha figyelembe vesszük, hogy az elektrofilterben uralkodó üzemi hőmérsékletek a nyersliszt porleválasztásánál 120 °C–140 °C körüliek, akkor kitűnik, hogy egyik esetben sem sikerült az optimális leválasztási tartományhoz eljutni.

A kvarcit esetében is megfigyelhető az őrlési időtartamnak a  $\rho$  értékre gyakorolt jellegzetes hatása az egész hőmérséklet-tartomány vonatkozásában. 85 °C hőmérsékletnél a  $\rho$  érték pl.  $2 \cdot 10^{12}$  (5 perc) értékről  $4 \cdot 10^{10} \Omega \text{ cm}$  értékre (120 perc) csökken.

Számunkra az a kérdés is érdekes volt, hogy a fajlagos elektromos ellenállás változása milyen mértékben vezethető vissza az őrlemény szem-szerkezetében mutatkozó változásokra. Értékelés céljára, a szemcseösszetétel jellemzésére a  $<40$ ,  $<20$ ,  $<10$ , és  $<5 \mu\text{m}$  frakciókat választottuk. Ezen frakciók kiválasztása azon a megfontoláson alapszik, hogy feltételezhetően mind a felületi, mind pedig a térfogati vezetőképesség tekintetében a finom frakció a döntő, mivel a változások a felület nagyságában és a rendezettség fokában itt a legerősebbek. Ahogy a 6. ábrából (A változat) és a 7. ábrából (D változat), amelyekben az átha-

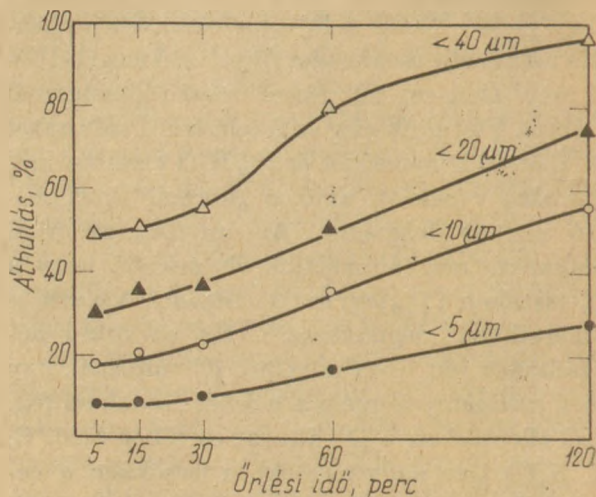


4. ábra. A fajlagos elektromos ellenállás a mészkő/kvarcit esetében 85 °C hőmérsékletnél az őrlési idő függvényében

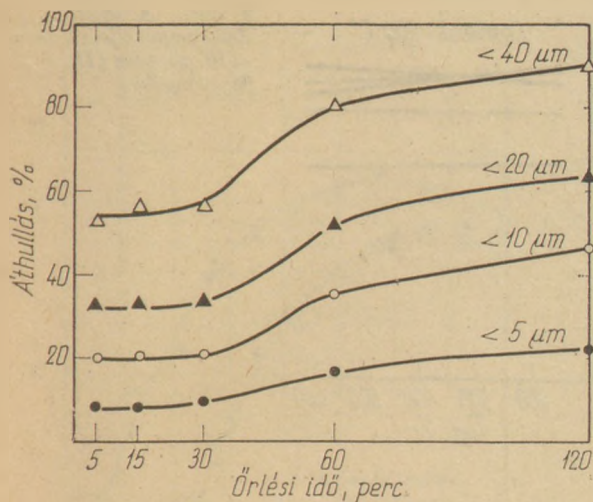


5. ábra. A fajlagos elektromos ellenállás mészkő/kvarcit esetében 200 °C hőmérsékleten az őrlési idő függvényében

ladó mennyiséget az őrlési időtartam függvényében ábrázoltuk, kitűnik, hogy az áthaladó mennyiség az őrlési időtartam teljes értéktartományá-



6. ábra. A cement szemcseanalízise  $<100 \mu\text{m}$  (Őrlési változat: A)



7. ábra. A cement szemcseanalízise < 100 μm (Őrlési változat: D)

ban növekszik. Ez valamennyi frakcióra és mind a négy őrlési változatra vonatkozik. A szemcsehalmaz valamennyi őrlési rendszerben 30 és 60 perces őrlési tartam között megy át a legnagyobb mértékű változásra.

30 perces őrlési időtartamig a változások minimális mértékűek, egyes esetekben, mint pl. a D jelű változatnál (7. ábra) nem is mérhetőek.

Figyelembe véve a vizsgálati módszerek hibáit, az egyes őrlési változatok összehasonlítása azt mutatta, hogy az A változat – a B, C és D változatokhoz képest – hosszabb őrlési időtartamoknál magasabb áthullási értéket ad. 120 perces őrlési időtartamnál a különbségek határozottak, 60 percnél még részben felismerhetők, de már nem olyan szembetűnőek.

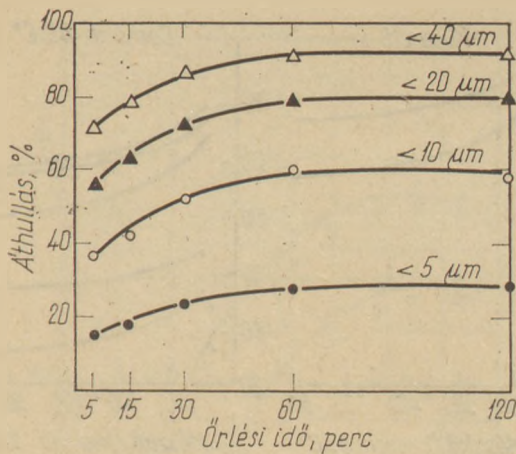
A B, C és D őrlési változatok esetében az értékeléshez felhasznált szemcseösszetételek nem mutatnak lényeges különbségeket. Ebből az a végső következtetés vonható le, hogy az őrlési atmoszféra CO<sub>2</sub>-tartalmának 0-ról 15%-ra, valamint az őrlési hőmérsékletnek 20°-ról 100 °C-ra való növelése a cementklinker őrlését megnehezíti.

A növelt H<sub>2</sub>O-tartalom a magasabb hőmérsékletű őrlésnél (100 °C) semmiféle hatást nem fejt ki az őrlési eredményre.

Kvarcit esetében az áthullás az őrlési időtartam függvényében közel azonos képet mutat, mint a cementnél, minden frakciónál.

A nyersliszt áthullási görbéi elvileg eltérnek a kvarcit és cement ezen görbéitől (8. ábra).

Így pl. valamennyi őrlési változat esetében csak 60 perces őrlési időtartamig lehet nagyobb mértékű áthullást észlelni. A legnagyobb mértékű növekedés 30 perces őrlési időtartamnál figyelhető meg. 60 és 120 perces őrlési időtartamok között az értékek gyakorlatilag konstansak ma-



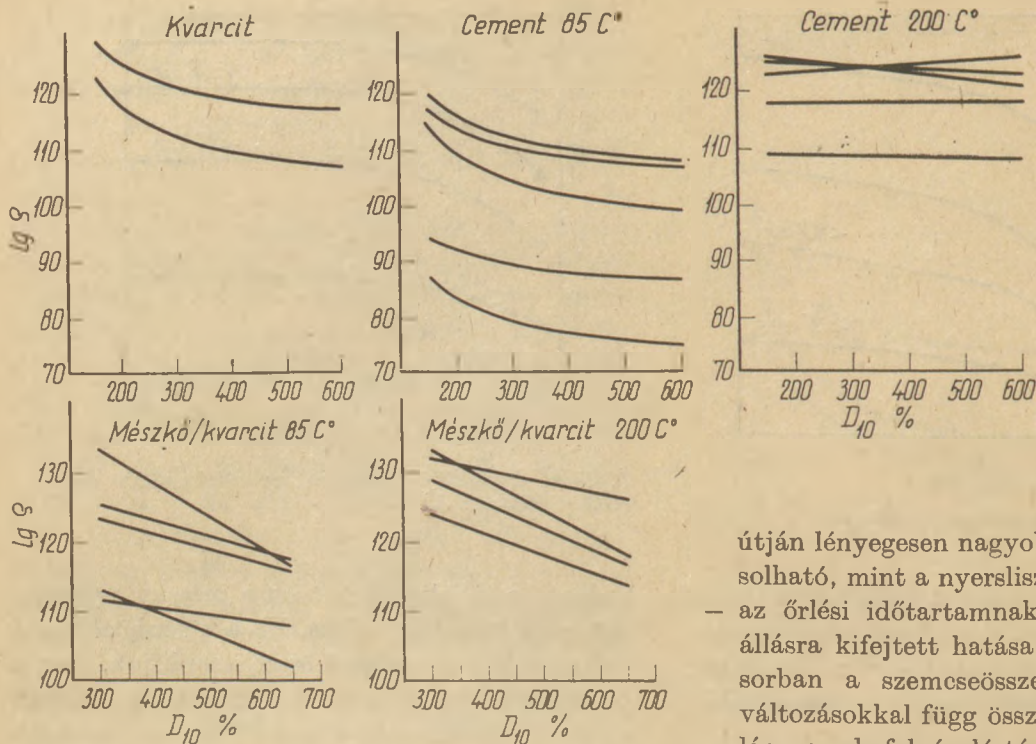
8. ábra. A mész- és kvarcit szemcseanalízise < 100 μm (Őrlési változat: A)

radnak, ami feltételezhetően a mész- és kvarcit agglomerációjára vezethető vissza. Ha a különböző őrlési változatokat egymással összehasonlítjuk, úgy a cementnél kapott eredménnyel analóg eredményeket kapunk: az A változat különösen hosszabb őrlési időtartamoknál az említett frakciókból nagyobb hányadot ad.

A szemcseösszetétel és a fajlagos elektromos ellenállás közötti összefüggés vizsgálatához a < 10 μm frakciót használtuk fel. Az egyetlen szemcsefrakcióra való korlátozást az igazolja, hogy ugyanazon anyag és őrlési körülmények esetén a különböző szemcsefrakciókra kapott áthullási görbék lefutása elméletileg azonos.

A 9. ábrából, melyen a ρ értéket az áthullás mennyiség függvényében ábrázoltuk, kitűnik, hogy a 10 μm frakcióra vonatkozólag (kivéve a cementet 200 °C hőmérsékletnél) függvénykapcsolat áll fenn a mérési eredmények között. Az őrlési finomság tehát lényeges befolyásoló tényezőnek tekinthető az elektromos ellenállás tekintetében. Amikor a < 10 μm hányad növekszik, tehát nagyobb a finomság, a fajlagos elektromos ellenállás minden esetben csökken. Kvarcit esetében (ρ<sub>85°</sub> és ρ<sub>200°</sub>) és a cement esetében (ρ<sub>85°</sub>) ezt az összefüggést egy hiperbola írja le az  $\lg \rho = a + b \cdot \frac{1}{x}$  egyenlet alapján. Nyersliszténél (ρ<sub>85°</sub> és ρ<sub>200°</sub>) az összefüggést egy egyenes határozza meg, a  $\lg \rho = a + bx$  egyenlet alapján.

Az a körülmény, hogy a cementnél abban a hőmérséklet-tartományban, ahol a térfogati vezetés dominál, nem áll fenn függvénykapcsolat a ρ és a D<sub>10</sub> között, arra utal, hogy a cement térfogata csak kismértékben változik az őrlés során, ellentétben a kvarcittal és a nyersliszttel. A D<sub>10</sub> és ρ értékek közötti összefüggések eltérése, valamint az a és b



9. ábra. A fajlagos elektromos ellenállás a  $< 10 \mu\text{m}$  rész ( $D_{10}$ ) függvényében

konstansok közötti különbségek az egyes őrlési változatoknál egyértelműen azt mutatják, hogy a  $< 10 \mu\text{m}$ -es rész, illetve a szemcseösszetétel nem egyedüli meghatározója valamely szilárd anyag elektromos ellenállásának, sőt utalnak arra, hogy a  $\rho$  értéke erősen függ az őrlemény kémiai összetételétől, a felületi tulajdonságoktól, a kristályszerkezettől és a rendezettségi foktól is. Sajnos jelen munka keretében nem volt lehetőségünk arra, hogy megvizsgáljuk mindezen anyagtulajdonságoknak az elektromos ellenállásra kifejtett hatását. Meg kívánjuk még említeni, hogy a kvarcit és a nyersliszt esetében az őrlési időtartam  $\rho$  értékére kifejtett hatása elsősorban a szemcseösszetételben beálló változásokra vezethető vissza. Cement esetében ez nem teljesen egyértelmű.

### Végső következtetések

A vizsgálati eredményekből az alábbi következtetések vonhatók le:

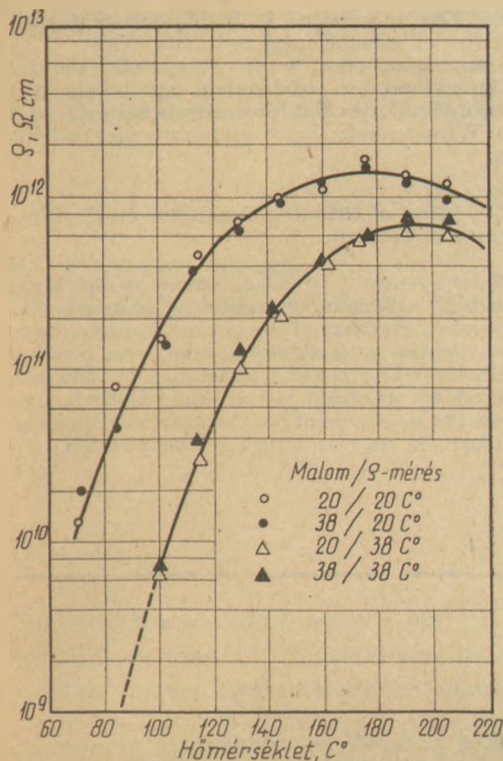
- fennáll annak lehetősége, hogy az őrlemények elektromos ellenállását a különféle őrlési feltételek útján befolyásolni lehessen, azaz kedvező hatást lehessen gyakorolni az elektrofilterben történő leválasztásra;
- a befolyásolás mértéke függ az anyagtól és a hőmérséklettől;
- a cement megfelelően választott paraméterek

- útján lényegesen nagyobb mértékben befolyásolható, mint a nyersliszt és a kvarcit;
- az őrlési időtartamnak az elektromos ellenállásra kifejtett hatása igen jellemző és elsősorban a szemcseösszetételben bekövetkező változásokkal függ össze;
- lényeges befolyásoló tényező az őrlési atmoszféra  $\text{H}_2\text{O}$ -tartalma. 6 térf. %-os  $\text{H}_2\text{O}$ -tartalom esetében 2, nyersliszt esetében 0,75 tized hatvánnyal csökkenti  $\rho$  értékét;
- az iparban szokásos (cementnél és cementnyerslisztnél) leválasztási hőmérsékleteknél az őrlési atmoszféra nagyobb  $\text{CO}_2$ -tartalma negatív hatást fejt ki ( $\rho$ -növekedés). Az őrlési hőmérséklet növelése a cementnél kis mértékben csökkenti, a nyerslisztnél növeli a fajlagos elektromos ellenállást;
- Mint ahogy az várható is volt, a fajlagos elektromos ellenállás változása nem magyarázható egyetlen anyagtulajdonság változásával. A szemcseösszetétel lényeges, de nem tekinthető egyedüli befolyásoló tényezőnek a porok elektromos ellenállását illetően.

Az említett eredményekből a porok elektrofilterben történő leválasztására az alábbi tökéletesítési lehetőségek adódnak:

A fajlagos elektromos ellenállás értékének az őrlési finomság növelésével való csökkentését fel lehetne használni a porleválasztásnál, amennyiben pl. az elektrofilterek elé durvaszemcseleválasztókat építünk. Az őrlési atmoszféra megnövelt vízgőz-parciális nyomása által kifejtett hatást viszonylag egyszerűen, a malomba való víz-porlasztással lehet elérni. Ekkor a víz bizonyos mértékű hűtőhatást is fejt, és őrlést segítő anyagként is hat.

Természetesen felvetődik az a kérdés, hogy a porleválasztás tekintetében előnyösnek tekint-

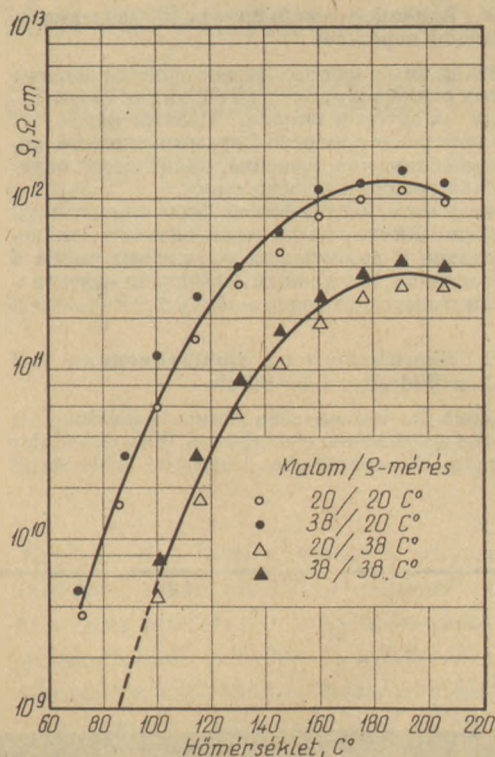


10. ábra. A cement fajlagos elektromos ellenállása a hőmérséklet függvényében. (Őrlési hőmérséklet: 20 °C)

hető-e, ha a malomban vagy az elektrofilterben vízzel végezzük a kondicionálást. Ezen kérdés tisztázása céljából két további kísérletsorozatot végeztünk. A 10. ábra mutatja a cementre vonatkozó hőmérséklet-ellenállás görbéket, 20 °C hőmérsékleten, 60 percig tartó őrlés mellett. A nedvességtartalom a malomban, ill. az ellenállásmérő készülékben 20, ill. 38 °C-os harmatpontnak felelt meg.

Az ábrából világosan kitűnik, hogy a  $\rho$  értékét a nedvességtartalom az ellenállás mérésénél döntően befolyásolja. Ha az ellenállásmérő készülékben a harmatpontot 20 °C-ról 38 °C-ra emeljük, úgy  $\rho$  értéke pl. 85 °C-nál  $5 \cdot 10^{11}$ -ről  $1 \cdot 10^9$   $\Omega$  cm-re csökken, tehát a csökkenés mértéke 1,5 tizedes hatvány. Ezzel szemben az őrlésnél a nedvességtartalom növelése csak igen csekély hatást fejt ki a fajlagos elektromos ellenállásra, a változások a mérési eljárás hibahatárain belül vannak. Hasonló eredményeket kaptunk a cementnek 100 °C-on történő őrlésénél is (11. ábra).

Végző következtetésként az állapítható meg, hogy a pornak vízzel történő kondicionálását feltétlenül az elektrofilterben kell végrehajtani, és a malomba történő vízbeporlasztás – bár nem jár kedvezőtlen hatással – nem szükséges. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni, hogy az üzemben a por a malomból azonnal az elektrofilterbe kerül porleválasztás céljából, míg a labo-



11. ábra. A cement fajlagos elektromos ellenállása a hőmérséklet függvényében (Őrlési hőmérséklet: 100 °C)

ratóriumi kísérleteknél az őrlés és az ellenállás mérése között órák, esetleg napok teltek el. Így könnyen elképzelhető, különösen a cement esetében, hogy ezen idő alatt a víz már reakcióba lépett és ez a felületi vezetőképességet meghatározó adalékanyag tulajdonképpen már nincs is jelen.

Annak ellenére, hogy a lefolytatott vizsgálatok útján kimutatható volt az őrlési körülményeknek az őrlemény elektromos ellenállására gyakorolt jelentős hatása, kritikusan meg kell jegyezni, hogy az ilyen jellegű laboratóriumi kísérletek jelentősen eltérnek az ipari gyakorlat porleválasztásától, ezért az eredmények átvitele csak bizonyos feltételek mellett lehetséges. Ennek ellenére mégis értékes utalásokkal szolgálnak arra vonatkozólag, hogy hol érdemes lényegesen nagyobb ráfordítást igénylő üzemi kísérleteket lefolytatni annak érdekében, hogy már az őrlési folyamat során lehessen kedvezően befolyásolni az elektrofilterekben végbemenő porleválasztást.

#### Hoffmann, B.: Az őrlési feltételek hatása a porok elektromos ellenállására

Az ipari porleválasztás hatásossága nagymértékben függ a porok fajlagos elektromos ellenállásától. A cementipari porok fajlagos elektromos ellenállása lényegesen nagyobb, mint a leválasztás szempontjából optimális érték.

A kutatás során megállapították, hogy milyen módon lehet a keletkező, illetve leválasztandó porok elektromos ellenállását az őrlési folyamat során befolyásolni, s ezáltal a porleválasztók hatásosabb működését elősegíteni.

**Гоффманн, В.: Влияние условий помола на электрическое сопротивление порошков**

Эффективность промышленного пылеосаждения зависит в значительных размерах от электрического сопротивления порошков (продуктов помола). Электрическое сопротивление порошков цементной промышленности является более высоким, чем значение, являющееся оптимальным с точки зрения пылеосаждения.

В ходе проведенных исследований были определены способы оказания влияния на электрическое сопротивление образующихся и подлежащих осаждению пылей в процессе измельчения, и тем самым повышения эффективности действия пылеосадительного оборудования.

**Hoffmann, B.: Einwirkungen der Mahlbedingungen auf den elektrischen Widerstand der Stäube**

Die Wirksamkeit der industriellen Staubabscheidung ist weitgehend vom spezifischen elektrischen Widerstand der Stäube abhängig. Der spezifische elektrische Widerstand

der Stäube der Zementindustrie ist bedeutend größer als der hinsichtlich der Abscheidung optimale Wert.

Durch Forschungsarbeiten wurde festgestellt, wie der elektrische Widerstand der anfallenden, bzw. abzuschleudenden Stäube im Laufe des Mahlprozesses beeinflusst, und dadurch die Wirksamkeit der Staubabscheider erhöht werden kann.

**Hoffmann, B.: Effect of Grinding Conditions on the Electrical Resistance of Powders**

Efficiency of dust removal by electrostatic precipitation depends to a high extent on the specific electric resistance of the powder. Powders of the cement industry have over-optimum resistance, thus deteriorating precipitation efficiency. However the electric resistance of powders can be affected by grinding parameters. Methods are described, how the resistance of powders can be influenced in a straightforward way to improve precipitation efficiency.

## A világ szilikátiparából

**Nagykopásállóságú alumíniumoxid kerámialapokat ajánl az USA tűzállóanyaggyártása**

Alumíniumszilikáttal kötött 96%  $Al_2O_3$  tartalmú kerámiai lapokat kínál a Carborundum Company. A cég közlése szerint ezek a kopásálló idomok testsűrűség 3,68  $g/cm^3$  (12–14-szer tartósabbak mint a műszaki porcelán (testsűrűség) 2,35  $g/cm^3$ ).

Alumíniumoxid kerámiával burkolt golyósmalom béléslapok 2 évi szén-órlés után még kifogástalanok, az azelőtt használt acéllapok élettartama max. 400 óra volt.

A 96%  $Al_2O_3$  tartalmú lapokat DURAFRAX elnevezéssel kínálják a piacon. Felerősítjük a lap furatán átvezetett süllyesztett fejú csavarral, vagy felhegeszthető kúpos fémgyűrűvel történik, a süllyesztett fémrészt alumíniumoxidréteggel védik. Nagy ütési igénybevétel esetén a lapok külső fémfelületre felragaszthatók. (A MOTIM, Mosonmagyaróvári hasonló idomokat olvadékból öntött kivitelben gyárt, ezek hasonló területeken alkalmazhatók de jobb a hőbíráruk és kopásállóságuk, ugyanakkor érzékenyebb ütésre).

(Ber. d. Deutsch. Keram. Ges. 1978. 8.)

**Karborundum alapú testek jól használhatók hőre és kopásra erősen igénybevett alkatrészekre**

SiC-porok melegsajtolásával olyan szerkezeti anyagok készíthetők, melyeken nagy hőmérsékleten történő terhelés mellett is alig van szubkritikus repedésképződés. Az ilyen elemek különösen ott használhatók, ahol tartós terhelés van, mert nagyon állandók a kuszás jelenségekkel szemben.

A melegen sajtoló SiC testek repedései 900 °C-on történő oxigénatmoszférában történő hőkezeléssel javíthatók. Hőlökések utáni hibák így részben csökkenthetők.

Fröcsöntött reakciókötésű SiC-tesztek viszont turbinalapátok gyártására alkalmasak, bár a használhatóságot eldöntő minőségi vizsgálatok kérdése még nem egyértelműen tisztázott. (Ber. d. Deutsch. Keram. Ges.

(Ber. d. Deutsch. Keram. Ges. 1978. 8.)

**Kerámiaszűkítők a világ legnagyobb ércszállító csővezetékében**

A Brazíliában 1977 szeptemberében üzembehelyezett 404 km hosszú Samarco csővezetékbe, amely jelenleg 7 millió tonna ércet szállít Point Vbu

kikötőjébe szilikátipari terméket is beépítettek.

Az 508 mm külső átmérőjű csővezetékbe kerámiaidomokból kiképzett csőszűkítőket építettek be, hogy a meredek lejtésű csőszakaszokban csökkentsék az áramlási sebességet (1,65–2,2 m/sec) és a kavitáció veszélyét.

A szállított ércben max. 3% lehet a +0,074 mm-es szemcse és a szállított zagy érc koncentrációja 60 tömeg %.

(Aufbereitungstechnik 1978. 8.)

**Üvegszálalapú lemez helyettesíti a kátránypapírt**

Az USA-ban üvegszálalapú tetőfedőlemezeket gyártanak 30% alatti aszfalttartalommal. Az új típusú lemezek gyorsan szerelhetők és a kátránypapírral szemben sokkal kevésbé tűzveszélyesek.

(Ceramic Bulletin 1978. 6.)

**A Donghae-i cementüzem Dél-Korea legnagyobb cementgyárává bővül**

A bővítés után a Szang Yong Cement Corp. Ltd, Szöul cég ebben az üzemben évi 8,8 millió cementklinkert fog gyártani. A gyárat a nyugatnémet Polysius AG építi. A beruházáshoz importált berendezések és a külföldi szolgáltatások értéke 126 millió DM, amihez még helyi költségek járulnak.

A szerelés kezdése 1979 május, az üzembehelyezés 1980 eleje.

A fűtéshez nagy hamutartalmú szenet használnak, amit előkalcináló lépcső beépítése tett lehetővé.

(Zement-Kalk-Gips 1978. 9.)

# A cementipari anyagok őrlési folyamatainak matematikai modellezése és optimalizálása\*

VERDIJAN, M. A. • – KAFAROV, V. V. ••

• NIICement, Moszkva

•• Mendelejev Kémiai Technológiai Egyetem, Moszkva

## Bevezetés

Napjainkban a szilárd testek őrlési folyamatainak tanulmányozása új tudományos irányzatot teremtett (1). Az aprításelméletre jellemző korábbi empirikus megközelítés hagyományaitól eltérően, az új irányzat alapját új módszertan képezi, amely az őrlési folyamatok és őrlőberendezések rendszerként történő felfogását használja fel (2).

Az őrlési folyamatok matematikai modellezésénél és optimalizálásánál egész sor konkrét problémát kell megoldani, amelyek közül a legfontosabbakat az alábbiakban foglaljuk össze.

### 1. Az őrlési folyamatok új megközelítésének és elemzésének alapjai és módszertana

Az új irányzat megjelenése az őrlési folyamatok tanulmányozásában az őrlés elmélete és technikája fejlődésének következménye.

Az őrlési folyamatok új megközelítése a vegyipari reaktorokban és az iparág számos helyén alkalmazott dobmalmban végbemenő folyamatok közötti analógián, a módszertan pedig a fizikai-technológiai folyamatok elemzésének kibernetikai elvein alapul. Ezen elvek lényege az őrlési folyamatok kutatása esetében a bemenő, vezérlő és kimenő paraméterek közötti összefüggések matematikai egyenletek formájában való megállapítása az őrlőberendezésben végbemenő folyamat részleges absztrahálása mellett.

### 2. Az őrlési folyamatok matematikai leírása

A kutatások (1) kimutatták az őrlési folyamatok determinált és statisztikai leírási módjai közös alkalmazásának szükségességét és hatékonyságát.

Ez lehetővé teszi egyrészt a folyamat – ipar körülményekre általában jellemző – majdnem stacioner területének meghatározását statisztikai módszerekkel, (amelyre ez a determinált matematikai leírás vonatkozik) másrészt pedig – a determinált modell paraméterei és a folyamatvezetés feltételei közötti összefüggések polinom modellek formájában való megállapítását.

A dobmalmbok matematikai modelljei a malmbokban levő anyagáramok szerkezetének hidrodinamikai modelljein alapulnak, az őrlési folyamat kinetikai egyenletének figyelembevételével.

Az őrlő anyagáram részecskéi tartózkodási ideje eloszlásának kutatása (amelyet gyakorlatilag a dobmalmbok valamennyi típusára elvégeztünk) lehetővé tette a malmbok matematikai modelljeinek kidolgozását (3). Ezek a modellek jól tükrözik az őrlési folyamatok fizikai jellegét és azon sajátosságait, melyek a különböző méretű malmbokra vonatkoznak. Ezek a modellek magukban foglalják az áramlás hidrodinamikai modelljét és azokat a viszonyokat, melyek alapján ki lehet számítani az állandó állapot mellett működő malomból kimenő termék diszperzitásfokát.

A korábban végzett kutatások megmutatták (1,3), hogy a csőmalmbokra alkalmazhatók az ideális „kiszorítás” modelljei és ennek különböző kombinációi. Az őrléstechnológia általános matematikai modelljét az egyes elemek típusmodelljeiből állítják össze.

Ily módon a matematikai modellek kidolgozását megoldottnak tekinthetjük. A következő feladat az áramlás hidrodinamikai szerkezetének elemzése ezen típusmodellek alapján, továbbá a modellek és a különböző méretű ipari dobmalmbokban, valamint a nagy egységkapacitású őrlő rend-

\* III. Őrlési kollokvium, Budapest, 1978.

szerekben végbemenő folyamatok közötti összefüggés megállapítása.

Az őrlési folyamatok matematikai modellezése szükségessé tette a folyamat kinetikai modelljének a kidolgozását. Az utóbbi években ezen a téren végzett kísérleti és elméleti munkákra jellemző, hogy az őrlési folyamatok leírására a reaktorban végbemenő kémiai reakció kinetikai egyenleteit alkalmazzák. Ilyen megközelítésben az őrlési folyamat kinetikáját úgy tekintjük, mint elsőrendű pszeudokémiai folyamatot:

$$W_R = -kR$$

ahol

- $W_R$  – az őrlési folyamat sebessége,
- $k$  – a folyamat sebességi állandója,
- $R$  – az őrlött anyag szitamaradéka.

Az őrlési folyamatok sajátosságai, és pedig a folyamat szakaszos jellege, az aggregáció fellépése előre meghatározza a „reakció” formális mechanizmusának alkalmazását, például  $A^k \rightarrow B$  típusú egyszerű reakció formájában;  $A \xrightleftharpoons{K_1} B$  reverzibilis reakció formájában és  $A \xrightarrow{K_1} B \xrightarrow{K_2} C$  ( $K_1 \neq K_2$ ) egymást követő reakciók formájában.

Nem kizárt más, az elsőrendű reakciótípusoktól eltérő, másrendű reakciók alkalmazása is. Ilyen esetben kompromisszumos megoldást kell találni a kinetikai modell további bonyolultsága és a megoldási eredmények elemzésének nehézségei között.

A „reakció” típus választását mindenek előtt az őrlött anyag tulajdonságai, a számítások pontossága, az anyag diszperzitásfokának meghatározási módszerei határozzák meg és minden konkrét esetben külön oldandó meg. A gyakorlat bizonyította az ilyen megközelítés hasznosságát az őrlési folyamatok kinetikájának leírásánál és a legfontosabb itt ezek felhasználásának területe és határai meghatározásában rejlik.

Az őrlési folyamatok kinetikája leírása másik megközelítésének alapja szelektív és disztributív függvény alkalmazása (4). A folyamat kinetikai modelljét az alábbi egyenlet írja le:

$$\frac{dm_i(\tau)}{d\tau} = -S_i(\tau)m_i(\tau) + \sum_{j=1}^{i-1} B_{ij}S_j(\tau)m_j(\tau) \quad (1)$$

ahol

- $m_i(\tau)$  – az  $i$  szemcseméret tömeghányada az örlemény össztömegéhez viszonyítva.

A kidolgozott modell fenomenológiai jellegű, mivel átlagolja minden, a részecskék törésével összefüggő jelenség hatását, és nem tükrözi azokat a jelenségeket, amelyek az egyes részecskék őrlésé-

nek elemi aktusát kísérik. Ilyen átlagolásnál az adott szemcsemérettartományhoz tartozó összes részecske őrléssel szembeni ellenállását az adott tartomány szelektív függvénye, az örlemény szemcseméreteloszlását pedig a disztributív függvény határozza meg. A modell determináns és a különböző termékek szemszerkezetének időben való változását írja le.

Tehát, ha az örlemény szemszerkezetét valamelyik eloszlási függvénnyel közelítjük, a termék diszperzitásfokát pedig a megfelelő disztributív függvény statisztikai paramétereivel jellemezzük (például, a jellemző szemcsemérettel és az örlemény egyenletességi tényezőjével), a kinetikai modell kidolgozásánál vizsgálni kell ezen paraméterek időbeni változását. Az adott megközelítés viszonylag új, amely figyelembe veszi az őrlés-kinetika leírása fent tárgyalt megközelítésének előnyeit, azonban még részletes kutatásokat igényel.

### 3. A folyamat paramétereinek számítása

A matematikai modellezés és a malmok számításának egyik fő feladata az őrlési zóna terjedelmének meghatározása, amelynek az értéke alapján kiszámítjuk a malmok átmérőjét és hosszát. A matematikai modellek paramétereinek meghatározásának módszertani kérdéseit az őrlési folyamat sajátosságainak figyelembevételével részletesen az (1,3) munkában foglaltuk össze. Ezen módszerek érvényességi körét ki kell terjeszteni a szárítva őrlő malmokra

### 4. Az anyag hosszirányú elkeveredése dobalmokban

Az őrlőberendezések tervezésénél, a konstrukciós és üzemi paraméterek meghatározása szempontjából fontos jelentősége van a kölcsönhatásban levő gáz-anyag áramok hidrodinamikai jellemzői figyelembevételének. A száraz őrlésnél például az egyik ilyen jellemző az anyag és a gáz hosszirányú helyzetváltoztatása, amelynek növekedésével csökken az őrlés hatékonysága. Ezért a malmok tervezésénél ismerni kell az áramok hosszirányú helyváltoztatását jellemző értéket.

Az anyag hosszirányú elkeveredésével kapcsolatosan a különböző típusmértű dobalmokon végzett kutatásokból következik, hogy a még viszonylag kis átmérőjű malmokban is megfigyelhető a hosszirányú helyváltoztatás, ami nagymértékben függ a malom átmérő és hossz



viszonyától. Ipari kísérletek során sikerült tisztázni a malmok geometriai jellemzőinek hatását a hosszirányú elkeveredés intenzitására. Megállapítottuk a Re számnak a malom D átmérőjével, az őrlési zóna  $d$  ekvivalens átmérőjével, a malom hosszúságának az átmérőhöz való viszonyával, valamint a különböző (L/D) és egyenlő (l/D) malomdob térfogatokkal való összefüggéseit.

*Észerint cementmalmoknál:*

$$Re = 422,78 D^{-13,13} \cdot \exp 3,61 D$$

$$Re = 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot d^{-9,97} \cdot \exp 7,71 d$$

$$Re = 6,6 \exp (6,5 \cdot 10^{-3} \exp 0,99 L/D)$$

$$Re = 7,51 \exp (8,5 \times 10^{-3} \exp 0,9 l/D)$$

$$Re = 9,29 \exp (1,5 \cdot 10^{-4} \exp 0,55 L/d)$$

$$Re = 7,6 \exp (4,3 \cdot 10^{-3} \exp 0,352 l/d)$$

*nyersmalmoknál:*

$$Re = 106,79 D^{4,32} \exp -2,11 D$$

$$Re = 140,57 \cdot d^{0,176} \exp -1,88 d$$

$$Re = 9,3 \exp (0,6 \cdot 10^{-2} \exp 0,99 L/D)$$

$$Re = 7,495 \exp (4,7 \cdot 10^{-2} \exp 0,22 L/d)$$

$$Re = 10,03 \exp (2,68 \cdot 10^{-2} \exp 0,24 l/d)$$

$$Re = 11,1 \exp (0,6 \cdot 10^{-2} \exp 0,99 l/D)$$

A kutatások bizonyítják a hosszirányú elkeveredés figyelembevételének fontosságát a folyamatok és az őrlőberendezések elemzésénél és számításánál. A hosszirányú elkeveredés hatásának figyelembevétele különösen fontos a nagy diszperzitásfokú termékek előállításánál és nagy méretű malmok alkalmazásánál.

## 5. A dobmalmok számítása és modellezése

Az őrlési technológia fontos feladata nagyhatékonyságú kibernetikailag megszervezett őrlési rendszerek létrehozása. Az ilyen technológiai őrlési rendszerek kidolgozásánál olyan automatizált tervezési rendszert kell létrehozni, amely az őrlött anyag tulajdonságainak, a késztermék és termelékenység követelményeinek, valamint más

különböző természetű kikötéseknek az ismeretében lehetővé teszi a technológiai szerkezeti kapcsolatok, a berendezés üzemi és konstrukciós paraméterei, valamint az automatikus vezérlőrendszer meghatározását, a technológiai őrlési rendszer hatékony üzemeltetése érdekében.

Jelenleg az alábbi feladatok tekinthetők megoldottnak (1,3);

- a malom hosszának és átmérőjének optimális aránya;
- a kamrák optimális száma és hossza;
- a kamrák optimális mennyiségű és minőségű őrlőtestekkel való feltöltése;
- az őrlési technológiai sémák osztályozása és ezek típusjellemzőinek meghatározása;
- a technológiai őrlési rendszerek elemzése és szintézise;
- a nagy egységkapacitású malmok új számítási elvei.

A matematikai modellezés módszerei, tehát az optimalizálás és a rendszeres elemzés megbízható alapot jelentenek az őrlési folyamatok elemzéséhez és lehetővé teszik az őrléstechnika és technológia tudományos-műszaki szintjét meghatározó fontos feladatok meghatározását.

## IRODALOM

- [1] *Verdijan, M. A., Kafarov, V. V.*: Processzű izmel'csenija tverdüh tel. knige „Itog nauki i tehnik.” Proceszszű i apparatü himiceszkoj tehnologii. T. 5. Moszkva. VINTI. 1977.
- [2] *Kafarov, V. V.*: Metodü kibernetiki v himii i himiceszkoj tehnologii. Moszkva. „HIMIJA”, 1971.
- [3] *Kafarov, V. V., Verdijan, M. A.*: Matematiceszkoje oniszanie i algoritmü raszczeta mel'nic cementnoj promüslennoszti. NIICement. Moszkva. 1977.
- [4] *Austin, L. G.*: „Powder Technology”. 1971. 5. N°1. 1 – 16.

*Вердиан, М. А. — Кафаров, В. В.*: Математическое моделирование и оптимизация процессов измельчения материалов цементной промышленности

*Verdijan, M. A. — Kafarov, V. V.*: Mathematische Modellierung und Optimalisierung der Mahlprozesse von Stoffen der Zementindustrie

*Verdijan, M. A. — Kafarov, V. V.*: Mathematical Modeling and Optimization of Grinding Processes in the Cement Industry

## KITÜNTETETT VÁLLALATAINK

A Magyar Szocialista Munkáspárt Központi Bizottsága, a Nagy Októberi Szocialista Forradalom 60. évfordulója alkalmából folyó munkaversenyen kimagasló eredményt elért

ÜVEGIPARI  
MŰVEK-et

*jubileumi zászlóval* tüntette ki.

Az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium az 1977. évi kimagasló eredményei alapján

„Kiváló Vállalat”

kitüntetésben részesítette az

ÜVEGIPARI MŰVEK-et  
és a

FINOMKERÁMIAIPARI  
MŰVEK-et

valamint

„Kiváló Szövetkezet”

címmel tüntette ki az

ÜVEGIPARI SZÖVETKEZET-et.

Jogi tagjaink sikereihez gratulál és további jó munkát kíván a Szilikátipari Tudományos Egyesület vezetősége.

# Körfolyamatos golyósmalmok technológiai ellenőrzése mérésekkel\*

VADÁSZ MIHÁLY

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

A hazai cementipari őrlésben jelentkező mennyiségi és minőségi igényeket ma már nem lehet a nyílt folyamatban üzemelő malmokkal kielégíteni. A hazai nyílt folyamatú cementmalmok maximális teljesítménye 25 t/h, ugyanakkor a körfolyamatos nyersmalmoké 140–200 t/h, a cementmalmoké 40–100–120 t/h.

Külföldön cementőrlésnél már 200–250 t/h teljesítményt értek el. Nyersőrlésnél 600–700 t/h lenne a maximális igény, de ezt szárazeljárású technológia esetében eddig még egyetlen golyósmalmot gyártó vállalatnak sem sikerült elérnie egy berendezéssel.

Hazánkban nagy egység teljesítményű körfolyamatos malmokat először 1962-ben építettek be.

1963–64-ben átadás-átvételi mérések kapcsán kerültünk először szembe a körfolyamatos technológiák vizsgálati, mérési és értékelési problémáival. Az azóta eltelt 15 év gyakorlata azt igazolta, hogy a körfolyamatos malmokat nem lehet gazdaságosan üzemeltetni megfelelő ellenőrző mérések nélkül.

A mai modern száraz eljárással üzemelő cementgyárakban a gyártástechnológia két üzemeltetésileg is elválasztható részre osztható.

1. Nyersőrlés és kemenceüzem
2. Cementőrlő és kiszállító üzem

Egy nyersmalom és egy száraz eljárással üzemelő kemence mérés-technikai szempontból is egy technológiai egységet képez. Nem választhatók el egymástól azért sem, mert egyrészt a nyersmalom hőhasznosító szerepe igen jelentős (40–45 kcal/kgkl), másrészt közös a légtechnikai rendszer, ami

egyébként biztosítja a gazdaságos és folyamatos üzemvitelt.

A cementőrlés gazdaságosságát nagy mértékben befolyásolja az őrlésre kerülő klinker pihentetése. A pihentetés célszerű ideje 7–14 nap. A legyártott cementek szabvány vizsgálata is minimum 8 napot vesz igénybe. Ezekben a technológiai szakaszokban megfelelő tárolási kapacitás feltétlenül szükséges.

Ahhoz, hogy különböző gépészeti felszereltségű, elrendezésű körfolyamatos malmok összehasonlíthatók legyenek és az igényeknek megfelelően üzemeljenek az alábbi feltételeket kell kielégíteniük:

- a beépített őrlőberendezésnek illeszkednie kell a technológiai sorba;
- a fajlagos energiafelhasználás a gazdaságossági határokat ne lépje túl;
- biztosított legyen a maximális naptári idő-alap-kihasználás;
- egy meghatározott vagy beállított teljesítmény-tartományhoz tartozó minőségi mutatók folyamatosan fenntarthatók legyenek.

Ezt az igényt napjainkban egy-egy malom-egységénél csak rövid ideig lehet fenntartani. Az előnyös vagy káros hatásokat előidéző tényezők igen sokfélék lehetnek. Például:

- a malmokba betöltött őrlőtest-töltet összetétele;
- az őrlőtestek kopása, valamint az utántöltések miatt előálló anyagátbocsátó képesség változása;
- a bélspáncélok kopásának mértéke;
- a válaszfalpancélok nyílásainak, résméretének, szabad felületének változása;
- az anyagot behordó, átemelő, ill. kihordó szerkezetek kopása;

\*III. Őrlési kollokvium, Budapest, 1978.

- a feladott anyagok szemcseösszetételének, őrlőhetőségének, hőmérsékletének, nedvességtartalmának változásai, beleértve a kísérő anyagok együtt, ill. külön őrlését, továbbá a keletkezett dara mennyiségének és minőségének hatását is;
- a légtechnikai rendszer beállíthatósága, szabályozhatósága;
- az elszívó légtechnikai rendszer tömítettsége;
- a szórótányéros, valamint a légáram osztályozók fordulatszám és perdület szabályozásának lehetőségei;
- az osztályozást befolyásoló kopó alkatrészek elhasználódottságának mértéke (ellenlapátok, ventilátor lapátok, perdület szabályozó lapok)
- a műszerezettség, távvezérlés, automatika;
- a kezelők felkészültsége és az ezzel járó szubjektivitás.

A felsoroltakon túl számos tényező hatása érvényesülhet még a malmok üzemeltetésekor.

Amennyiben az üzemvitelt károsan befolyásoló tényezők véletlenül, vagy helytelen üzemeltetés miatt együtt hatnak és így hibahalmozódás lép fel, az üzemeltetés gazdaságtalanná, sőt lehetlenné válhat. Ilyen esetekben az őrlési folyamat egyensúlya felborul, helyi dugulások, túlterhelések lépnek fel.

Ahhoz, hogy az üzemeltető helyreállítsa az őrlési folyamatot, több órás aláterhelésre vagy üresjáratra van szükség, ami kizárja a gazdaságos üzemvitelt. Előfordul, bár nagyon ritkán hosszú üzemeltetés során az is, hogy az őrlést előnyösen befolyásoló tényezők halmozódásának hatására az optimális teljesítményszint fölé emelkedik egy-egy malomrendszer kihozatala. Ilyen esetekben az üzemeltető akkor jár el helyesen, ha mérésekkel, vizsgálatokkal kideríti az okozati összefüggéseket és arra törekszik, hogy az így kialakult üzemállapotot fenntartsa és bármikor ismételtén be tudja állítani.

Itt kell megjegyezni, hogy a körfolyamatos őrlés gazdaságossága nagyrészt a tapasztalatok, megfigyelések eredményes hasznosításán alapszik.

Mindenekelőtt azt kell biztosítani, hogy érzékelni lehessen azokat a feladatokat, amelyeket csak méréseken keresztül lehet értelmezni.

Ahhoz, hogy egy-egy berendezés vagy technológiai egység pontos vizsgálat tárgyát képezhesse, alapfeltétel, hogy a beruházások során (a tervezésnél, kivitelezésnél) a mérési és vizsgálati feltételeket (mérőhelyek kialakítása, mintavételi

helyek kijelölése, beépítése) a szállító, kivitelező cégek biztosítsák.

A már beépített őrlőberendezéseknél utólagosan kialakított mérőpontok minden esetben kényszermegoldásokra, engedményekre kényszerítik a méréseket végrehajtó személyeket, ami a mérések pontosságát, hitelességét kétségessé teheti.

Egy berendezés műszerei nemcsak ellenőrzést szolgálhatnak, hanem esetleg határérték-jelként is alkalmazhatók. Így például a golyósmalomrendszerek lég-füstgáz, valamint kalorikus ellenőrzése nagyobb jelentőséggel bír, mint amennyi figyelmet eddig erre a témakörre a tervezők, kivitelezők és üzemeltetők fordítottak.

Technológiai és üzemgazdasági szempontból előnyösebb, ha a malmokat kiszolgáló szállítóberendezéseket külön portalanítóval és elszívó ventilátorral látják el. A malom szellőztetése, portalanítása egy beállítható és szabályozható egységet kell, hogy képezzen.

A technológiai ellenőrzést szolgáló mérések csak abban az esetben valósíthatók meg, ha a beruházások, nagyjavítások, felújítások, rekonstrukciók során a megfelelő mérési lehetőségeket megteremtjük.

A három alapvető mérés lehetőségét a szállítók és kivitelezők általában biztosítják. Ezek: az egységteljesítmény (t/h), a villamos energiafogyasztás (kWh), valamint a végtermék minőségére vonatkozó szitamaradék, vagy fajlagos felület. Ezen alapadatok birtokában csupán azokról a tényekről szerezhetünk tudomást, hogy a malomrendszer teljesítménye és energiafogyasztása miként alakul. Ez azonban kevés ahhoz, hogy a malom teljesítményét megfelelő beavatkozásokkal a lehetséges optimumon tartsuk.

A következőkben megpróbálom összefoglalni azokat a vizsgálatokat, amelyeket az eredményesség érdekében feltétlenül el kell végezni.

#### A feladott anyagok mérése, vizsgálata

A cementgyárban őrlésre kerülő anyagok: a mészkő, agyag, korrekciós anyag (pl. piritpörk), klinker, gipszkő, hidraulikus kiegészítő anyag mennyiségének (t/h) mérésére feltétlenül szükség van. Célszerű ezen kívül a feladott anyag szerkezetének megállapítása (0–5, 5–10, 10–15 mm frakciókra), az őrlőhetőség vizsgálata (Hardgrove, Zeisel, Bond módszerek), valamint nyersőrlésnél a nedvességtartalom meghatározása.

## Az anyagfolyamok vizsgálata (1. ábra)

Az ábrán jelölt 12 mintavételi helyről kell mintákat venni és azok szemszerkezetét meghatározni.

A 9. mintavételi helyet kiemelten kell kezelni. Az itt vett minta az osztályozók daraterméke. Ennek nemcsak szemszerkezetét, hanem a mennyiségét is mérni kell. Ez a korszerű cementmalmoknál többnyire megoldott. Itt kell felhívni a figyelmet arra, hogy a doppel-rotátor kapcsolatban üzemelő malmok daraarány szabályozását, a dara mérlegelését is meg kell oldani.

A 12. mintavételi helyről származó minták szemszerkezet vizsgálata alapján technológiai szempontból megítélhető a teljes malomegység üzemi állapota.

Meghatározható külön-külön az osztályozó vagy osztályozók és a teljes malomrendszer körbejárási tényezője is. Megítélhető továbbá a légttechnikai rendszerből leválasztott termékek minősége és kihozatali aránya is, amennyiben a végtermék mennyisége ismert.

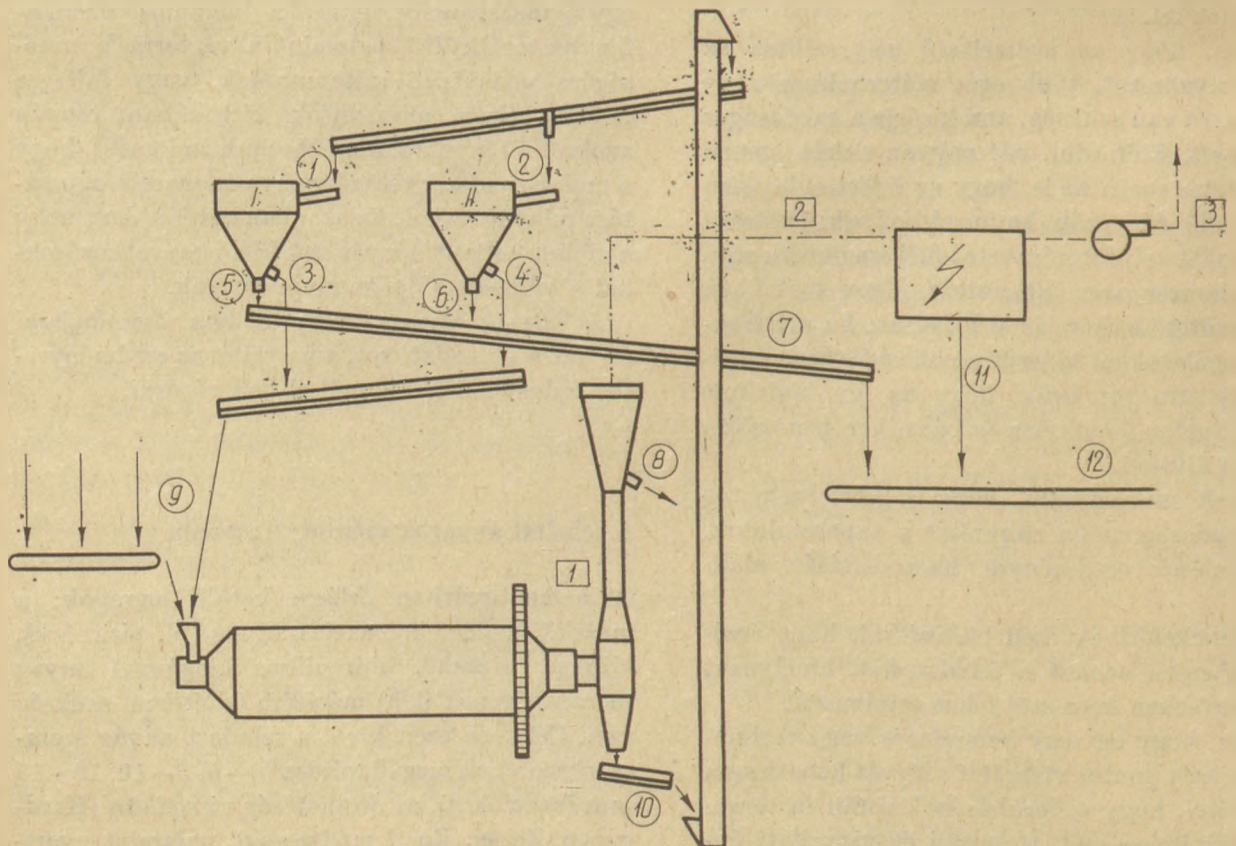
Az időről-időre kivett és vizsgált minták az anyagfolyamokban létrejött változásokról adnak tájékoztatást. Ez ad lehetőséget arra is, hogy a malom technológiai állapotát, az üzemeltetés dinamikáját megítéljük. Így pl. egy jól beállított körfolyamatos cementőrle malomrendszerrel a

végtermék (12. sz. minta) R 90  $\mu\text{m}$  maradéka nem lehet több 5–6%-nál, amelyhez 2700–2800 Blaine érték tartozik. A szélosztályozókra feladott anyag (1. 2.) szemszerkezetének közelítőleg meg kell egyeznie a 10. minta szemszerkezetével. Ebből következik, hogy az előleválasztó daraterméke (8.) közelítőleg a 10. mintával egyeznek. Megfelelően tervezett, beállított malom szellőztető rendszeréből leválasztott anyag mennyisége cementmalmok esetében a végtermék 25–30%-át nyersmalmok esetében 50%-át is képezheti. A malom őrlőtest-összetételét úgy kell megválasztani, hogy annak aprítási tulajdonságai, anyagátbocsátó képessége lehetővé tegye a frissen feladott anyag és a keletkezett daramennyiség R 90  $\mu\text{m}$  = 35–45%-ra való őrlését.

A malom töltetét a malomkamrák L/D viszonya a malom belső állaga és az őrlendő anyag tulajdonságai határozzák meg.

A malomban lejátszódó folyamatokat közismerten malomdiagram felvételével lehet ellenőrizni. Egy értékelésre előkészített malomdiagram azonban csak arra az állapotra vonatkozatható, amely a malom leállítása előtt az őrlőtérben uralkodott.

Ilyen szűk keretek között csak körvonalazni lehet a körfolyamatban üzemelő golyósmalmok mérésen keresztüli ellenőrzésének fontosabb köve-



1. ábra. HCM cementmalom kapcsolási vázlata

telményeit. Az egységes mérési módszerek alkalmazása lehetővé teszi a mérési adatok számítógépes értékelését, az eredmények széleskörű alkalmazását, amelynek gazdasági eredményei minden bizonnyal igazolni fogják a ráfordított munka célszerűségét.

**Vadász Mihály: Körfolyamatos golyósmalmok technológiai ellenőrzése mérésekkel**

A gyakorlat igazolta, hogy körfolyamatos golyósmalmokat nem lehet gazdaságosan üzemeltetni, megfelelő ellenőrző mérések nélkül. Szerző egy konkrét üzemi őrlőberendezés példáján mutatja be a mérés útján történő ellenőrzés fontosabb követelményeit.

**Вадас, М.: Технологический контроль шаровых мельниц замкнутого цикла путем измерений**

Практика подтвердила, что шаровые мельницы замкнутого цикла невозможно эксплуатировать экономично

без проведения соответствующих контрольных измерений. Автор на конкретном примере заводского помольного оборудования обобщает важнейшие требования при контроле работы оборудования на основе измерений.

**Vadász Mihály: Technologische Überwachung von Kreislaufkugelmühlen durch Messungen**

In der Praxis hat es sich erwiesen, daß Kreislaufkugelmühlen ohne entsprechenden Überwachungsmessungen nicht genügend wirtschaftlich betrieben werden können.

Am Beispiel einer konkreten betrieblichen Mahlanlage werden die wichtigsten Bedingungen einer Überwachung durch Messungen erörtert.

**Vadász, Mihály: Technological Control of Closed-circuit Ball Mills by Measurements**

Closed-circuit ball mills can be operated economically only by applying adequate control measurements. Demands in such control are discussed by the example of an existing plant mill.

## Lapszemle

**SZTEKLO I KERAMIKA, Moszkva, 1977. 12. sz.**

Jurcseszko, G.F.—Kacsan, A.P.: *Kaolin szállópor száraz tisztítási módszere fémszövetű szűrők segítségével.* 15—17. old.

Kaolin száraz módszerű dúsításánál a technológiai gázokat atmoszférába való kidobásuk előtt tisztítják. Új eljárás a száraz tisztítás fémszövetű szűrők segítségével. A fémszövet-szűrős technológia ismertetése vázlatrajzon, a szűrő regenerálási módszerrel— atmoszférikus vagy komprimált levegővel — a szűrőellenállása regenerálás előtt adott fajlagos terheléssel, a tisztított levegő paramétereit. A száraz módszerű tisztítás előnye.

Boldürev, R.A.—Geroimenkova, L. G.: *Bórszilikátos nyersanyagkeverék granulálása tányérgranulátoron.* 21—23. old.

Bórszilikátos üveg-nyersanyagkeverék granulálási technológiája rotációs módszerű tányérgranulátoron. Tanulmányozták a nyersanyagkeverék őrlésfinomságának a granulálási folyamatra gyakorolt hatását, vizsgálták az előállított granulátumok fizikai-kémiai tulaj-

donságait (szilárdság, halmazsűrűség, porozitás). Az olvasztási tulajdonságok és nagyhőmérsékletű mikroσκοπos vizsgálatok azt mutatták, hogy a nyerskeverék granulálásával az olvasztási folyamat intenzifikálható.

**SZTROITEL'NŪE MATERIALŪ, Moszkva, 1978. 1. sz.**

Bernej, I.I.—Slapakov, Ju.A.: *Javitott szerkezetű aszbesztcement csövek.* 15—16. old.

Azbesztcement-csövek gyártásánál, minőségük javításánál fontos az azbeszt pelyhesítésének mértéke és optimuma, a nedves anyagban a folyadék mozgás sebessége, a képződött flokkulánsok mennyisége, az azbesztszál fajlagos felülete stb. Az azbeszt pelyhesítés optimalizálásával, a formázási technológia szigorú betartásával homogén szerkezetű csövek állíthatók elő.

Neszterovszkij, Sz. G.—Zaporozsec, V.B.: *Nyerstégla présből való elszedésének és szárítókocsikra rakásának gépésítése.* 20—21. old.

Plasztikus formázással agyag-téglát gyártó, sokhúros vágóautomatával és a szárítókocsikat nyerstéglával

rakó géppel felszerelt technológia vona berendezéseinek és működés elvének ismertetése. A gyártósorhoz tartozik tízpolcos elhordó kocsis; a kocsik műszaki jellemzői. A rakóautomata teljesítménye 7200 db egyezményes téglalóra.

**THE GLASS INDUSTRY, New York, 1977. 12. sz.**

Stadler, L.E.—Cronin, D.: *Öblösűvegek összetétele.* 10—33. old.

Az USA-ban előállított öblösűvegek kémiai összetételét és fizikai jellemzőit 1932 óta rendszeresen gyűjtik, feldolgozzák és közreadják. Ismerteti az öblösűvegek 1977. évi átlagos minőségi jellemzőit, mint pl. a kémiai összetétel és fizikai tulajdonságok, sűrűség, lágyuláspont, nyúlási pont, hőkezelési pont, hőtágulási együttható, valamint a feldolgozási jellemzőket, relatív csepp hőmérséklet, feldolgozási tartomány mutatószáma és relatív gépsebesség. A minőségi jellemzők a homogenitás, a légbuborékok és a hólyagok. Az elmúlt 46 év alatt a öblösűvegek szilícium-dioxid tartalma csökkent, a stabilizáló oxidoké növekedett és a folyósító anyagoké is csökkent.

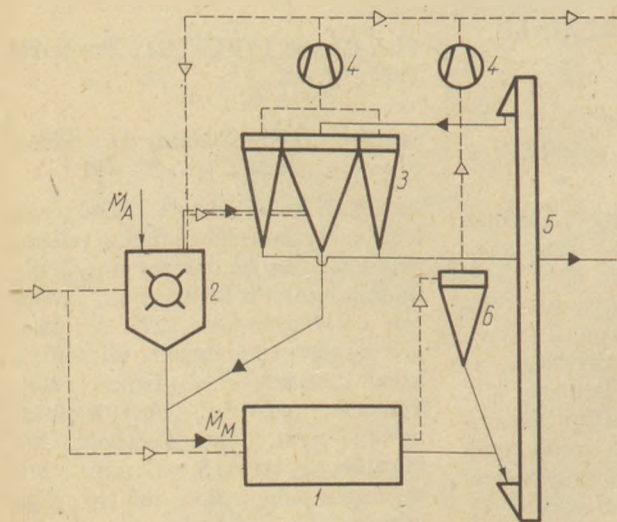
# Az őrlőtest-összetétel és a szellőzés hatása az aprítás eredményére\*

UHLMANN, J.

Zementanlagenbau, Dessau, NDK

## Bevezetés

Az 1977. évi SZILICONF-on bemutattuk a ZAB-Dessau egy új nyersőrlő rendszerét. A rendszer jellegzetessége a nyersanyag előaprítása és előszárítása egy fűthető prall-törőben. Az előaprítás a nyersmalomra feladott anyag szűkebb szemcsetartományát eredményezte és lehetővé tette osztályozó páncélzat segítségével a szükséges őrlőtest-nagyságnak az őrlemény szemnagyságához való illesztését a teljes malomhosszban. Az anyag előszárítása, azaz a szárítási feladatnak a malomból az előszárítóba történő áthelyezése lehetővé tette a szellőzésnek az aprítás szempontjából legkedvezőbb megválasztását.



1. ábra. A nyersőrlőberendezés sémája

1. Egykamrás csőmalom
  2. Fűthető prall-törő
  3. Külső keringetésű osztályozó, leválasztó ciklonnal
  4. Ventilátorok
  5. Serleges elevátor
  6. Ciklon
- $M_A$  anyagfeladás a törőre  
 $M_M$  anyagfeladás a malomra

\* III. Őrlési kollokvium, Budapest, 1978.

A következőkben 3 berendezés mérési eredményei kapcsán kívánom bemutatni az őrlőtest összetétel és a szellőzés hatását egy csőmalom őrlési folyamatára.

A nyersőrlőberendezés kapcsolását az 1. ábra mutatja. A körfolyamatos őrlőrendszerhez egy fűthető prall-törő (2) tartozik (rotor mérete 1,6 m  $\varnothing \times 2$  m), amely a nyersanyagot 10 mm alá aprítja és 1,5 % nedvességtartalom alá szárítja. A törőből mechanikusan kihordott anyag a nagyon rövid osztályozó páncéllal ellátott egykamrás csőmalomba (1) jut, melynek méretei: 4 m  $\varnothing \times 7$  m. A pneumatikusan kihordott anyag a forró gázokkal egy külső keringetésű, ciklonos leválasztóval ellátott 5 m  $\varnothing$ -jű osztályozóba (3) kerül, a serleges felvonó (5) által feladott őrléménnyel együtt. Az osztályozó daraja a csőmalomba kerül vissza.

A prall-törőn és a csőmalmon átvezetett forró gázok az előbb említett osztályozón, ill. egy áramosztályozón (6) keresztül hagyják el az őrlőberendezést, majd az elektrofilterben kerülnek portalanításra. A forró gáz mennyiségének szabályozása és elosztása egy beépített folytócsapantyú és ventilátor segítségével történik. Az osztályozáshoz szükséges levegőt a keringető levegő mennyiségének szabályozásával állítják be.

## A kísérletek lefolyása

A csőmalom üzem módjának jellemzésére először felvettük az egész berendezés teljes anyag és gáz-mérlegét, állandó üzemelési paraméterek mellett. Mértük a feladott anyagmennyiséget, a dara, és a körbejáró anyag mennyiségét, valamint a csőmalom és osztályozó utáni pormennyiséget, az egyéb mennyiségi áramokat pedig számítottuk. A prall-törőtől az osztályozóig valamennyi gáz-

mennyiséget Pitot-csővel határoztuk meg, a hamis levegő mennyiségét pedig a gázelemzés adataiból számítottuk. Minden anyagáramból végeztünk szemszerkezet vizsgálatot. A nyersanyag őrlőteljesítményét Bond-féle munkaindex alapján ítéltük meg. A csőmalom szellőzését — állandó anyag feladás és állandó nyersanyagtulajdonságok mellett — 20 000 és 60 000 m<sup>3</sup>/ó között változtattuk. Ezeket a kísérleteket azután különböző anyagfeladások mellett megismételtük. Az őrlőtest-összetétel hatásának vizsgálatát három párhuzamosan elrendezett malmon, azonos feltételek között végeztük el. Mindig a maximálisan lehetséges anyagáthaladást mértük.

### Az őrlőtest-összetétel hatásáról

Az üzemi kísérlet előkészítése során laboratóriumi méretekben részletes vizsgálatokat végeztünk az őrlőtestösszetétel technológiai eredményekre gyakorolt hatására. Az őrlőtest-összetételt, mint később, az üzemi kísérleteknél is az alábbi eloszlási függvény szerint határoztuk meg:

$$d_k = d_{k_{\max, \text{fikt}}} \cdot e^{-g \cdot l} \quad (1)$$

ahol  $d_k$  az őrlőtestátmérő, az őrlési pálya egy bizonyos helyén

$d_{k_{\max, \text{fikt}}}$  fiktív, maximális őrlőtestátmérő  
 $g$  felosztási tényező  
 $l$  az őrlési pálya hossza

Egyértelmű álláspont kialakítása céljából laboratóriumi őrlőberendezésben kísérleteket végeztünk egymástól nagyon eltérő felosztási tényezőkkel. A legnagyobb golyóméretet Bond-módszerrel határoztuk meg. A felosztási tényezőt a legkisebb golyóméret megválasztásával változtattuk addig a legkisebb golyóméretig, amelyet a laboratóriumi malom kihordószerkezetének kialakítása még megengedett.

A kísérletek során megállapítottuk, hogy a felosztási tényező növekedésével, azaz a legkisebb golyóméret csökkenésével a malomból kihordott őrlemény 90 μm-es ill. 40 μm-es szitamaradékra egyre kisebb lett és ennek következtében a darommennyiség is csökkent, ez pedig a körbejáró anyagmennyiség nagymértékű csökkenéséhez vezetett. A finomabb őrlőtest-összetétel tehát a malomból kihordott anyag finomodását eredményezte, egyidejű teljesítmény-növekedés mellett. Ez a megállapítás új, és igen jelentős az őrlőtest-eloszlás megválasztása szempontjából, mivel ezen

keresztül lehetőség nyílik az aprítás eredményének céltudatos befolyásolására.

Ezen ismeretek üzemi berendezésen történő igazolása érdekében az üzemi őrlőtest-összetételre szélsőséges felosztási tényezőket választottunk.

Az őrlési eredmények és az őrlőtest-összetétel laboratóriumi méretekről üzemi nagyságrendre történő átvitele ebben az összefüggésben igen nagy jelentőségű.

### Az őrlőtest-összetétel meghatározása

A legnagyobb golyóméretet ( $d_{k_{\max}}$ ) a Bond-egyenlettel határoztuk meg:

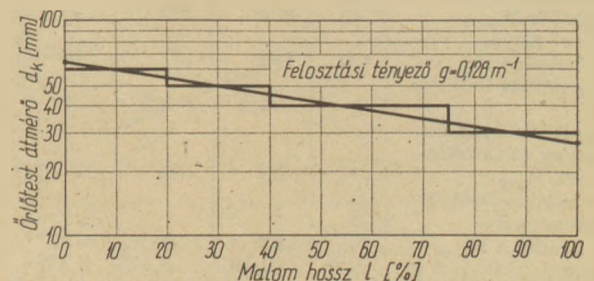
$$d_{k_{\max}} = 20,17 \sqrt{\frac{d_{80A}}{K}} \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{IB} \cdot \rho}{\chi \cdot \sqrt{D_{Li}}} \quad (2)$$

ahol  $D_{Li}$  a malom belső átmérője;  
 $d_{80A}$  9500 μm, a feladott anyag szemnagysága 80 % áthullásnál;  
 $K$  konstans, zárt folyamatú szárítva-őrölt malmok esetén 335;  
 $A_{IB}$  7,5 kWh/t, a Bond-féle munkaindex;  
 $\rho$  2,9 g/cm<sup>3</sup>, az őrlemény sűrűsége;  
 $\chi$  73,2 % relatív fordulatszám arány

Ez esetben  $d_{k_{\max}} = 58$  mm  
 $d_{k_{\max, \text{fikt}}} = 1,1 \cdot d_{k_{\max}} = 64$  mm

Az 1,1-es tényező a 2. ábra szerinti lépcsős diagram alapján adódott, és figyelembe veszi a számított legnagyobb golyó alkalmazásának lehetőségeit.

A rendelkezésre álló őrlőtestek és a számított fiktív legnagyobb golyóméret alapján az előbb említett eloszlásfüggvény szerint 3 őrlőtest-összetételt határoztunk meg. A 2. ábra példaként mutatja a százalékos összetétel meghatározását a legkisebb hajlásszögnél, illetve a felosztási



2. ábra. Az őrlőtest-összetétel százalékos meghatározása

Az őrlőtest-összetételre vonatkozó adatok

	Di- men- zió	Őrlőtestösszetétel		
		1	2	3
Felosztási tényező g	m <sup>-1</sup>	0,197	0,173	0,128
Fiktív maximális golyóméret d <sub>k max, fikt.</sub>	mm	64	64	64
Fiktív legkisebb golyóméret d <sub>k min, fikt.</sub>	mm	17	20	27
Az őrlőtestek százalékos részaránya:				
Átmérő 60	%	13,4	17,3	20
Átmérő 50	%	13,4	13,3	20
40	%	19,9	24	35
30	%	19,9	22,7	25
25	%	9,3	22,7	—
23 (20 × 20)	%	4,2	—	—
20,7 (18 × 18)	%	19,9	—	—

tényező legkisebb értékénél. Az 1. táblázat a felosztási tényező és a százalékos őrlőtest-összetétel meghatározott értékeit tartalmazza. A 25 mm Ø őrlőtestek helyett olyan cylpebszeket alkalmaztunk, amelyeket azonos súlyú golyóátmérőre számoltunk át. Az 1. táblázat szerint a legkisebb golyóméretnek 20,7; 25; és 30 mm Ø-nek adódtak. Összehasonlítható feladott szemszerkezet, nedvesség, malomszellőzés, késztermék finomság és maximálisan elérhető malomterhelés esetén a 2. táblázatban összefoglalt adatokat kaptunk. A felosztási tényező (g) növekedésével, illetve finomabb őrlőtest-összetétellel a malomból kihordott őrlemény őrlési finomsága nagyobb lett a teljesítmény egyidejű növekedése mellett. Durvább őrlőtest-összetétel megnövekedett körbejáró anyagmennyiséget és durvább őrleményt eredményez. A 3. őrlőtest-összetétel mellett a szokásos töltési fok 75%-a volt csak betartható. 100%-ra való feltöltéskor a finomabb őrlőtest-összetétel irányába kellett korigálni, a garantált teljesít-

2. táblázat

Különböző felosztási tényezőkkel kapott adatok

	Di- men- zió	Őrlőtest-összetétel		
		1	2	3
Maximális anyagfeladás M <sub>Amax</sub>	t/h	220	200	170
„Friss” anyag áthaladás M <sub>Friss</sub>	t/h	187	171	145
Körbejárási tényező U	—	2,2	2,5	≈ 4*
A malomból kilépő anyag szitamarádék R <sub>1,90</sub>	%	50	56	70 – 75*
A malomba belépő anyag szitamarádék R <sub>M,90</sub>	%	93	94	≈ 92*
Felosztási tényező g	m <sup>-1</sup>	0,197	0,173	0,128

\* Tapasztalati úton számított értékek

mény elérése érdekében. A teljesítmény 100%-os feltöltéskor a 3. egyenlet szerint határozható meg:

$$\dot{M}_{A_{100}} = \dot{M}_{A_{75}} \frac{C_{100} T_{100}}{C_{75} T_{75}} \quad (3)$$

ahol T az őrlőtestek tömege;

C a töltési fok figyelembevételére szolgáló tényező (Merkblatt 22. VDZ szerint);

100 ill. 75 a mindenkori töltési foknak megfelelő indexek.

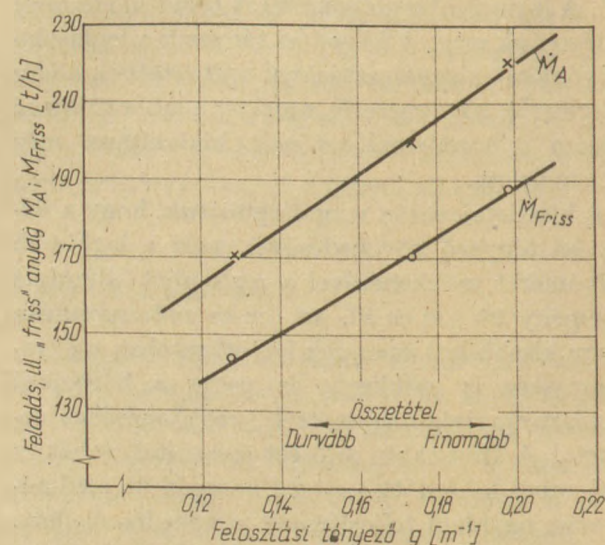
Az üzemi mérések során lényegében beigazolódtak azok a megállapítások, amelyeket laboratóriumi őrlőberendezéseknél találtunk. A 2. táblázatban szereplő „friss” anyag áthaladás (M<sub>Friss</sub>) számított érték, amely a törőből mechanikusan kihordott anyagból (M<sub>B</sub>), valamint az osztályozó által leválasztott darából (M<sub>GB</sub>) tevődik össze, amely még nem vett részt a körfolyamatban. Ez a 4. egyenletnek megfelelően:

$$\dot{M}_{Friss} = \dot{M}_B + \dot{M}_{GB} \quad (4)$$

Az U körbejárási tényező a berendezés sajátosságaitól függ. Ezt a prall-törőben keletkezett és az osztályozóban leválasztott késztermékrész (M<sub>FB</sub>) alapján az 5. egyenlettel határoztuk meg:

$$U = \frac{(\dot{M}_G - \dot{M}_{GB}) + (\dot{M}_B + \dot{M}_{GB})}{\dot{M}_{Friss}} = \frac{\dot{M}_G + \dot{M}_B}{\dot{M}_{Friss}} \quad (5)$$

Az előmelegítőből bevitt pormennyiség, valamint a kivitt vízmennyiség azonos nagyságrendűek, ezért ezeket figyelmen kívül hagytuk. A vizsgált tartományon belül – mint a 3. ábra mutatja



3. ábra. A feladott anyagmennyiség (M<sub>A</sub>) és az ún. „friss” anyag (M<sub>Friss</sub>) a felosztási tényező függvényében



– lineáris összefüggés adódott a felosztási tényező és a malomra feladott anyagmennyiség, ill. a „friss” anyagáthaladás között. A felosztási tényező definiálására a bevezetőben megadott eloszlásfüggvény segítségével a 8. összefüggés adódik:

$$\dot{M}_A \sim \frac{1}{L} \ln \frac{d_{k \text{ max. fikt.}}}{d_{k \text{ min. fikt.}}} \quad (8)$$

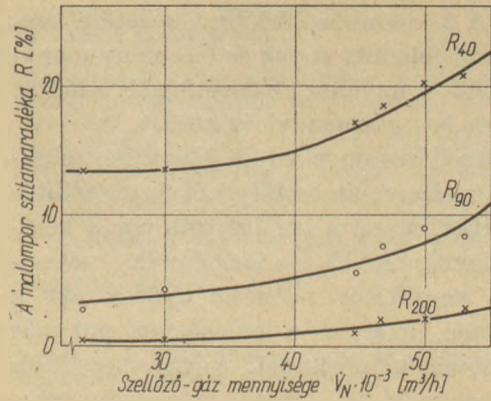
A legnagyobb fiktív golyómeret és a malomhossz, előre megadott nyersanyagtulajdonságok, valamint malomméreték esetén állandó értékek. Ebben az esetben a malomteljesítmény és a legkisebb golyómeret között logaritmikus összefüggés áll fenn. A legkisebb golyómeret csökkenése – azonos termékminőség mellett – a teljesítmény növekedését eredményezi. A legkisebb golyómeret tehát kritériuma egy malomberendezés lehetséges teljesítményének. Laboratóriumi méretekben ezt a megállapítást egészen kis őrlőtestátmérőig le lehetett ellenőrizni és ugyanaz a logaritmikus összefüggés volt megállapítható. Üzemi malomnál a malom kihordó részének megfelelő kialakításával, valamint kisebb őrlőtestek segítségével további teljesítménynövekedés érhető el. Természetesen a golyók méretei nem csökkenthetők korlátlanul, mivel ennek negatív hatása lehet az őrlemény malmon belüli mozgására, különösen a finomőrlés tartományában. E téren nyilvánvalóan még sok a nyitott kérdés. Mindenesetre az őrlőtest-összetételnek, ill. a legkisebb golyómeretnek lényeges szerepe van, amint azt a 2. táblázat adatai bizonyítják. Ugyanaz a csőmalom ugyanis durvább őrlőtest-eloszlás esetén 170 t/h-t, finomabb őrlőtest-eloszlás esetén pedig 220 t/h-t teljesít.

### A malomszellőzés hatása

A malomszellőzés fő feladata szárítva őrlő rendszernél az, hogy az őrlendő anyagot kiszárítsa, ill. hűtse. Megfelelő hőtechnikai méretezéssel az anyag szárításához szükséges forró gázmennyiség számítható. A forró gázmennyiség határait a csőmalom konstrukciója, ill. a malomban fellépő nyomásveszteség szabja meg.

A szellőzés – szárítás szempontjából történő – kialakítása meghatározza a malomtérben az osztályozást és segíti a szállítási folyamatot, ill. az anyag szállítási tulajdonságait.

Hochdahl-szerint a malomszellőzés egy berendezés aprítási munkája, ill. teljesítőképessége szempontjából is jelentős.

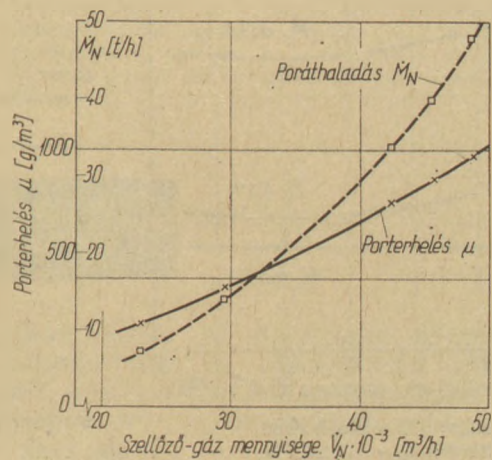


4. ábra. A malompor szemcseösszetétele különböző malomszellőzések esetén

A szárításnak a csőmalomból a prall-törőbe való áthelyezése megteremti az aprítás szempontjából legkedvezőbb szellőzés lehetőségét.

A malompor mennyisége és szemszerkezete jellemzi a kihordott legfinomabb részecskearányt, és mértéke a malomszellőzés nagyságának. A nagy szitamaradékok erősebb, kisebb szitamaradékok gyengébb szellőzésre utalnak. A 4. ábra a különböző malomszellőzésekhez tartozó malomporok szemszerkezetét mutatja. Maximális malomszellőzésnél – a maximális ventilátor teljesítménynek megfelelően – a 90 μm-es szitamaradék < 12%. A por szemszerkezete minden beállításnál megfelel a késztermék szemszerkezetének. Ebből a szempontból a szellőzést nem választottuk túl nagyra, a malomtérből csak készterméket szívunk ki. A leválasztott malompor közvetlen a késztermékbe vezethető és tovább már nem terheli a körfolyamatot.

Az 5. ábra a porterhelést, ill. a pormennyiséget ábrázolja a malomból távozó gázmennyiség függvényében. Itt nagy porterhelés mutatkozik, amely a malomra feladott anyagmennyiség 40%-át



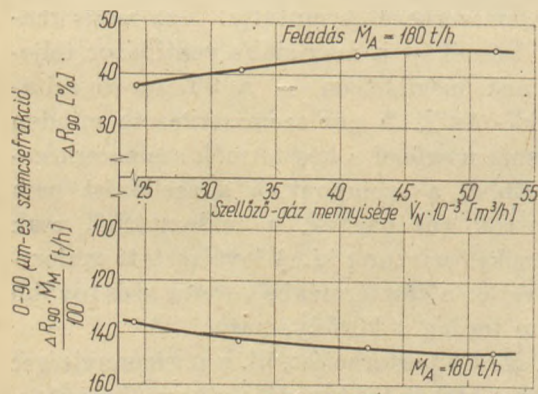
5. ábra. A porterhelés és poráthaladás a malomszellőzés függvényében

is elérheti. A 3 különböző őrlőtest-összetétel esetén – változó feladott anyag és őrlemény-mennyiség mellett – ugyanez az összefüggés adódott a porterhelés és a gázmennyiség között.

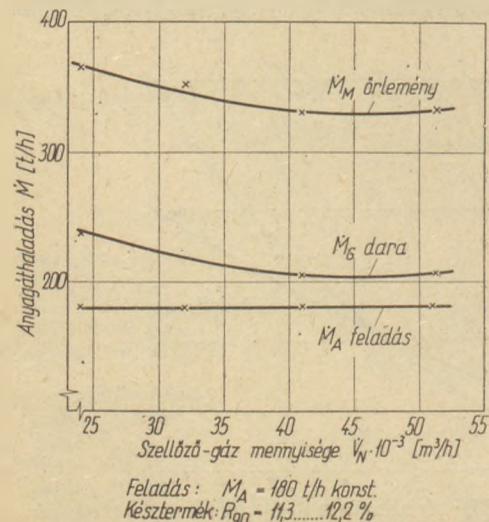
A malomszellőzés növekedése jelentősen tehermentesíti a malmot, az osztályozót és a szállítóberendezéseket, mivel a leválasztott por a késztermékbe kerül. A  $V_N = 55\,000\text{ m}^3/\text{h}$  malomszellőzés a ventilátor teljesítményének azt a határát jelenti, amelynél a leválasztott por már eléri a késztermék minőségét. A malomszellőzés további növelése (4. és 5. ábrák) már olyan terheléshez vezet, amely a légáram malmoknál használatos.

A legkedvezőbb szellőzés megállapítása további technológiai paraméterek vizsgálatát követeli meg.

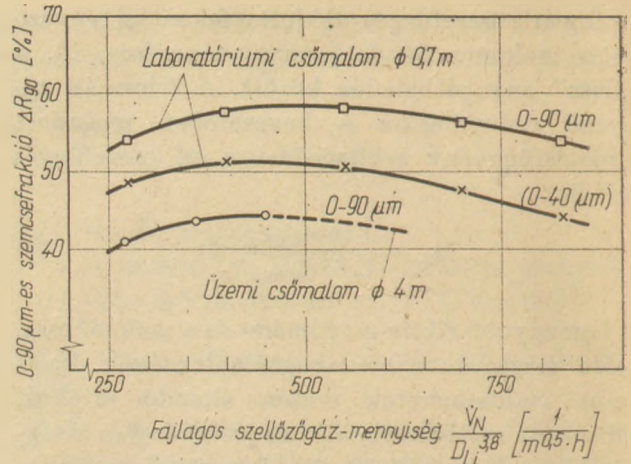
A 6. ábra felső része a 0–90  $\mu\text{m}$ -es szemcsefrakció  $\Delta R_{90}$  változását ábrázolja a malomból kilépő gázmennyiség függvényében, az ábra alsó részén pedig ugyancsak a  $\Delta R_{90}$  változását az őrlési teljesítmény függvényében. Mindkét ábra feltünteti a por mennyiségét és szemszerkezetét



6. ábra. A 0–90  $\mu\text{m}$ -es szemcsefrakció a szellőzés függvényében



7. ábra. Összefüggés a malomszellőzés és a malom anyagáramai között



8. ábra. A  $R_{90}$  szemcsefrakció az üzemi és laboratóriumi malom szellőzésének függvényében

is. A görbék 40 000  $\text{m}^3/\text{h}$  malomból távozó gázmennyiségig állandó növekedést mutatnak. A szellőzés további növelésével viszont már alig történik változás.

Még erősebben jut kifejezésre ez a tendencia a 7. ábrán, jóllehet itt a malomport nem vezettük a késztermékhez, hanem visszavittük a körfolyamatba. 40 000  $\text{m}^3/\text{h}$  szellőzésig ez kedvezőtlen őrlést eredményez, ugyanakkor a 40 000  $\text{m}^3/\text{h}$ -t meghaladó szellőzésnek már semmilyen látható hatása nincs sem az aprítás eredményére, sem a körfolyamatra. Figyelembe véve a 8. ábrán bemutatott laboratóriumi eredményeket látható, hogy a szellőzés további növelésével csökken az őrlemény szemcsefinomsága és növekszik a körbejárás. Ez a tendencia várható egy üzemi berendezésen is. A 8. ábrán bemutatjuk a laboratóriumi és üzemi berendezések összehasonlítását. Látható, hogy  $V_N > 40\,000\text{ m}^3/\text{h}$  szellőzéssel működő üzemi berendezések a ventilátor legkisebb energiafelhasználása mellett optimálisan szellőztetnek. A szellőzés megnövekedése nagyobb energiaigényt eredményez, azonban nem javítja az aprítás eredményét.

### A malomból kilépő gázmennyiség jellemzése

A malomszellőzés a hő be- és kivezetésére, valamint az aprítási folyamat elősegítésére szolgál. Mindenek előtt a finom szemcsefrakció mozgását, a malompor szemszerkezetét és mennyiségét befolyásolja. A sebesség és a pneumatikus porszállítás összefüggéséből kiindulva azt mondhatjuk, hogy a malomban uralkodó azonos áramlási sebesség alkalmas átviteli paraméternek tekinthető. Erre vonatkozóan a következő átviteli

törvényszerűséget vezethetjük le:

$$\frac{v_{No}}{v_N} = \left(\frac{D_{Lio}}{D_{Li}}\right)^{1,5}$$

illetve

$$\frac{\dot{V}_{No}}{V_N} = \left(\frac{D_{Lio}}{D_{Li}}\right)^{3,5} \quad (9)$$

ahol  $v_N$  a gázsebesség a malom után

$V_N$  a malomból kilépő gázmennyiség

a  $o$  index a laboratóriumi őrlőberendezésre vonatkozik.

A levezetés 4. 1,2 és 0,7 m átmérőjű csőmalmok vizsgálata alapján történt, azonos nyersanyag-tulajdonságok és maximális aprítás feltételezésével. A malomszellőzés ezek szerint a malomátmérő 3,5-ik hatványával változik. A 9. egyenlet átalakításával egy közönséges csőmalom szellőzését az alábbi egyenlet szerint lehet kifejezni:

$$\dot{V} = K_o D_{Li}^{3,5} \quad (10)$$

ahol  $K_o$  állandó.

A Blanc-féle egyenlettel, valamint az „a” fajlagos munkaigény bevezetésével a következő összefüggés adódik:

$$\dot{V}_N = K_1 a \frac{D_{Li}}{L} M_A \quad (11)$$

Az összefüggés kimondja, hogy a malomszellőzés előre megadott malomtípus esetén az „a” fajlagos munkaigénytől és az  $M_A$  malomteljesítménytől függ. Azonos őrlemény és malomtípus esetén, különböző malomátmérőknél a malomszellőzés ( $\dot{V}$ ) arányos a malmon való anyagáthaladással ( $M_A$ ).

A laboratóriumi berendezésen végzett őrlési kísérlet, vagyis azonos anyaggal és az üzemiekkel megegyező típusú berendezéssel végzett modellezés tehát lehetővé teszi az eredmények átvitelét üzemi méretekre, a 9. összefüggés alapján. Az eltérő őrlőteljesítmény természetesen kizárja az átvihetőséget.

*Uhlmann, J.: Az őrlőtestösszetétel és a szellőzés hatása az aprítás eredményére*

Szerző beszámol egy előszáritóval és előaprítóval ellátott nyersőrlő berendezésen végzett üzemi kísérletek eredményeiről, különös tekintettel az őrlőtestösszetétel és a malomszellőzés hatására. Megállapította, hogy egy malomrendszer maximális teljesítményét döntően befolyásolja a legkisebb golyóméret. A malomszellőzés beállításánál egyaránt figyelembe kell venni a száritási és aprítási viszonyokat. A szellőzés optimális értéken túli növelése nagyobb energiaigényt eredményez, az aprítás eredményének növelése nélkül.

*Ульманн, Я.: Влияние состава мелющих тел и вентиляции на результаты измельчения*

Автор приводит результаты заводских экспериментов, проведенных на оборудовании с предварительной сушкой и предварительным дроблением, уделяя при этом особое внимание влиянию состава мелющих тел и вентиляции мельницы.

Автор делает вывод, что на максимальную производительность помольной системы решающее влияние оказывает размер наименьшего мелющего тела. При установке вентиляции мельницы необходимо принимать во внимание как условия сушки, так и условия измельчения. Повышение вентиляции свыше оптимального значения приводит к повышению расхода энергии без значительного улучшения эффекта измельчения.

*Uhlmann, J.: Auswirkungen der Mahlkörperzusammensetzung und der Lüftung auf die Zerkleinerungswirkung*

Es wird über die Versuchsergebnisse an einer mit Vortrockner und Vorzerkleinerung betriebenen Rohmahlanlage, mit besonderer Rücksicht auf die Mahlkörperzusammensetzung und auf die Mühlenlüftung berichtet. Es wurde festgestellt, daß die maximale Durchsatzleistung eines Mühlen-systems durch die kleinsten Mahlkugelabmessungen weitgehend beeinflusst wird. Bei der Regelung der Mühlenlüftung müssen die Trocknungs- und Zerkleinerungsverhältnisse gleichermaßen berücksichtigt werden. Die Überschreitung eines optimalen Wertes der Lüftung führt zu einem höheren Energieaufwand, ohne dabei eine größere Zerkleinerungsleistung zu erreichen.

*Uhlmann, J.: The Effect on Grinding Media Composition and of Ventilation on the Result of Comminution*

Experiments were carried out in a plant mill during cement raw material grinding. The mill was equipped with a pre-drier and -crusher. Maximum output of the mill system is strongly influenced by the applied minimum diameter of the grinding balls. Ventilation must be adjusted by taking both drying and comminution into consideration, because a too intensive ventilation only increases power consumption without affecting grinding efficiency.

## Lapszemle

Zement-Kalk-Gips, Wiesbaden, 1978. 3. sz.

Schmidt, D. – Homassel, B.: *Keve-rőágy és klinkertároló csarnok a korszerű cementgyárakban.* 131–134. old.

40 000 és 112 000 t klinker tárolására alkalmas silók stacionális töltő és elvételi berendezéssel. A silókat részben földbe süllyesztették. A lefejtőrendszer is a föld alatt van elhelyezve. A kisebb silók alsó részét kővel való feltöltéssel alakították

ki. Az óriásiló előregyártott elő- és utánfeszített betonelemekből épült. Az előhomogenizáláshoz központi oszlopon csapágyazott állandó körforgásban levő adagolóhidat dolgoztak ki. A berendezés köralakú acél építményben van elhelyezve.

# A duzzasztott perlit vízfelvétele, optimálási lehetőségei

TÓTH KÁLMÁN – MÉSZÁROS NÉ KIS ÁGNES

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## 1. Bevezetés

A duzzasztott perlit a könnyű adalékanyagok közül a legnagyobb vízfelvételevel tűnik ki. Mivel a perlit építőipari felhasználásainak legnagyobb része — a száraz feldolgozási módok kétségtelen térhódítása mellett is — vízközegű kötőanyagot igényel (cement, mész, gipsz, vízüveg, vízdoldható műgyanták, stb.) a perlit vízfelvétele és vízleadásának ismerete a bedolgozási technológiák szemszögéből nagy gyakorlati jelentőségű [1]. A perlit mint pórusképző adalékanyag meghatározó mértékű befolyást gyakorol a lekötött — beépített perlitadalékos építőanyagok épületfizikai jellegű (kapilláris vízfelvétel, páralecsapódás, csapóesőt követő víztranszport, esetleges beázások következményeként fellépő átnedvesedés, stb.) vízháztartására is. Mivel a víz jelenléte nemcsak a szerkezet hőtechnikai értékét csökkenti, hanem számos más épületkárr (gombásodás, fagykár, esztétikai értékesökkenés stb.) okozója is lehet, a perlit vízfelvétele minél mélyebb megismerése, s ha lehet csökkentése igen fontos feladat.

A duzzasztott perlit vízfelvétele utólagos csökkentése — például hidrofobizáló felületkezeléssel — általában igen költséges művelet. Ezért kutatásunk fő feladatául a duzzasztási technológia műveleteinek módosításával — külön adalékanyag nélkül — elérhető zárt pórustartalom növelését, s ezzel a vízfelvétel radikális csökkentését választottuk. E munkánkat a kötött víztartalom optimalizálásával elérhető granulometriai és pórusszerkezeti változásokkal foglalkozó kutatásaink alapozták meg [2]. Megállapítottuk, hogy az optimális (azaz csökkentett) kötött víztartalommal való duzzasztással, különösen a finom és a középszemcsés mérettartományban,

a vízfelvétel tetemes csökkentése érhető el, valamint azt, hogy a durvább termék vízfelvétele sokkal kisebb. A jelen dolgozat célja e megfigyelés szélesebb körű igazolása, több olyan egymástól különböző módszerrel elvégzett kísérlettel való alátámasztása, amely a vízfelvételecsökkenés értékelését alkalmazástechnikai és épületfizikai szempontból egyaránt lehetővé teszi.

## 2. Fogalmak, vizsgálati módszerek (3, 4), vizsgálati anyagok

A porózus építőanyagok vízfelvétele a CIB W 40. sz. munkacsoport ajánlásával összhangban az alábbi mérőszámokkal jellemezhető:

Vízfelvételi együttható, jele: A

Vízbehatolási sebességi együttható, jele: B

Víztároló kapacitás, jele:  $\psi_k$

Telítési vízfelvétel, jele:  $\psi_s$

A kapilláris vízfelvétel meghatározása során a hasáb alakú próbatestet, vagy a perlit esetében az üvegcsőbe töltött duzzasztott perlitet, 1–2 mm mélyen vízbe állítjuk. A felvett víz mennyisége és az idő között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$m_w = A\sqrt{t}, \text{ amelyben}$$

$m_w$  = a felületegység által felvett víz,  $\text{kg/m}^2$

A = a vízfelvételi együttható,  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$

t = az idő, sec.

A mérési eredményeket  $\sqrt{t}$  függvényében ábrázolva egyenes szakaszokból álló görbét kapunk, „A” az első egyenes 1 óra időtartamhoz ( $\sqrt{t} = 1$ ) tartozó értéke.

A víztároló kapacitás ( $\psi_k$ ) „bubbling-point” a  $\sqrt{t}$  szerint felvett vízfelvételi egyenesek irány-

szög változásához tartozó vízfelvétel. A  $\psi_k$  a nem teljes átnedvesedéshez tartozó olyan jellegzetes nedvességállapotot fejez ki, amelynél a vízfelvétel folyamata a kezdeti gyorsabból egy jellegében más, lassabb folyamatba megy át.

A telítési vízfelvétel ( $\psi_s$ ) térfogatszázalékban kifejezve (vol. %) a vákuumos vízfelvételi módszerrel határozható meg.

A vízbehatolási sebességi együttható (B) „coefficient of water penetration” a nedvességfrontnak a kapilláris felszívás alatti haladási sebességét fejezi ki. Ha x jelenti a „front” vízfelülettől való távolságát m-ben, úgy:

$$x = B\sqrt{t}$$

összefüggés áll fenn. A perlit esetében a nedvességfront haladása szemrevételezéssel csakis oly módon figyelhető meg, ha a vizet valamilyen

kapillár inaktív anyaggal (péld. káliumpermanganáttal) színezzük.

Vizsgálati módszerünk kialakításánál arra törekedtünk, hogy a laboratóriumi kísérleti duzzasztások során előállítható néhány dl anyagmennyiség is vizsgálható legyen, ezért 25 mm átmérőjű, 20 cm magas üvegcsöveket választottunk. A duzzasztott perliteket minden esetben berázott állapotban vizsgáltuk. A mérési eredmények laboratóriumi minták esetében 3, üzemi minták esetében 10 párhuzamos mérés átlagai. Az eredmények szórása nem lépte túl a  $\pm 5$  tömeg %-ot.

Vizsgálati anyagként a KÖSZIG V. tapolcai, ill. belegrádpusztai üzemében duzzasztott perliteket és az azokból szitálással elkülönített frakciókat választottuk ki. Ugyancsak megvizsgáltuk a pályázati rózsaszínű perlit különböző perlitvíztartalmú változatait.

1. táblázat

Az üzemi gyártású duzzasztott perlitek és azok kiválasztott frakcióinak szemszerkezeti adatai

Megnevezés	Halmazsűrűség $\rho_w$ , g/l	Szemszerkezeti összetétel, tömeg %					
		0,0 – 0,3 mm	0,3 – 0,5 mm	0,5 – 1,0 mm	1,0 – 1,6 mm	1,6 – 2,0 mm	> 2,0 mm
„Tapolca”							
P – 1, átlag	128	30,0	26,0	38,4	5,6	–	–
finom (0 – 0,5 mm)	115	50	50	–	–	–	–
durva (1 – 1,6 mm)	129	–	–	–	100	–	–
P – 2, átlag	64	62,2	23,9	13,9	–	–	–
„Belegrádpusztá”							
P – 1, átlag	90	10,2	15,5	45,9	22,7	5,7	–
finom (– 0,5 mm)	98	50	50	–	–	–	–
durva (1 – 1,6 mm)	76	–	–	–	100	–	–
P – 2, átlag	72	46,9	25,5	25,5	2,1	–	–
„Kertészeti”	119	5,4	7,6	25,8	31,5	19,8	9,9
„Rózsaszín”							
alap (4,02% víztart.)	68	33,4	14,7	24,0	10,3	7,6	9,8
dehidrált (2,32% víztart.)	106	9,4	10,3	42,3	16,3	6,3	15,4

2. táblázat

A duzzasztott perlitek vízfelvételi jellemzőinek összefoglalása

A minta megnevezése előkezelése	Vízfelvételi együttható A, kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup>	Vízbehatolási sebességi együttható B, m/s <sup>1/2</sup> · 10 <sup>-3</sup>	Víztároló kapacitás $\psi_k$ , kg/m <sup>3</sup> perlit	Telítési vízfelvétel $\psi_s$ , vol. %
<i>Üzemi</i>				
„Tapolcai”, P – 1, átlag	164	7,2	448,0	67,4
0 – 0,5 mm	206	6,9	495,0	69,8
1 – 1,6 mm	81	4,9	167,7	36,7
P – 2, átlag	198	6,0	454,4	84,9
„Belegrád”, P – 1, átlag	116	5,6	441,0	72,4
0 – 0,5 mm	160	8,3	558,6	78,5
1 – 1,6 mm	79	3,6	144,4	45,2
P – 2, átlag	188	7,6	486,4	82,0
KP	92	3,6	214,2	68,2
<i>Laboratóriumi gyártási minták</i>				
Rózsaszínű perlit (alap)	180	5,7	462,3	68,6
Rózsaszínű perlit (dehidrált)	128	3,3	249,1	60,4

Építőanyag megnevezés	Testsűrűség $\rho_w$ kg/m <sup>3</sup>	„A” vízfelvételi együttható kg/m <sup>2</sup> ·h <sup>1/2</sup>	„B” vízfelvételi seb. együttható m/s <sup>1/2</sup> ·10 <sup>-3</sup>	$\psi$ - víztároló kapacitás kg/m <sup>3</sup>	$\psi$ - telítési vízfelvétel vol. %
Nehézbeton 1	2410	1,1	0,09	190	22
Nehézbeton 2	2290	1,8	0,22	140	—
Mészhomoktégla 1	1920	3,2	0,26	200	27
Mészhomoktégla 2	1795	5,5	0,42	220	35
Mészhomoktégla 3	1635	7,7	0,46	270	36
Égetett tömör téglá	1750	25,1	2,24	190	29
Üreges égetett téglá	1165	8,9	0,81	180	18
Gázbeton 1.	630	4,6	0,28	280	72
Gázbeton 2.	530	4,0	0,23	280	74
Gipszlemez 1.	900	69	2,36	490	—
Gipszlemez 2.	600	38	1,80	360	—
P-1 átlag	109	140	6,4	445	70
0-0,5 mm	107	183	7,6	527	74
1-1,6 mm	103	80	4,3	156	41
P-2	68	193	6,8	470	83
Kertészeti perlit	119	92	3,6	214	68
Rózsaszín perlit (alap)	68	180	5,7	462	69
Rózsaszín perlit (dehidrált)	106	128	3,3	249	60

### 3. A vizsgálati eredmények ismertetése

Előzetes kutatásaink rámutattak arra, hogy a szemszerkezeti összetétel s vízfelvételt jelentős mértékben befolyásolja. A minták szemszerkezeti összetételét az 1. táblázat foglalja össze.

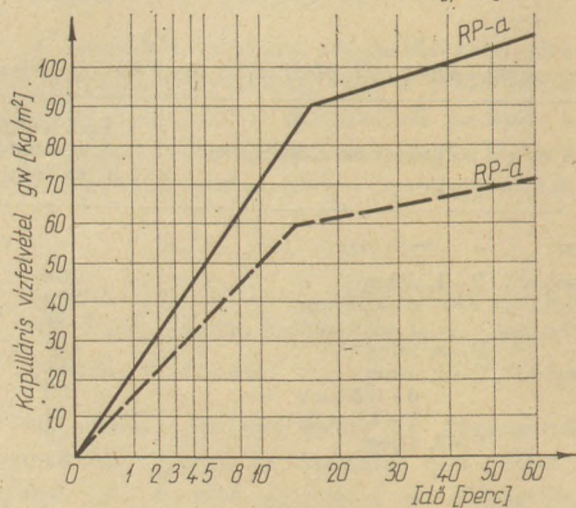
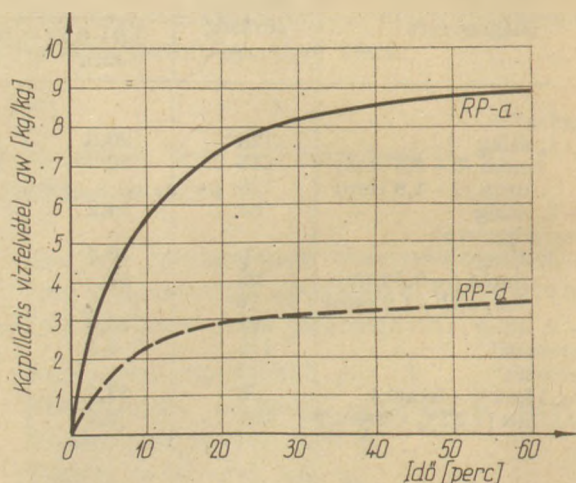
A kapilláris vízfelvételi görbéket rendre az 1., 2., 3. ábrák szemléltetik.

A  $\psi_s$  ún. „telítési vízfelvétel” meghatározása céljából valamennyi minta vákuumban (kb. 5-10 torr nyomásnál) mért vízfelvételét is megmértük. A vízfelvételi görbékből számítható A, B,  $\psi_k$  valamint a vákuumos vízfelvételeből számítható  $\psi_s$  értékeket a 2. táblázat foglalja össze.

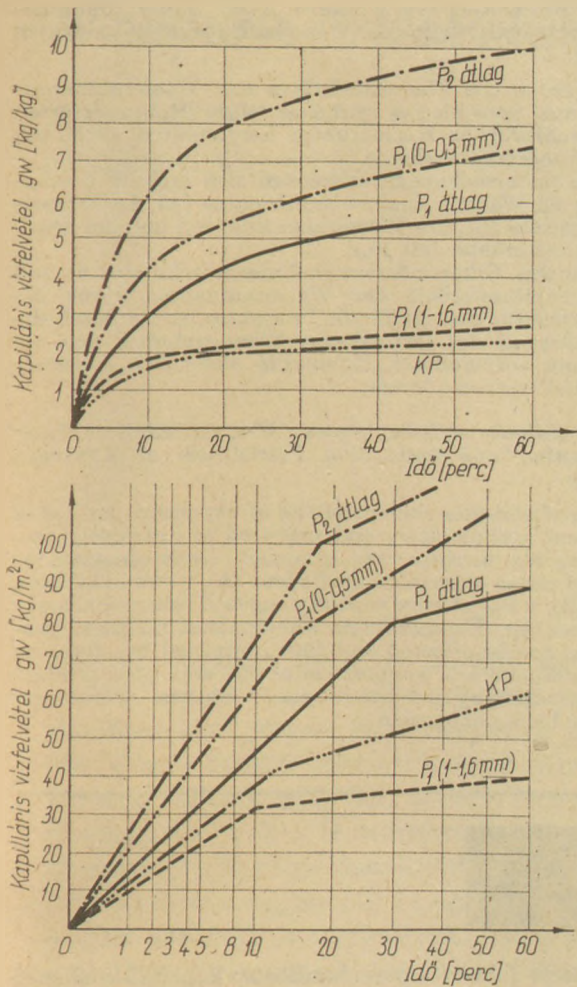
A duzzasztott perlit sajátos vízfelvételi jellemzői legjobban a hagyományos nehéz és könnyű építőanyagok vízfelvételi adataival összehasonlítva figyelhetők meg. Ezen összehasonlításra a 3. táblázat nyújt lehetőséget, amely a legfontosabb építőanyagok és a különböző szemszerkezetű duzzasztott perlitek vízfelvételi jellemzőit együtt tartalmazza.

### 4. Az eredmények értelmezése, következtetések

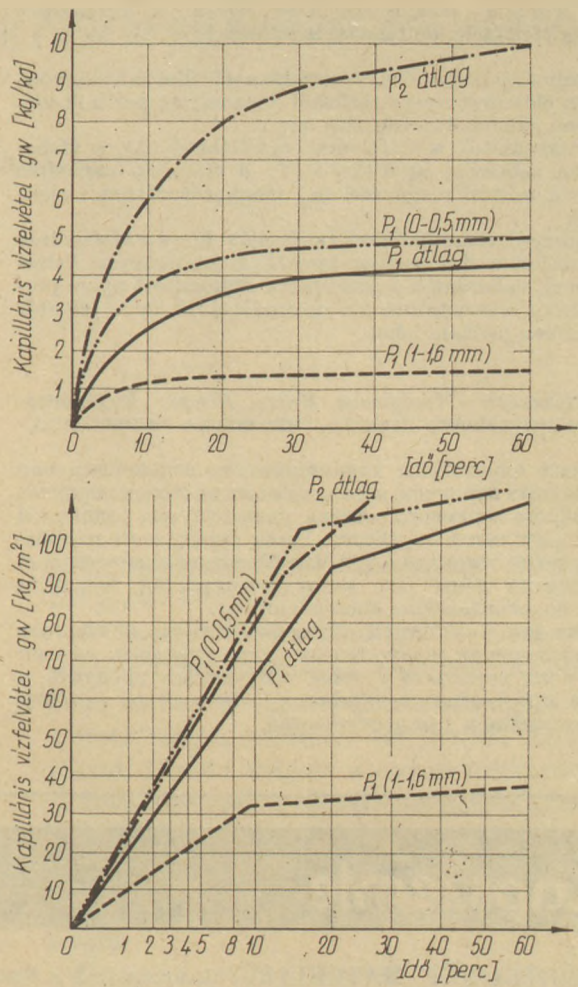
A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a duzzasztott perlit vízfelvételét (A,  $\psi_k$   $\psi_s$ ) a legnagyobb mértékben a szemszerkezeti összetétel befolyásolja, a finomfrakció ( $d < 0,5$  mm) leválasztásával a maradék rész vízfelvétele felére, harmadára csökkenthető.



1. ábra. A tapolcai üzemben duzzasztott perlitek vízfelvételi görbéi (P-1, P-2, finomfrakció 0-0,5 mm, durva frakció 1-1,6 mm)



2. ábra. A belegrádpusztai üzemben duzzasztott perlitek vízfelvételi görbéi ( $P-1$ ,  $P-2$ , finomfrakció 0–0,5 mm, durva frakció 1–1,6 mm, KP kertészeti perlit)



3. ábra. Laboratóriumi kemencében duzzasztott termékek vízfelvételi görbéi ( $PR-a$ ,  $PR-d$ )

A vízfelvétel sebességét ( $B$ ) a szemszerkezeti összetétel szintén számottevően befolyásolja. A durvább szemszerkezetű termékeknel a  $B$  értéke, valamivel kisebb mint a finomé, élesen osztályozott halmazok esetében a finomhalmaz (0–0,5 mm) vízbehatolási sebességi együtthatója ( $B$ ) kb. 1,5–2,5-szöröse lehet a durva (1–1,5 mm) halmazénak. Ez a szabály nem teljesen érvényesül a tapolcai  $P-1$  és  $P-2$  perlitek esetében amely valószínűleg a  $P-1$  jelű termék igen nagy finomrész ( $<0,3$  mm) tartalmával magyarázható. A duzzasztott perlitek a legnagyobb eltérést a hagyományos építőanyagoktól vízfelvételi kapacitásukon túlmenően vízbehatolási sebességi tényezőjükben mutatják. A duzzasztott perlit  $B$  együtthatója a betonokéhoz viszonyítva 25–70-szer, az égetett téglához viszonyítva 2–10-szer nagyobb. Az egyéb építőanyagok vízbehatolási sebességi tényezői ezen szélső értékek között helyezkednek el.

A nyersperlit kötött víztartalmának optimalásával közel azonos szemszerkezeti összetétel mel-

lett a vízfelvétel ( $A$ ,  $\psi_k$ ) mintegy felére csökkenthető.

A vízfelvételnek a duzzasztott termék szemszerkezeti összetételétől való számottevő függése a vízfelvétel összetett mechanizmusára utal. Feltehető, hogy a szemcsék saját pórusszerkezetén kívül a fajlagos felület befolyása is jelentős. A saját pórusszerkezetnek, ill. a fajlagos felületnek a vízfelvételre gyakorolt hatását egy későbbi tanulmányunkban kívánjuk tisztázni.

#### I R O D A L O M

- [1] Dr. Újhelyi, J.: Gondolatok a perlit és a perlitbeton vízfelvételének jelentőségéről. Perlitkonferencia, Balatonfüred 1971.
- [2] Dr. Tóth, K.: A perlit előkészítése (aprítás, osztályozás, előszárítás) és a duzzasztott termék pórus szerkezete (közlés alatt).
- [3] Dr. Künzel, H–Schwarz, B.: Die Feuchtigkeitsaufnahme von Baustoffen bei Beregnung. Mitteilung des Instituts für Bauphysik, Stuttgart, 1970.
- [4] W. F. Cammerer.: Die Kapillare Flüssigkeitsbewegung in porösen Körpern. VDI Forschungsheft 500. VDI Verlag 1963.
- [5] Bericht der CIB-Arbeitsgruppe W-40 „Herat and moisture transfer in porous materials and structures”.

Tóth Kálmán – Mészárosné Kiss Ágnes: A duzzasztott perlit vízfelvétele, optimalizációs lehetőségei

A tanulmány különböző szemszerkezetű, illetve különböző módon előkezelt nyers perlitből duzzasztott perlitok vízfelvételi jellemzőit határozta meg.

A vizsgálatok a vízfelvételi együttható (A), a vízbehatolási sebességi együttható (V), a víztároló kapacitás ( $\psi_k$ ) és a telítési vízfelvétel ( $\psi_s$ ) meghatározására terjedtek ki.

A vizsgálati eredmények tanúsítják, hogy a vízfelvételi jellemzőket a duzzasztott termék szemszerkezeti összetételével, valamint a duzzasztásra előkészített nyers perlit kötött víztartalmának optimalizálásával igen jelentős mértékben javítani lehet.

Тот, Кальман – Месарошне, Кишиш Агнеш: Водопоглощение вспученного перлита, оптимальные возможности

В статье определены характеристики водопоглощения вспученных перлитов, изготовленных из сырых перлитов различного зернового состава, подвергнутых различной предварительной обработке. Были определены коэффициент водопоглощения (А), коэффициент скорости проникновения воды (В), водоудерживающая мощность ( $\psi_k$ ) и водопоглощение насыщения ( $\psi_s$ ).

Полученные результаты подтверждают, что показатели водопоглощения можно значительно улучшить за счет изменения зернового состава вспученного продукта, а также оптимизации содержания воды в сыром перлите, подготовленном для вспучивания.

Tóth, Kálmán – Frau Mészáros Kiss, Ágnes: Optimierungsmöglichkeiten der Wasseraufnahme des geblähten Perlits

Es wurden die Charakteristiken der Wasseraufnahme der, aus verschieden vorbehandelten Rohperlitorten unterschiedlicher Kornstruktur hergestellten geblähten Perlitprodukte bestimmt.

Die Untersuchungen erstrecken sich auf die Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten (A), der Wassereinsringzahl (B), der Wasserkapazität ( $\psi_k$ ) und der Sättigungswasserkapazität ( $\psi_s$ ).

Aus den Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß die Charakteristiken der Wasseraufnahme durch die Kornstruktur des geblähten Produktes, sowie durch die Optimierung des gebundenen Wassergehaltes des zur Blähung vorbereiteten Rohperlits wesentlich günstiger gestaltet werden können.

Tóth, Kálmán – Kiss, Ágnes (Mrs, Mészáros): Water Absorption and Optimization Possibilities of Expanded Perlite

Water absorption characteristics of expanded perlites of different granulometry and prepared of differently pretreated raw perlites was examined. Determination included water absorption coefficient (A), water imbibition rate (B), water storage capacity ( $\psi_k$ ) and saturation water content ( $\psi_s$ ). Examinations showed that all these properties can be affected and thus optimised by changing the granulometric composition of the expanded product or by adjusting the bound water content of the raw perlite before expansion.

## Lapszemle

SZTROTITEL'N'ŪE MATERIALŪ, Moszkva, 1978. 1. szám

Glibina, I. V. – Zbrev, V. B.: *Ipari melléktermék – a téglagyártás nyersanyagja.* 27–28. old.

Különböző iparágak melléktermékei – kupolókemence salak, foszfor-salak, anilines hulladék stb. – hatásos téglaiipari adalékanyagok, mellyekkel szabályozhatók a téglafizikai-mechanikai tulajdonságai. Ezen adalékok célszerű felhasználási formája, mennyisége, gyártástechnológiai – például égetési sajátosságok; massaösszetételek; a téglatermék főbb fizikai-mechanikai mutató sok esetben javíthatók.

Novikova, M. N. – Ivanova, V. M.: *Szilikátfestékek kémiai ellenállóképességének tanulmányozása.* 18–19. old.

Üvegtermékek díszítéséhez használt hat különböző szilikát-festék kémiai ellenállóképességének vizsgálati módszere és eredményei. Desztillált forróvízes, 2%-os  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oldatos és 0,25%-os ecetsavas, különböző ideig tartó kezelés mellett

vizsgálták a festett, beégetett felületi réteg minőségének – diffúziótükrözésének – változását.

Parfenov, V. Z. – Plationov, Ju. K.: *Elektromos üveglvasztó kemencékben az olvasztási folyamat stabilitásáról.* 7–10. old.

Elektromos kemencében történő üveglvasztási folyamat hőszabályozásának új értékelési kritériumát javasolják. A szabályozhatósági tényező az elektromos kemence energetikai egyensúlyának számításához képletet közölnek. Kimutatták a szabályozhatósági tényezőnek az üveg elektromos és hőfizikai jellemzőitől, a kemence hővesztéségtől, a konstrukciós sajátosságoktól, továbbá az üzemi paraméterektől való függését. A kísérleti adatok megerősítették a kiválasztott paraméterek helyességét.

Mironov, J. M. – Kovalenko, V. V.: *A máz-porcelán közbenső rétegének szerkezetéről.* 25–27. old.

Petrográfia és röntgen segítségével tanulmányozták félvezető máz és

a porcelán között képződő közbenső réteg szerkezetét és a mázbevonat tulajdonságait. A közbenső réteg szerkezete függ a mázbevonat vastagságától, az optimális mázvastagság 0,45–0,55 mm. Az alfa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – kristályok képződése csökkenti felületi elektromos ellenállást.

TRANSACTIONS AND JOURNAL OF THE BRITISH CERAMIC SOCIETY, Stoke-on-Trent, 1978. 1. sz.

Holmes, W. H.: *Fejlesztések a finomkerámiai termékek égetésénél, 1967–1977-ig.* 25–31. old.

Áttekintés a finomkerámia ipar égetési technikájának jelenlegi helyzetéről, és az utóbbi 10 évben történt fejlesztésekről. Az energiafelhasználás változása a légszennyeződés elkerülését célzó törvény miatt bevezetett földgáz alkalmazásával. Csempe- és edényárak égetésének fejlesztése kapcsán bevezették energiamegtakarítást biztosító berendezéseket, így a hőcserélő kerék, a különleges hőviszanyerő égők, valamint a kerámiai szálas anyagok alkalmazását vezették be.



# A bayerit őrlését kísérő kristálykémiái folyamatok

KACSA LOVA LIDIA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## 1. Bevezetés

A rendkívül apró bayerit krisztallitok már keletkezésük folyamán 3–5  $\mu\text{m}$  méretű aggregátumokká egyesülnek. Az aggregátumok termikus stabilitásukkal tűnnek ki: formájuk és méretük 320 °C-on a bayerit kristályrácsának felbomlása-  
kor sem változik meg. Sőt, a pszeudomorfizmus megmarad az  $\eta$  és a  $\theta$  alumínium-oxid keletkezésekor is (1). Megfigyeléseink szerint (2) az  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  kristályosodása ugyancsak az aggregátumok belsőjében kezdődik és a kristályok csak a 0,1–0,3  $\mu\text{m}$  méret elérése után különülnek el fokozatosan, és ez eredményezi az aggregátumok elbomlását az 1200–1350 °C hőmérséklettartományban. Így tehát az alumínium-oxid metastabil fázisának átalakulása a bayerit kiindulási morfológiájának megőrzése mellett játszódik le.

Érdekesnek ígérkezett annak tisztázása, hogy ezek az átalakulások akkor is lejátszódnak-e, ha a kiindulási bayerit aggregátumokat mechanikusan szétzúzzuk, ezáltal a pszeudomorfizmust is megakadályozzuk.

Ennek érdekében a bayerittal különböző malomban őrlési kísérleteket végeztünk.

Várakozásunknak megfelelően az őrlésnél nemcsak a bayerit aggregátumok felbomlása következett be, hanem mechano-kémiai folyamatok is lejátszódtak.

## 2. A kiindulási anyagok és a vizsgálati módszerek

A bayeritot 99,99% tisztaságú alumínium fólia 30 °C-on történő hidrolízisével állítottuk elő. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok szerint a 150 °C-on szárított bayerit-por a rá jellemző aggregátumokból, az ún. szomatoidokból (3) állt, amelyek

az ugyanolyan alakú különálló bayerit kristályokból jöttek létre (1. ábra).

A bayerit őrlését Boulton és Herzog gyártmányú vibromalmokban végeztük. Az első esetben a malomba 3 kg bayeritot és 20 kg 20  $\times$  10 mm méretű cirkon őrlőtestet töltöttünk. Azért használtuk korund helyett a cirkon őrlőtestet, hogy az őrlés folyamán a bayerit korunddal ne szennyeződjék, mivel a fázisanalízis eredményét meghamisította volna, ha a bayerit eközben  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -dá alakulna. A vizsgálatokhoz 8 óránként vettünk mintát.

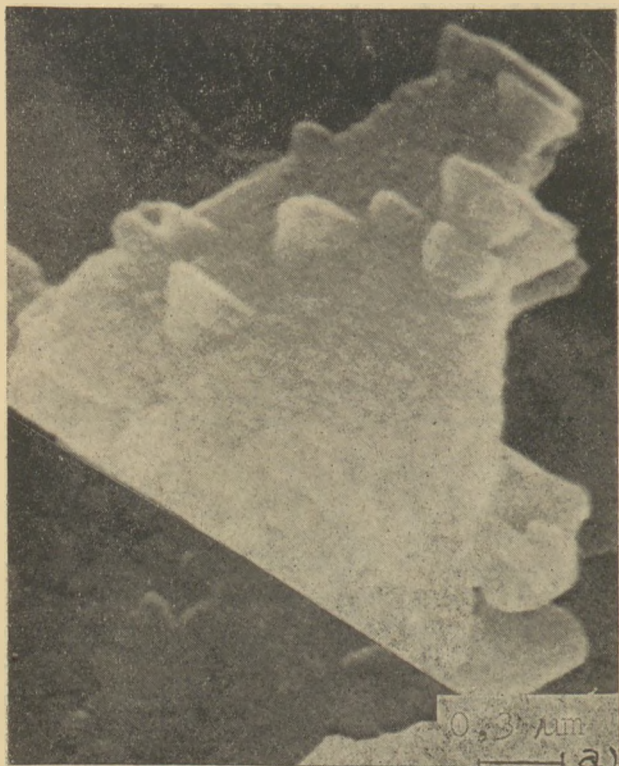
Sokkal hatékonyabb őrlést biztosít a speciális felépítésű Herzog malom. Ebben a wolfram-karbid malomban az őrlő test wolfram-karbidból készült gyűrű és az ebbe helyezett 6 cm átmérőjű, ugyanezen anyagból készült korong. Az anyag őrlése a malom belső felülete, a gyűrű és a henger közötti térben történik. A malom wolfram-karbid alkatrészei helyettesíthetők az acélból készült alkatrészeivel. A malmot minden három perces őrlés után megállítottuk, hogy az anyag felhevülését megakadályozzuk és hogy a vizsgálatokhoz mintát vegyünk.

Az anyagban őrlés közben lejátszódó változásokat röntgenográfiai, elektronmikroszkópos és DTA módszerrel, valamint infravörös spektrofotométerrel vizsgáltuk.

## 3. Eredmények

### 3.1. Morfológiai változások

A bayeritban őrlés során bekövetkező morfológiai változásokat pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. A bayerit aggregátumok roncsolódása



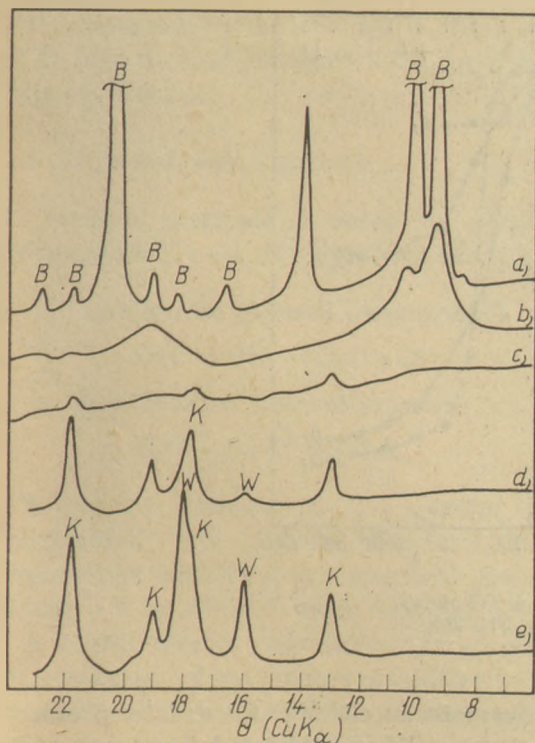
1. ábra. A bayerit morfológiai változásai az őrlés hatására a) az őrlés előtt, b–d) az őrlés után

a felületen kezdődött egyes különálló szemcsék és részek lehasadásával. Az őrlés előrehaladtával az aggregátumok teljes egészében különálló gömbölyű szemcsékre estek szét (1. b–d ábra). Tekintettel arra, hogy az őrlés hatására nemcsak a bayerit aggregátumok felbomlása következett be, hanem alkotó kristályainak morfológiája is meg-

változott, fel lehetett tételezni, hogy az őrlés folyamán szerkezeti változások is lejátszódtak.

### 3.2. Kristálykémiai reakciók

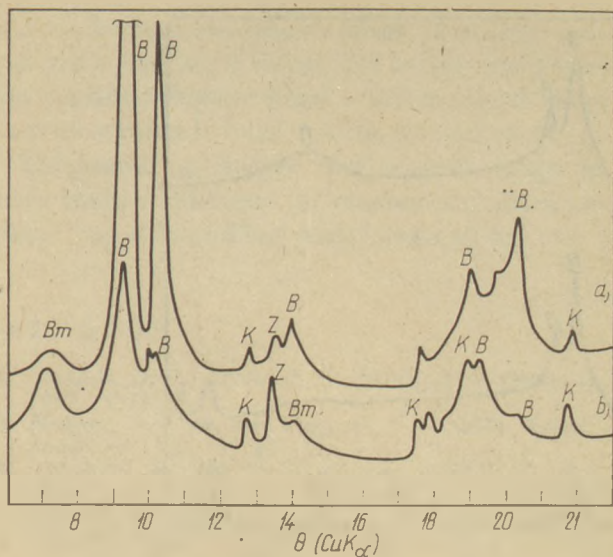
A röntgenográfiai vizsgálatok szerint az őrlési idő növelésével a bayerit kiinduló diffrakciós csúcsai csökkentek és deformálódtak (2. ábra). Később a



2. ábra. A bayerit átalakulása az őrlés hatására, wolfram-karbid malomban  
 a) az őrlés előtt, b-e) 45-81 perces őrlés után  
 B - bayerit, K - korund, W - wolfram-karbid

bayeritra jellemző diffrakciós maximumok eltűntek, vagyis a bayerit kristályszerkezete teljesen elbomlott. Az őrlési időt tovább növelve, a diffraktogramon röntgenamorf fázisra utaló magas alapvonalon megjelentek az  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  diffrakciós csúcsai, melyek intenzitása az őrlési időtartammal arányosan növekedett. A bayerit kristályszerkezetének bomlása, és a röntgenamorf fázison keresztül  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  módosulattá történő átalakulása 17-36 perc alatt következett be az őrlemény mennyiségétől függően (10-20 g). A wolfram-karbiddal történő szennyeződés csak 45 perc őrlés után következett be, vagyis amikor az őrlemény már korundból állt. Kísérleteink alapján a bayerit aggregátumok mechanikai roncsolása a kristályrács egyidejű bomlását és amorf állapotba történő átalakulását eredményezte. Az amorf alumínium-oxid átalakulása  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -dá közvetlenül a közbülső  $\eta$  és  $\theta$  kristálmódosulatok keletkezése nélkül történik.

Ezeket az eredményeket nem sikerült teljesen reprodukálni, ha a bayeritet nagy mennyiségben (3 kg) a „Boulton”-féle vibromalomban őrlöttük. Amint a 3. ábrán látható, a bayerit diffrakciós csúcsai intenzitásának csökkenése csak 8 óras őrlés után észlelhető. Jelentős szerkezeti változások a bayeritban csak 68 óras őrlés után következtek be.



3. ábra. A bayerit átalakulása az őrlés hatására Boulton vibromalomban  
 a) 86 óras, b) 290 óras őrlés után  
 B - bayerit, Bm - Böhmít, Z -  $\text{ZrSiO}_4$ , K - korund

E por diffraktogramján a bayerit deformálódott csúcsain kívül egyidejűleg új kristályfázisok - a böhmít és a korund - diffrakciós csúcsai is megjelentek. Érdeemes megemlíteni, hogy 290 óras őrlés sem eredményezte a bayerit teljes eltűnését, sem a korund fázis mennyiségének növekedését. Amint a 3. ábrán látható diffraktogramon a bayerit csúcsok csökkenésével a böhmít csúcsok intenzitása nő, ami arra utal, hogy ennél az őrlésnél az előzővel ellentétben, a körülményei úgy alakultak, hogy a korund további keletkezését meggátolták, azonban a böhmít keletkezését elősegítették.

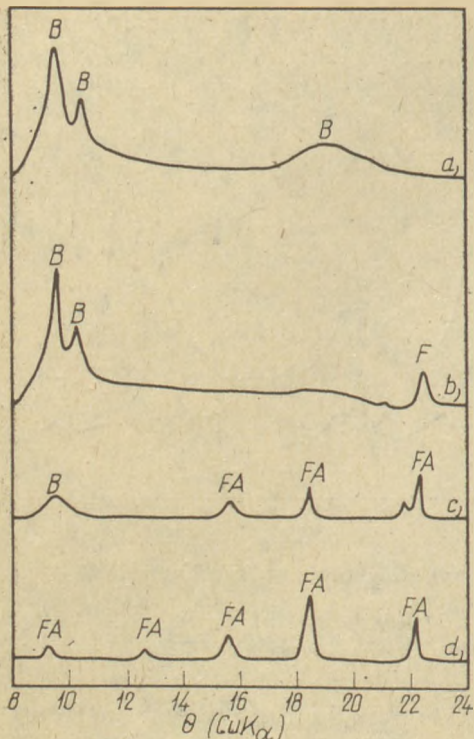
A legérdekesebb kristálykémiai reakciók akkor játszódtak le, amikor a Herzog-féle wolfram-karbid malmot acélból készülttel cseréltük fel.

Az őrlés közben vett minták röntgenfelvételein 45 perces őrlés után a bayerit diffrakciós csúcsainak egy része eltűnt, a megmaradtak alakja deformálódott, s az alapvonal eltérése új fázis - amorf alumínium-oxid - megjelenését mutatta (4. ábra).

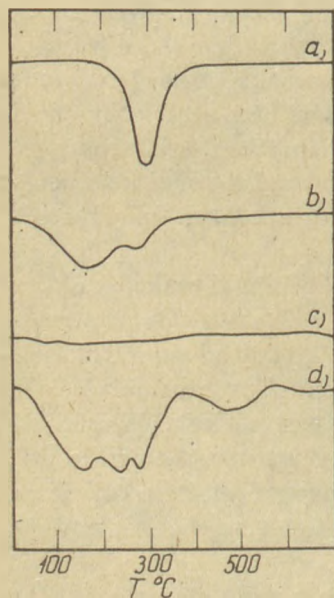
További őrlés hatására a malom anyagából lekopott vas szennyeződés csúcsai is megjelentek a diffraktogramon. A 90 percig őrlött minta diffraktogramján a vas és a bayerit jellemző csúcsai eltűntek, s helyettük a  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$  jól azonosítható diffrakciós maximumai jelentek meg.

### 3.3. A bayerit dehidratációja

A bayerit kristályrácsa bomlásának elengedhetetlen feltétele az, hogy belőle őrlés közben a szerkezeti víz eltávozzék. A 150 °C-on kiszárított



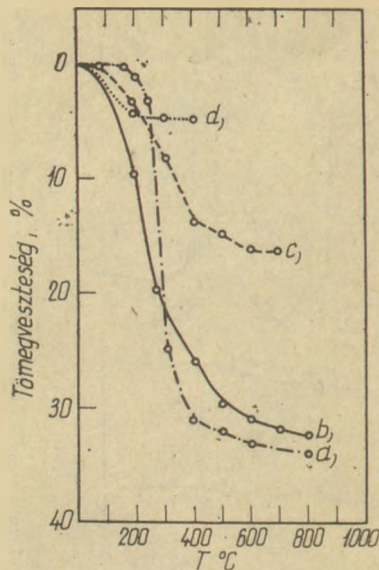
4. ábra. A bayerit átalakulása az őrlés hatására acélmalomban  
a-d) 45-90 perces őrlés után  
B - bayerit, F - vas, FA -  $FeAl_2O_4$ .



5. ábra. A DTA görbái:  
a) bayerit őrlés előtt,  
b) b, c, Herzog malomban és  
d) Boulton malomban történő őrlés után

bayerit DTA görbében a szerkezeti víz elvesztésével járó egyetlen endoterm csúcs 310 °C-on jelentkezik (5. ábra).

Az őrlési viszonyoktól függetlenül a fent ismertetett esetekben az őrlött anyag DTA görbében kezdetben az endoterm csúcs kettéválik, miközben az alacsony hőmérsékletek irányába eltolódik,



6. ábra. A TG görbái:  
a) bayerit őrlés előtt

majd folyamatosan eltűnik. Az endoterm csúcsnak az alacsony hőmérsékletek irányába történő eltolódása az  $OH^-$  kötések erősségének csökkenéséről s esetleg a kötés természetének megváltozásáról is tanúskodik. Az infravörös spektroszkópia eredményei szintén ezt igazolták: az őrlés után eltűntek a bayeritre jellemző, 980  $cm^{-1}$  és 1020  $cm^{-1}$ -nél jelentkező sávok.

A DTA görbék és az infravörös spektrumok tanúsága szerint a bayerit őrlését dehidratációja kíséri. A TG mérések azonban azt bizonyítják, hogy a dehidratáció még abban az esetben sem teljes, amikor már az egész bayerit amorf állapotba megy át. Ezen felül, az amorf alumínium-oxidból keletkező korundnál 16%-os tömegvesztés van (6. ábra).

A legteljesebb a szerkezeti víz eltávozása a vasaluminát keletkezésekor, amelynek víztartalma 5%. Az a tény, hogy ez a víz 200 °C-ig majdnem teljes egészében eltávozik, fizikai kötésre utal. Nem ez a helyzet a korundban megkötött vízzel, amelynek legnagyobb része 200-800 °C között távozik, vagyis minden valószínűség szerint itt kémiai kötött vízről van szó.

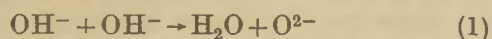
A 6. ábrán bemutatott TG görbe alapján megállapítható, hogy a dehidratáció foka az őrlési körülményektől függően változik. Ha a kiindulási, valamint a Boulton-féle malomban 290 óráig őrlött bayerit tömegvesztését ill. TG görbét összehasonlítjuk, úgy tűnik, hogy ebben a malomban őrlés közben dehidratáció nem történik. Az őrlött anyag röntgenvizsgálattal megállapított fázisösszetétele ezzel ellentétben azt mutatja, hogy az őrlemény bayeritből, korundból, böhmít-

ből és röntgenamorf fázisból áll (3. ábra). A bayerit és böhmít fázis jelenlétét a DTA görbe is igazolja (5. ábra).

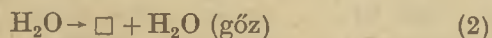
### 3.4. Az eredmények tárgyalása

A termikus disszociáció során az alumínium-hidroxidokból a víz két lépcsőben távozik:

– víz keletkezése hidroxil csoportokból



– a víz eltávazása a kristályrácsból



A bayerit őrlésekor a (2) egyenlet szerinti dehidratáció nem teljesen biztosított, mivel a rendszerben fejlődő hő nem elegendő. Ezért a víz távozása a rendszerből csak részleges lehet.

A kristályrácsból eltávazott  $\text{OH}^-$  csoportok és vízmolekulák helyén anion-vakanciák ( $\square$ ) jönnek létre. Ennek következtében a keletkező amorf alumínium-oxid jelentős többletenergija révén aktív állapotban van.

Amikor a víz nagyobb része eltávazik a rendszerből, kedvező körülmények alakulnak ki az amorf alumínium-oxid fázisátalakulásához. Ez az alumínium és az oxigén ionoknak a kristályon belüli átrendeződése révén következik be, amelyek a rendezettebb állapotnak megfelelő pozíciókat igyekeznek elfoglalni, s egyúttal létrehozzák a leg-sűrűbb hexagonális illeszkedést. Ennek eredményeképpen az amorf alumíniumoxid  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ra alakul át. A vakanciák egy részét valószínűleg  $\text{OH}^-$  csoportok foglalják el.

Ha a rendszerben megfelelő atomsugarú más kémiai elemek is jelen vannak megfelelően diszperz formában, akkor ezek is elfoglalhatják az amorf alumínium-oxid vakanciáit s így résztvehetnek a kristályon belüli átrendeződésben. Ilyen esetben az új vegyület keletkezése könnyebben mehet végbe, mint a fázisátalakulás.

A fent ismertetett reakciók csak abban az esetben következhetnek be, ha dehidratáció során a felszabaduló víz nagyobb része a rendszerből eltávazhat. Ellenkező esetben a rendszerben nem a vízmolekulák, hanem az  $\text{OH}^-$  csoportok szerepe lesz a döntő (1) reakció.

A hidroxil csoportok az amorf alumínium-oxid vakanciákat elfoglalhatják, résztvehetnek a kristályrács átrendeződésében és böhmítet hozhatnak létre. A bayerit Boulton-féle malomban történt őrlésekor játszódott le, vagyis a víz a rendszerből nem távozott, amit a DTA görbéi is igazoltak.

Az e dolgozatban ismertetettekkel analóg eredményeket nyertek a hidrargillit szobahőmérsékleten végzett őrlésekor azzal a különbséggel, hogy az őrlés során a böhmít  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -dá alakult át (4).

Befejezésül szükséges megjegyezni, hogy az őrlés közben keletkező hő minden bizonnyal hatással van a fentiekben leírt folyamatokra.

## IRODALOM

- [1] Lippens, D. C., – Boer, I. H.: (1964) Acta Cryst. 17, 1312 – 1321.
- [2] Moscov, L. – van der Vlies, G. S.: (1959) Kolloid. Zeitschrift 163, 1, 35 – 41.
- [3] Kacsalova, L.: (1977) Építőanyag, XXIX., 6, 241 – 245.
- [4] Gout, R., Kra-Kouadio, L., Mis, S., Paris, A.: (1977) Bul. Soc. Franc. Cér., 116, 3 – 17.

### Kacsalova Lidia: A bayerit őrlését kísérő kristálykémiai folyamatok

A bayerit intenzív őrlését dehidratációja, morfológiai és szerkezeti bomlása kíséri, amelyek következtében amorf alumínium-oxiddá alakul át. További mechanikai hatásokra az alkalmazott őrlési berendezés, valamint az őrlési körülményektől függően az amorf alumínium-oxid vagy közvetlenül  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -dá alakul, vagy az  $\text{OH}^-$  csoportot megkötvé böhmíté kristályosodik; ha az őrlés folyamán vas szennyező keletkezik, vele reagálva  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$  vegyületet hoz létre.

### Качалова, Л.: Кристаллохимические реакции, происходящие при помоле бayerита

Процесс интенсивного помола бayerита сопровождается его дегидратацией, морфологическим и структурным разрушениями, вследствие чего он превращается в аморфную окись алюминия. Под влиянием дальнейшего механического воздействия, в зависимости от применяемого помольного оборудования и условий помола, аморфная окись алюминия или непосредственно превращается в  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , или, присоединяя гидроксильные группы  $\text{OH}^-$ , кристаллизуется в бёмит, а при наличии намола железа, реагируя с ним, образует соединение  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$ .

### Katschalova, Lidia: Kristallochemische Reaktionen bei der Vermahlung von Bayerit

Die intensive Vermahlung von Bayerit wird durch dessen Dehydratation, morphologischem und strukturellem zerfall begleitet und als Folge dieser Prozesse wird der Bayerit zu amorphem Aluminiumoxyd umgesetzt. Durch weitere mechanische Einwirkungen wird das amorphe Aluminiumoxyd, je nach der angewandten Mahlanlage, sowie in Abhängigkeit der Mahlbedingungen entweder unmittelbar zu  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  umgesetzt, oder unter Abbindung von  $\text{OH}^-$  zu Böhmít kristallisiert; falls während Mahlprozeß eine Eisenverunreinigung eintritt, entsteht durch die damit stattfindende Reaktion eine  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$  Verbindung.

### Kachalova, Lidia: Crystallochemical Reactions during the Grinding of Bayerite

Dehydration, morphological and structural decomposition occur during the intensive grinding of bayerite, the final product being amorphous alumina. Upon subsequent mechanical effects amorphous alumina may transform either directly to  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , or, by  $\text{OH}^-$ -bonding, to boehmite. A third possibility: if the material gets contaminated with iron during grinding,  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$  may form.

ZEMENT-KALK-GIPS, Wiesbaden, 1978. 1. sz.

Schildknecht, W.: *Üzemi tapasztalatok nagyméretű hengermalmokkal.* 1–2. old.

A hőkicserélő kemencékhez kapcsolt hengermalmok előnye a nagy szárító kapacitás kizárólagosan a kemencegázok felhasználásával még 300 °C alatti kemencegáz hőmérséklet esetén is, a gyors szabályozhatóság a rövid anyagátáramlási idő következtében, az alacsony zajszint és a feladott anyag szemcse-nagyságával szemben állított kisebb követelmény. Ez különösen a nagy nedvességtartalmú és erősen kopotató hatású nyersanyagok esetében előnyös. Összehasonlítás a hengermalom és a csőmalom között, az élettartam, üzemeltetési költség és fajlagos kopási költségek tekintetében.

Wentzel, W.: *Szénőrlő berendezések felhasználási lehetőségei cementipari forgókemencék fűtésére.* 3–5 old.

A porszéntüzelésű forgókemencékhez használatos szénőrlő berendezések. Közvetlen tüzelésű malom, közvetett tüzelésű malom, közvetett tüzelésű malom részleges gázelszívással a forgókemencében, központi őrlőberendezés közbeeső tárolóbunkerral és egy szűrőhöz történő részleges gázelvezetéssel. A közvetett tüzelésű kemencék és a központi őrlőberendezés a szárítógázok visszavezetésével üzemeltethető, ami nagy intenzitási fokot biztosít, és nagy gáztartalmú szenek esetében is csökkenti a porszéntüzek és robbanások veszélyét. A közvetlen tüzelésű malmokkal szemben a primér levegő mennyisége lényegesen csökkenthető.

Akunow, W. I.—Deschko, Ju.I.: *A cementipari nyersanyagok és klinker őrlésének fejlesztési iránya.* 10–11. old.

A csőmalmok abszolút és fajlagos teljesítményenem növelhető tovább a gazdaságossági mutatók romlása nélkül. A fejlesztés a légsugár malmok irányában történik. A Szovjetunióban óránként 25 tonna teljesítményű berendezések üzemelnek.

A jövőben cementipari alkalmazásra 160 t óránkénti teljesítményű berendezést terveznek. A tapasztalatok szerint a légsugár malmokban előállított termékek szűkebb szemcsemegoszlást mutatnak, mint az egyéb berendezésben őrlött termékek. Az őrlés finomsága széles határok között variálható. A beépítési térfogatra vonatkoztatott teljesítmény légsugármalmok esetén 10–100-szorosa a csőmalmokénak. Az így őrlött cementek szilárdsága nagyobb és rövidebb a kötési ideje.

Popescu, O.—Radu, D.: *Számítási eljárás másodlagos tüzeléssel ellátott klinkerégető berendezésekhez, és néhány gyakorlati eredmény.* 27–29.

old. Matematikai képlet forgókemencék kapacitásának számítására. Lebegőgáz hőkicserélővel és másodlagos tüzeléssel ellátott forgókemencék méretezése. A hőátadási együtthatót 35 kemence üzemeltetési adataiból statikusan állapították meg. A másodlagos tüzeléssel a hőveszteségeket felére lehet csökkenteni. Lebegtető kalcinálási eljárás. A nyersanyag savmentesítése 90%ban megtörténik a kemence bemenetelig. Gyakorlati alkalmazás.

Herchenbach, H.: *A cementklinker hűtésének módja és a leggyakrabban használt hűtőrendszerek kiválasztásának szempontjai.* 42–51. old.

A száraz eljárás szerint dolgozó ciklonok előmelegítővel ellátott rövid kemencés cementgyártáshoz üzemszerűen alkalmazott hűtőrendszerek. Csőhűtő, vándorrostélyos, ferde tolórostélyos és horizontál tolórostélyos, kombinált rostélyos hűtők. Bolygóhűtő. Gravitációs hűtő. Kiválasztási szempontok. Telepítés nagysága, hangemisszió, tér- és felület igény, elrendezési lehetőség, nyersanyag adottságok, tengerszint feletti magasság, munkaerő igény, beruházási költsége, gépi berendezések, elektromos ellátás, tűzálló hélés, építési költségek, szerelés és üzembehelyezés, üzemeltetési költségek, hőigény, elektromos energia igény, kopás és karbantartás, üzembiztonság, szerkezeti és feldolgozástechnikai problémák. Az egyes típusok pontozásos értékelése.

ZEMENT-KALK-GIPS, Wiesbaden, 1978. 2. sz.

Eisenring, R.: *Cementgyárak központi vezérlése programozható vezérlő berendezésekkel és számítógéppel.* 74–76. old.

A programozható vezérlés előnye a vezérlőasztalos vezérléssel szemben. Egyszerűbb kiszolgálás. Javul a teljes gyártásfolyamat áttekinthetősége és az üzembiztonság. Lerövidül a hiba megállapítás és kijavítás ideje. A programozható logikai rendszer bevezetése. Rendszerfelépítés. Készülékek, hardware. Software. Alkalmazási példa. Tervezés, üzembehelyezés és üzemeltetés.

Bang-Pedersen, H.: *Fuzzy controller rendszerű számítógépes forgókemence szabályozás.* 88–89. old.

Unax-hűtővel ellátott forgókemence szabályozása számítógéppel, mely nem matematikai modell útján dolgozik, hanem a kezelő személyzet beavatkozása előtti és utáni viszonyok, valamint a beavatkozás módjának analizisével kialakított logikai rendszer alapján hozza döntéseit. Szabályozáshoz a kemencehajtómű megterhelését és a százalékos oxigén tartalmat használták. A jelek természetes ingadozását digitálisfilter rendszer segítségével simították. A 94 órás próbaüzem alatt a számítógépes szabályozást 12 alkalommal kézi szabályozás vette át, de ezt a biztonsági okokból túl szűkre szabott vészhatárok átlépése tette csak szükségessé.

Ranze, W.: *Cementgyári kapcsolóterek kivitelezése.* 103–112. old.

Kapcsolóterek technológiai épületekben és szeparálva. Kapcsolóterek elnevezése. Építészeti szempontok. Méretek, követelmények a falakkal, födémeikkel, padozattal szemben. A transzformátorház elhelyezése, méretezése, szellőztetése, az építés kivitelezése. Akkumulátor helyiségek minimális méretei, szellőztetése, világítása, és a gázszilip. A szellőztető és légszűrő rendszer. Elektromos helyiségek nyílászáró szerkezetei és az alkalmazott záruk. Kábel átvezetések szigetelése. Megvilágítási követelmények. Tűzvédelem, előírások, jelzőablak, tűz- és füstjelző készülékek. Klímaberendezések.

# A cementgyártási mintavétel kérdései

HUGYÁK LÁSZLÓ

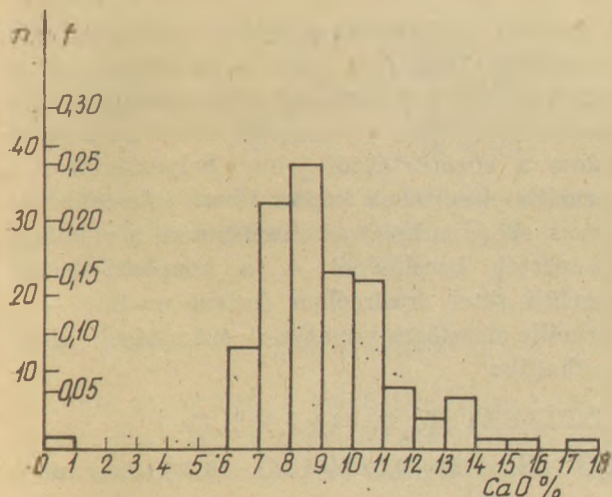
Cement és Mészművek Beremendi Gyára

## Bevezetés

A nagyteljesítményű száraz eljárású cementgyáraknál már nem alkalmazhatók a korábbi hagyományos a mintavételi és feldolgozási módszerek, ezért szükségessé vált ezen a területen is az automatikus irányítási rendszerek kidolgozása és bevezetése.

Ennek elvi alapjait a számítógépek és a gyors, folyamatosan működő röntgenfluoreszcens analízátorok alkalmazása és az automatikus mintavételi módok kidolgozása tette lehetővé. A szakirodalom (1), (3), (11) a cementgyárak teljes automatizálásánál első fontos lépésként a nyersliszt előállításának automatizálását tekinti, a mintavételt, a mintaelőkészítést, ill. ezek matematikai-statisztikai törvényszerűségeinek feltárását pedig a nyersliszt előállítás számítógépes vezérlésének előfeltételeként kezelik.

A mintavétel és a vett minták feldolgozása során elkövetett hibák ugyanis kérdésessé tehetik az egész számítógépes folyamatszabályozást. Ez-



1. ábra. Márgaminták gyakorisági hisztogramja

ért nem lényegtelen annak ismerete, hogy az egyes nyersanyagok, félkész és késztermékek jellemző tulajdonságai az idő függvényében, mint sztohasztikus folyamatok hogyan változnak, a változásokban a véletlenszerű és a nem véletlen változások mértéke milyen, a minták közt milyen erős a korreláció stb.

Mindezen kérdésekre csak a vizsgált rendszer egységes és összefüggő, rendszerszemléletű vizsgálatával kaphatunk választ, amelynek fontosabb részei a szisztematikus mintavétel és az ennek alapján feltárható törvényszerűségek, valamint a minta tömegének megállapítására vonatkozó kísérletek és számítások.

## Az elvégzett vizsgálatok

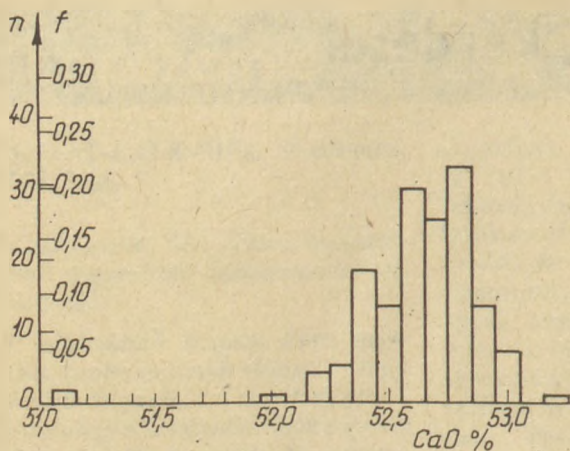
### Szisztematikus mintavétel

E munkaszakasz során percenkénti mintavétellel 150–150 mintát vettünk, márgából és mészkőből 5–5 kg-ot, nyerslisztből 0,3 kg-ot.

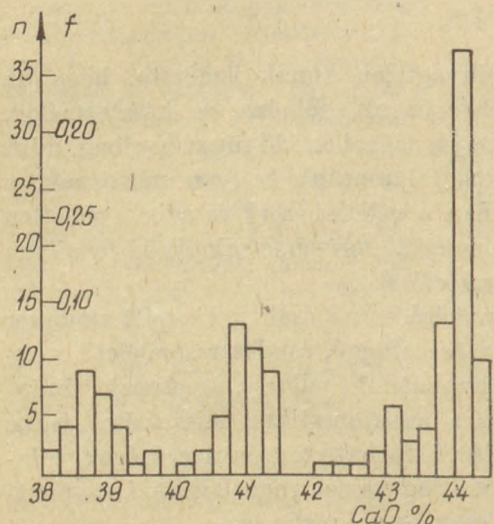
A mintákból megfelelő átlagolás és minta csökkentés után meghatároztuk a CaO tartalmat, amelynek a gyakorisági hisztogramjait az 1, 2, és 3. ábrák tartalmazzák. Mivel a mérés során a márga és mészkő arányait kétszer is megváltoztattuk (így egyúttal kimértük az átfutási időket is) a nyerslisztnél három csúcsot is találunk és így mind az átlagos összetételt, mind a szórást a rétegzett mintavétel szerint kellett számolni.

### Márga mintavételi adatok értékelése

A mintavételi adatok normális eloszlását  $\chi^2$  próbával ellenőriztem és csak 99,9%-os szinten találtam normális eloszlásból származónak.



2. ábra. Mészkeő gyakorisági hisztogramja



3. ábra. Nyerslisminták gyakorisági hisztogramja

Kiszámítottam ezért a ferdeségi és csúcsossági együttthatókat is (12):  $\gamma_1 = 0,99$ ;  $\gamma_2 = 3,12$   
Mivel  $\gamma_1 > 0$ , és  $\gamma_2 > 0$ , az eloszlás csúcsa a középértéktől balra helyezkedik el, a görbe a normális eloszláshoz képest csúcsosabb. Az egyes statisztikai jellemzők és megbízhatósági intervallumok 95%-os szinten a következők:

**KÖZÉPÉRTÉK:**  $9,17 \pm 0,33\%$  CaO

**SZÓRÁS:**  $2,04 \pm 0,23\%$  CaO

$$\mu = \bar{X} \pm \frac{\lambda \cdot s}{\sqrt{n}}; \quad (11) \quad [1]$$

$$\sigma = s \pm t \cdot s \left( \frac{1}{2n} \right) 0,5; \quad (4) \quad [2]$$

képletekkel számolva, ahol:

$\lambda$  = megbízhatósági szint,  
 $t$  = standard normál táblázatban található érték a megfelelő szintre vonatkoztatva,  
 $s$  = korrigált empirikus szórás  
 $\mu, \sigma$  = elméleti vagy pontos értékek,  
 $n$  = minta elemszáma,

Pethő Sz. (8) munkája alapján vizsgálva a belső függvény és a korrelációs tényező változását a  $k$  mintavételi távolság függvényében ( $k = 1$  esetén az összetartozó értékpárok  $x_1, x_2; x_2, x_3; \dots; x_{n-1}, x_n$  és  $k = 2$  esetén  $x_1, x_3; x_2, x_4; \dots; x_{n-2}, x_n \dots$ )

a következő értékeket kaptam:

$$F_b = 3,03; r = 0,19 \quad (k = 1)$$

$$F_b = 3,44; r = 0,14; \quad (k = 2)$$

$$F_b = 3,15; \quad (k = 4)$$

$$F_b = 3,56; r = 0,10 \quad (k = 5)$$

A megfelelő számítási képletek:

$$F_b = \frac{1}{2n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - x_{i+k})^2 \quad \text{ahol} \quad [3]$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, m, \dots n \text{ és}$$

ha  $k = m$ , az  $F_b$  értéke állandó vagy csökken

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x}_{i+k})}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^{n-k} (x_{i+k} - \bar{x}_{i+k})^2 \right]}} \quad [4]$$

$$\text{ahol} \quad \bar{x}_i = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} x_i \quad [5]$$

$$\bar{x}_{i+k} = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} x_{i+k} \quad [6]$$

A mintaelemek közti függőség a korrelációs tényező vizsgálata alapján (kiszámítva a  $t = \frac{\gamma}{\sqrt{1-r}} 2\sqrt{n-2}$  értéket és az összehasonlítva student táblázatban található megfelelő értékkel)  $k = 2$ -nél a belső függvény alapján (amikor  $F_b$  értéke csökkenni kezd)  $k = 5$ -nél következik be (7).

#### Mészkeő mintavételi adatok értékelése

A mészkeő mintavételi adatok  $\chi^2$  próbával való normalitás vizsgálata során a null-hipotézist el kellett utasítani. A ferdeségi és csúcsossági együttthatók:  $\gamma_1 = 2,51$ ,  $\gamma_2 = 12,23$ , tehát az eloszlás csúcsa a középértéktől jobbra helyezkedik el, a normális eloszláshoz képest jóval csúcsosabban. Annak ellenére, hogy az eloszlás nem normális, a középérték becslésénél – a központi határeloszlási tétel értelmében (mivel  $n > 30$ ) – a normális eloszlásra vonatkozó számítások alkalmazhatók:

**KÖZÉPÉRTÉK:**  $52,64 \pm 0,04\%$  CaO

**SZÓRÁS:**  $0,27 \pm 0,08\%$  CaO, 68,3%-os szinten.

K. Pearson (9) alapján számolva,



$$\sigma = S \pm \frac{\sqrt{m_4 - S^4}}{2s\sqrt{n}}, \text{ ahol}$$

$m_4 = a$  4. centrális momentum.

A belső függvény és a korrelációs tényezők függvényében:

$F_b = 0,04$	$r = 0,31$	( $k = 1$ )
$F_b = 0,04$	$r = 0,23$	( $k = 3$ )
$F_b = 0,05$	$r = 0,18$	( $k = 4$ )
$F_b = 0,05$	$r = 0,13$	( $k = 5$ )
$F_b = 0,05$	$r = 0,12$	( $k = 10$ )

A mintaelemek közti függőség a belső függvény szerint  $k = 4$ -nél, a korreláció alapján  $k = 5$ -nél szűnik meg.

#### Nyersliszt mintavételi adatok értékelése

Az egyes átlagos összetételek, szórások és mintaszámok:

1. réteg  $\bar{x}_1 = 40,97\%$  CaO  $S_1 = 0,29$   $n_1 = 41$
2. réteg  $\bar{x}_2 = 38,78\%$  CaO  $S_2 = 0,36$   $n_2 = 29$
3. réteg  $\bar{x}_3 = 43,89\%$  CaO  $S_3 = 0,46$   $n_3 = 80$   
 $\bar{x} = 42,10\%$  CaO  $S = 0,39$   $n = 150$

Az 1. és 2. réteg normalitás vizsgálata 90%-os szinten elfogadható, a 3. réteg eloszlása nem normális.

Vizsgálva a  $H_0: \sigma^2(x_i) = \text{állandó}$ ,  $i = (1, 2, 3 \dots)$  hipotézist Bartlett próbával az 99,95%-os szinten elfogadható, ami azt jelenti, hogy az egyes rétegek szórása megegyezik egymással, a megadott biztonsággal.

Így a megbízhatósági intervallumok:

KÖZÉPÉRTÉK:  $42,10 \pm 0,06\%$  CaO

SZÓRÁS:  $0,39 \pm 0,04\%$  CaO

A belső függvény és korrelációs tényező  $k$  függvényében:

$F_b = 0,26$	$r = 0,98$	( $k = 1$ )
$F_b = 12,26$	$r = 0,29$	( $k = 30$ )
$F_b = 4,00$	$r = 0,17$	( $k = 37$ )
$F_b = 4,65$	$r = 0,12$	( $k = 40$ )

A két módszer tehát a korrelációs kapcsolat megszűnésére teljesen megegyező eredményt ad ( $k = 37$ -nél)

#### A minta tömegének meghatározása

A minta tömegének a meghatározására szolgáló legtöbb összefüggés, melyeket számításaim során felhasználtam az ásványelőkészítési műveletekkel kapcsolatos.

Alkalmazásukat a cementgyártási nyersanyagok mintavételére az indokolja, hogy itt is ásványi eredetű anyagokról van szó, azzal a különbséggel, hogy nem valamilyen érc, esetleg széntartalom, hanem a nyersanyag oxidos összetétele képezi a vizsgálat tárgyát. A különböző képletekkel számított mintatömegeket úgy ellenőriztem le a gyakorlatban, hogy a Schenck mérlegekről (márgáról és mészkőről is) két oldalról ugyanazon időpillanatban kb. azonos tömegű 1-1, ill. 5-5 kg-os mintákat vettünk. Az összetartozó mintapárok közti CaO tartalmak eltéréseit vizsgálva a következő eredményt kaptam; 20-20 minta alapján:

M Á R G A M É S Z K Ő  
1 kg-os 5 kg-os 1 kg-os 5 kg-os

#### ÁTLAGOS

ELTÉRÉS: 0,55 0,38 0,58 0,34

#### ELTÉRÉSEK

SZÓRÁSA: 0,74 0,51 0,76 0,46

A kísérlet során kapott eredményekkel (a megbízhatósági szinteket is figyelembe véve) a legjobban a következő képlettel számított mintatömegek egyeztek meg (10):

$$G = \frac{100 \cdot k \cdot \delta \cdot d^3(c^1 - c)}{p \cdot c}, \text{ ahol} \quad [7]$$

$G = a$  szükséges minta tömege (kg)

$c = a$  megmintázandó anyag valamilyen tulajdonsága

$c_1 =$  szélsőségesen eltérő tulajdonság

$d =$  maximális szemnagyság

$k =$  alaktényező

$p =$  megengedett hiba százalékos értéke

$\delta =$  sűrűség

A minta össz tömegét az egyedi minta tömegének ismeretében most már úgy határozzuk meg, hogy kiszámítjuk a részminták legkisebb számát a következő képlet szerint (6)

$$n' = \left[ \frac{\lambda \cdot s}{\varepsilon} \right]^2, \text{ ahol} \quad [8]$$

$\lambda =$  megbízhatósági szint

$\varepsilon =$  megengedett eltérés

A gyakorlattal jobban egyező eredményt kaptam ha a már korábban ismerttetett korrelációs mintatávolság (amikor a függőség a mintaelemek közt éppen megszűnt) kétszeresét vettem a részminták legkisebb számának, (2) alapján,

Kísérleteim során elvégeztem a legfontosabb cementgyári nyersanyagok szisztematikus mintavételét. A mintákból meghatároztam a kalcium-oxid tartalmat és mint valószínűségi változót, vizsgáltam az egyes nyersanyagoknál eloszlását, szórását, a mintaelem közti korreláció változását a mintavételi távolság függvényében (autókorrelációs függvény). A kísérleti munka során meghatároztam a mintacsökkentési és analitikai hibák nagyságát is, szintén reprezentatív mérésel. A szisztematikus mintavétel során kapott adatokat kismintás vizsgálatokkal ellenőriztem. A minta tömegének meghatározása során abból indultam ki, hogy amennyiben a minta teljesen homogén és a homogenitás időben is állandó, elegendő az anyagáram jellemzésére az elemzési minta kivétele.

Mivel ez nincs így, a minta tömegének nagyságát elsősorban a legnagyobb szemcsék átlagos összetételétől való eltérése határozza meg, mivel a kisebb szemcsék akár belekerülnek a mintába, akár nem, kis tömegüknél fogva csak igen kis mértékben változtatják meg annak átlagos összetételét.

A mintavétel gyakoriságát pedig az határozza meg, hogy az átlagos összetétel hogyan változik az idő függvényében, amely [8] alapján számítható, de a gyakorlati mérésekkel jobban összehangban levő eredményt kaptam a korrelációs távolság figyelembevételével.

I R O D A L O M

- [1] *Droste, W. – Wildpaner, H.*: Automation im Zementwerk am Beispiel der Rohmehlvergleichsmässigung *Zement-Kalk-Gips*. Nr. 2/1977. 84 – 88.
- [2] *Finze, W.*: Entwicklungen bei der Probenahme und Probevorbereitung von Steinkohlen. *Aufbereitungs-Technik* Nr. 2/1976. 613 – 617.
- [3] *Gerstberger K.*: Statistische Methoden bei der Probenauswertung zur Rohmehlanalyse und deren praktische Anwendung bei der Rohmehlaufbereitung durch ProzeBrechner. *Zement-Kalk-Gips*. Nr. 1/1970. 12 – 22.
- [4] *Hrby, N.*: The Statistical Analysis of Particulate Mixtures *Powder Technology*. 5: 81. (1972)
- [5] *Kafarov, V. V. – Szafarin, V. I. – Sifrin V. B. – Zdorov, A. I.*: Cementgyarak nyersüzemeinek rendszerelemzése. *Cement*. 12/1975. 10 – 14.
- [6] *Mattyasovszky Zs. T.*: Nyersanyag mintavételi problémák. *Építőanyag*, 20 375 (1968).
- [7] *Móritz P.*: A korrelációs számítás alkalmazása a szilikátiparban. *Építőanyag* 18 436 (1965)
- [8] *Pethő Zs.*: Ásványelőkészítési, osztályozási és homogenizálási műveletek értékelése, különös tekintettel a számítógépes ellenőrzésre és irányításra. NIM. Műszaki Dokumentáció és Fordító Iroda. 3 – 4 szám 1975.
- [9] *Szentmártony T.*: Matematikai statisztika a műszaki gyakorlatban. Tudományos Könyvkiadó. Budapest 1950.
- [10] *Tarján G.*: Javaslatok a széndúsíthatósági kataszter felvételi metodikájára és a szénmosási görbék gyakorlati alkalmazására. *Bányászati Lapok* 4. sz. 1963.
- [11] *Teutenberg, J.*: Qualitätssicherung durch moderne Systeme für die Probenenthnahme und den Proben-transport. *Zement-Kalk-Gips*. Nr. 2/1977. 89 – 93.
- [12] *Vincze I.* Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1975.

*Худьяк, Л.*: Вопросы отбора проб в цементном производстве

*Hugyák, László*: Fragen der Probenahme bei der Zement fertigung

*Hugyák, László*: Problems of Sampling in the Cement Industry

## Egyesületi élet

A francia „Eruptív kristályos és hasonló kőzeteket termelők Országos Egyesületének” magyarországi tanulmányútja 1978. szeptember 20–22-én folyt le 74 résztvevővel. A vendégek túlnyomó többsége az eruptív kőzeteket kitermelő francia kőbányák vezetőiből és műszaki alkalmazottaiból állt, néhány francia útépitési szakemberrel kiegészítve.

A látogatás szakmai programja a Déldunántúli Kőbánya V. uzsabányai üzemének megtekintésével kezdődött.

Itt *Trapli Lajos* főmérnök és *Németh László* termelési osztályvezető fogadták és kalauzolták a francia kőbányász csoportot. A bányalátogatás után a vendégek megtekintették a Zalaeger-szegi Közúti Építő Vállalat uszai aszfaltkeverőtelepét és annak laboratóriumát, ahol *Benke István* technológiai osztályvezető ismertette a telep munkáját.

A vendégek a látottakról elismeréssel nyilatkoztak és a tanulmányutat hasznosnak ítélték. A látogatások

műszaki részét Egyesületünk *Kőbányász Szakosztálya* szervezte és annak adminisztratív előkészítését az egyesület Titkársága végezte. A látogatás lebonyolításában és a tolmácsolásban *dr. Kertész Pál*, *Pallós Imre* és *dr. Reznák László* egyesületi tagok működtek közre.

A szakmai programon kívül a francia kőbányászok Budapest, Keszthely, Esztergom és a Dunakanyar nevezetességeivel ismerkedtek meg.

# Herendi litofán\* porcelánok

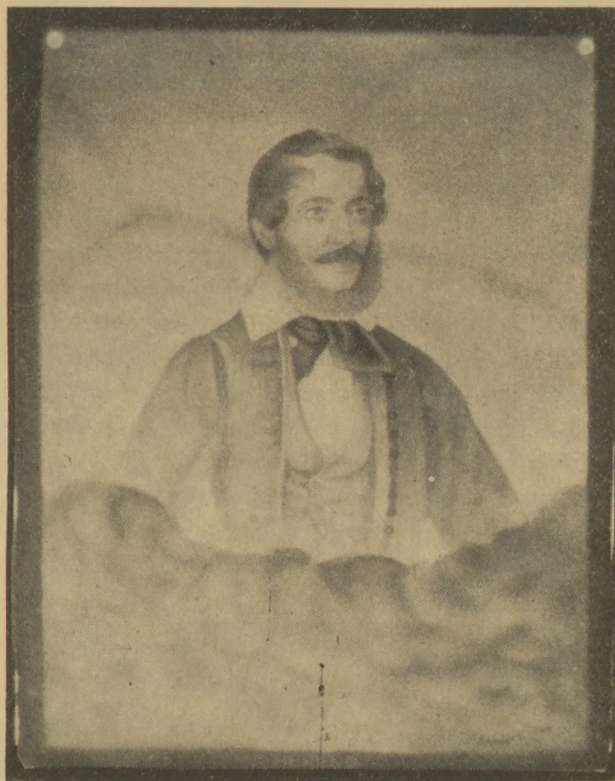
MOLNÁR LÁSZLÓ

Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest

A nagy múltú Herendi Porcelángyárban az utóbbi másfél évtizedben egész sora készült a kisebb-nagyobb litofán (átvilágító, transzparens) lapoknak. Korunk politikai és közéleti személyei, kiemelkedő tudósok, művészek arcképe került megörökítésre ebben a különleges műfajban. Ezekon kívül számos szerényebb zsánertéma is készült ezekben az években.

A legrégebb litofánok még Fischer Móric időszakában készülnek és az 1842-ben megrendezett első pesti Iparegyesületi Kiállításon kerülnek bemutatásra. A már az időben is kitűnő minőségű, gazdagon díszített edények és díszművek mellett nagy feltűnést keltenek a kisebb lapocskák. Az 1843-as tárlat Tárgy-Jegyzéke is megemlíti ezeket. A szabadságharc idején az Iparműtárban levő herendi porcelánok leltárában az átvilágító lapokon ábrázolt személyeket és témákat is felsorolták. Megtalálható közöttük: Kossuth (1. ábra), Széchenyi és Deák arcképe, valamint Dávid király, angyal, asztronómus és Krisztus születése kompozíciók. A későbbi évtizedekben, majd Farkasházy Jenő idején, a 20. sz. elején ugyancsak készítenek ilyenekből néhány darabot. A két világháború közötti időszakban a Herendi Porcelángyár Rt. működése alatt hitelt érdemlően mindössze két, témában sem jelentős darab készül. A gyár múzeumi gyűjteményében a korábbi, 19. századi lapokat megőrizték, és modelljeikről esetenként, többnyire kiállításra vagy ajándékozásra egy-egy példányt még ma is készítenek.

Az igen rövid történeti áttekintés után időrendben bemutatjuk ennek a különleges művészi



1. ábra. Kossuth Lajos portréja, 1848 k. készült lap 20. századi utánöntése

és technikai eljárásnak a legújabb eredményeit. A gyár történetének újabb korszakában – államosítás után – első alkalommal 1955-ben Garányi József keramikusművész készít rajztanulmánya alapján egy kompozíciót a porcelángyár belső, még a 19. századi műemlék jellegű épületek udvari látképéről (2. ábra). A sikeres kezdeményezés után egy évtizeddel később ismét folytatódik ez a különleges technikai eljárás és ez ideig tucatnyi különböző témájú litofán készült. Feltétlen örvendetes, hogy – amíg a 19. században készült lapok mestereit nem ismerjük, csupán az elő-

\* LITHOPHANIA; gör. „kő+áttetsző” szóból, vékony, általában festetlen biscuit porcelánból készült lapos relief. Fény felé tartva árnyékoltan áttetsző.



2. ábra. A régi gyár udvara, 1955. Garányi József műve



4. ábra. Festő leány, 1969. Horváth László műve

képek alkotóit, addig – az újabb átvilágító lapok létrehozásával a porcelángyár kitűnő felkészültségű művésze, Horváth László foglalkozik. A díszművek és korszerű művészi formaadású asztali edények tervezésével is nemzetközi elismerést kiérdemlő alkotó (Faenza 1973) első ilyen művét, *J. F. Kennedy* portréját 1965-ben készíti fotó előkép alapján (3. ábra). A fénykép fekete-fehér tónusváltozatainak átmeneteit először megfelelően átértékeli a művész a porcelán transzparensségének megfelelően. Ezt megelőzően, illetve ezzel együtt kerül a kompozíció kialakításra

a felirattal és évszámokkal egyetemben. Mindez együttesen kerül a kör alakú befoglaló keretbe. Ez a munkafolyamat a gipszben nagyon érzékeny, árnyalt mintázású negatív dombormű kialakítását jelenti. Ekkor azonban még egyáltalán nem bizonyos, hogy az előkép fekete-fehér tónusainak változásai a porcelán átvilágítása alkalmával jelentkeznék-e. Adják-e a kívánt tónusértékeket és a porcelánnak megfelelő anyagszerű művészi megjelenítést. A gipsz formáról készülő porcelán magas hőfokon való égetése után válik csak teljes kifejlődöttségében láthatóvá a kompozíció, ami egyúttal már egy új műalkotás létrejöttét is jelenti.



3. ábra. *J. F. Kennedy (1917 – 1963)*, 1965. Horváth László műve

Ez az első portré a művész számára még számos problémát vet fel az emberi arc jellegzetes vonásainak, karakterének porcelánanyagban történő megjelenítésével kapcsolatban, ezeket azonban a további alkotásokon már megoldottnak tekinthetjük.

Ezt az arcképet egészen más típusú témák követik. A sorozat első darabját, a *Hortobágyi csikóst* (1967) ugyancsak fotó előkép alapján mintázza meg. A *Korongos fiú* és *Festő leány* (1969) (4. ábra) kompozíciókhoz a művész előbb közvetlen környezetében, a gyári dolgozókról készít rajzi tanulmányokat, majd azok alapján fejleszti ki a végleges formát és a modelleket.

Ezek után ismételten a portrék irányába fordul, kutatja az emberi arc ábrázolásában rejlő, művészi eszközökkel kiaknázható jellemző vonások megjelenítésének lehetőségeit. Az újabb sorozatot *V. I. Lenin* arcképe nyitja meg 1973-ban,



5. ábra. A. Schweitzer (1875 – 1965), 1976. Horváth László műve

amelyet ugyancsak eredeti fotó előkép alapján mintáz. Korunk képzőművészetében Lenin ábrázolása olyan lehetőség a világ minden táján és

minden – a művészet céljaira alkalmas anyagban, ami az alkotások végtelen sorát eredményezi. A szobrok, festmények, grafikák és a megvalósításra felhasznált számtalan anyag után, most már a porcelán is alkalmasnak bizonyul arra, hogy litofán kép formájában a művészet e sajátos anyagával és technikai eszközével érzékeltesse korunk legkimagaslóbb személyének egyéniségét. Ezt a feladatot igen nagy körültekintéssel oldja meg a művész és gyarapítja általa nemcsak a művészetet, de a herendi porcelánok világhírét is. (V. I. Leninről 1949-ben készített Lőrincz István a herendi gyárban kisplasztikai modellt.)

A következő nem kevésbé bonyolult feladat Horváth László számára a világhírű gyógyító orvos és zenekutató esztéta, A. Schweitzer portréjának elkészítése (1976) (5. ábra). Ezt követte még abban az esztendőben a korabeli ábrázolások alapján megkomponált Stingl Vince – Fischer Mór kettős portré, amellyel a nagy múltú gyár létrejöttének másfél évszázados évfordulóját köszönti a művész. A két 19. századi személy, a keramikus kísérletező és a vállalkozó neve elválaszthatatlan a hazai művészi porcelán meg-



6. ábra. Stingl Vince – Fischer Mór, 1976. Horváth László műve



7. ábra. E. Presley (1923 – 1977), 1977. Horváth László műve

teremtésétől és a Herendi Porcelángyár világhírétől. Ezért is érdemel figyelmet ez az átvilágító lap, mert amikor a bonyolult porcelán technikai folyamatot és a művészi tevékenységet értékeljük, egyben a manufaktúratörténet emlékeit, az élő hagyományokat is gyarapítjuk (6. ábra).

A következő esztendőben (1977) ismételen korabeli eredeti metszethez nyúl, amikor a világhírű komponista L. v. Beethoven portróját készíti el. A technikai gyakorlat, amit az első lapoknál kezd elsajátítani, ennél a művénél már nemcsak tökéletesnek nevezhető, hanem a lehelletnyi finomságok érzékeltetéséig is eljut az emberi arc ábrázolásában. — Ezt a portrét ismét egy figurális kompozíció követi, a *Szarvasbikák harca*, ugyancsak fotó előkép alapján. A képzőművészetben is előforduló téma litofánra való feldolgozása azonban nem hasonlítható össze az önálló portrék magas szintjével. Az ilyen műfajú kompozíciók az eddigi eredményes tapasztalatok szerint még számos egyéb, megoldásra váró problémát rejtenek magukban, mind a művészi forma, mind a technika területén.

Az elmúlt esztendőben — ismét csak fénykép alapján — készülhet el az akkor elhunyt E.

Presley portréja, amellyel ismételen előbbre jut a műfaj fejlesztésében (7. ábra). A különleges egyéniségű Presley karrierje és tevékenysége sok száz millió zenerajongót ejtett varázsa. Porcelán átvilágító lapon való ábrázolása is hódolat népszerűségének, a művész ezzel állít emléket a világhírű előadóművészeknek.

Az elmúlt évtizedekben készült litofánok egy porcelántörténeti technikai hagyománynak nemcsak folytatásai, de eredményes felújításai is. Természetesen valamennyi szerves részét képezi a Herendi Porcelángyár másfél évszázada elkezdődött széles körű művészeti tevékenységének. Lényegesnek tekintjük ezen megállapításunkat tovább bővíteni különösen a művészeti vonal tekintetében annál is inkább, mert a porcelán ilyen irányú alkalmazása a litofán porcelán európai felfedezése utáni évtizedekben, de még a 19. sz. elején is, bár szerény, de feltétlen említésre méltó helyet vív ki a plasztikák és asztali edények mellett. Az átvilágító képek művészettörténeti elismerése és értékelése a nemzetközi szakirodalomban sajnálatos módon a megkívántnál is szerényebb helyet foglal el. A korai időszakban a lámpák fényvetőjeként alkalmazott lapok az elektromosság, a világítástechnika fejlődésével átadják helyüket más anyagoknak. Eredeti rendeltetésüket elveszítve, inkább a különleges porcelán alkotások csoportjába kerülnek. Fejlődésük irányában nem követhetik a plasztikák és az edények stílusformáit, a két és fél évszázados történetben végbement változásokat.

E rövid áttekintésből is egyértelműen megállapítható, hogy az előbbi nagy és feltétlen jelentős műfaji csoportok fejlődése sem egyenletes és körünkben ugyanúgy mint a korábbi századokban, számos stílári problémával küzdenek az alkotók. — A Herendi Porcelángyár legújabb törekvései között azért is üdvözljük a litofánokkal való aktív foglalkozást — amely nemcsak a hazai porcelánművészet további fejlődésének lehet eredményes része —, mert az a nagy múltú manufaktúra folyamatos nemzetközi elismerését is előmozdítja. Ez a körünkben és Európában feltétlen egyedülének tekinthető technikai eljárás utat mutathat a litofánművészet további fejlődésének irányába is.

# Hírek az iparból

## Kemencefelújítás a Salgótarjáni Síküveggyárban

Szeptember 20. nagy munka kezdetét jelentette a Salgótarjáni Síküveggyárban: ezen a napon kezdték meg a négy éve üzemelő Zagyva II. húzóüzem felújítását. A három síküveggyártó gép leállítása után a több mint 682 tonna üvegvadékok látványos lecsapódása indult meg a kemence kádjából. A kemence nagyjavítása megközelítően három hónapos termelés kieséssel jár. A kemence lehűtése és bontása után a tényleges felújítás október 3-án

kezdődik és az ütemezés szerint 52 napot vesz igénybe. A kemence átépítési és a vasszerkezet szerelési munkáinak befejezési időpontja november 23. Ezután a kemence üveggel való feltöltése, fokozatos felfűtése és teleolvasztása mintegy 19 napot jelent. Az ütemezés szerint a húzógépek beindítása december közepén történik és napi átlagban 75 tonna üvegvadékokat húznak majd síküveggé.

A bontásnál csak a kemencefenék és a kidolgozó rész felépítménye marad meg. A felújítás során több mint ezer köbméter felületbe 2 284 tonna, korszerű tűzállóanyag beépítését kell elvégezni. A tűzálló anyagnak mintegy 80%-a nyugatnémet és osztrák import. Az átépítésnél lényegesebb változást jelent, hogy az eddigi öt égőpár helyett négy lesz. Ezeket

Körting tüzelési rendszerre alakítják. Ennek megfelelően a gázvezeték rendszer, valamint a víz és a levegő vezetékek korszerűsítésére is sor kerül. Az olvasztó és a kidolgozó rész között úgynevezett szűkítést alakítanak ki. A felújításhoz szükséges összes műszaki tervdokumentációt a gyár műszaki osztálya készítette.

Az átépítés két műszakban történik. A bontáshoz 188 fős létszámot — műszakonként 47 főt — irányoztak elő a leálló és a kiszolgáló üzemek dolgozóiból. A kemence átépítését 70 kőműves és 70 segédmunkás végzi. Az üvegipari együttműködés keretében a síküveggyári kőművesek mellett a tokodi, a sajoszentpéteri és a salgótarjáni öblösüveggyár kemence-kőművesei dolgoznak. A vasipari és a többi szerelési munkákat közel 130 szakmunkás végzi. Tehát mintegy 500 ember közel három havi munkája szükséges ahhoz, hogy a Salgótarjáni Síküveggyár Zagyva II. kemencéje megújulva újra üveget adjon az ország építkezéseire.

## Lapszemle

**WORLD CEMENT TECHNOLOGY,**  
London, 1977. 3. sz.

Jackson, P. J.: *Az Aberthaw-i cementgyár új technológiai vonala.* 86—89. old.

Az 1972-ben kezdődött bővítés során egy új, 1300 t/nap kapacitású,

**HUMBOLDT-WEDAG** típusú négyfokozatú lebegtető hőcserélővel ellátott,  $\varnothing 4,2 \times 65$  m-es kemencét helyeztek üzembe. A feltapadás megelőzésére a nyersanyagot nagy finomságúra (4900-as szitamaradék 2,5% alatt) őrlik egy  $\varnothing 4,8 \times 10,15$  m-es, 140 t/ó teljesítményű egy-

kamrás malomban, melyben a 4% nedvességtől anyagot kemence füstgázokkal szárítják. A kemence 10 db bolygóhűtővel van felszerelve. 1975. áprilisa óta a kemence átlagos napi teljesítménye 1210 t, fajlagos hőfelhasználása pedig 860 kcal/kg volt.

*A szerkesztésért felel:*

Dr. Székely Ádám

*Szerkesztőség:*

1368 Budapest VI., Anker köz 1—3.

Telefon: 226—497

*Felelős kiadó:*

Siklósi Norbert

*Kiadja:*

Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest VII., Lenin krt. 9—11.

Telefon: 221—285. Levélcím: 1906. Postafiók 223.

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI 1900 Budapest, V., József nádor tér 1.) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 25—96162 pénzforgalmi jelzőszámára. — A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra” P.O.B. 140. Budapest 62. Előfizetési díj: negyedévre 22,50 Ft, félévre 45,— Ft, egyes szám ára 7,50 Ft.

Megjelenik havonként

79/5648. Franklin Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Vágó Sándorné Igazgató

Index: 25250

HU ISSN 0013—970 X

