

302935 1



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**9**

XXXVIII. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1986. SZEPTEMBER  
ÉPÍTŐANYAG 38 (9) 257—288 (1986)

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

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Balázs György

Dr. Bálint Pál

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Iffy László

Dr. Jilek József

Dr. Kacsalova Lídia

Dr. Kertész Pál

Dr. Kovács Róbert

Dr. Kunvári Árpád

Lenkei György

Dr. Mátrai József

Dr. Mihócs Ferenc

Dr. Opoczky Ludmilla

Riesz Lajos

Sápi Lajos

Serédi Béla

Szetmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Trefil István

Dr. Träger Tamás

Wilwerger Ferenc

A rajzokat készítette  
Loósz Józsefné

## TARTALOM

<i>Mrákovicsné Török Katalin – Verdes Sándor:</i> Órlési problémák nagyszilárdságú cementek előállításánál .....	257
<i>Hilger Miklós – Kolostori János:</i> Körfolyamatos, golyós cementmalmok eljárás technikai vizsgálata, optimális töltet beállításának néhány kérdése .....	262
<i>Gálos Miklós – Kürti István:</i> Építési kőanyagok egyirányú nyomószilárdságának minősítő jellege .....	268
<i>Jankó András:</i> Cementnyersliszt ásványai bomlásának vizsgálata Dopol lebegtető hőcserélőben röntgendiffrakcióval és termoanalízissel .....	276
<i>Thormählen:</i> Peter Szemcsés anyagok osztályozása Mogensen berendezésekkel .....	279
<i>Kápolnai Iván:</i> Kerámia burkolólapok termelése és felhasználása néhány országban .....	285
A világ szilikátiparából .....	267, 275, 278, 284
Kitüntetettjeink .....	261

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Мраковичне, Т. К. — Вердеи, Ш.:</i> Проблемы измельчения при изготовлении высокопрочных цементов .....	257
<i>Хильгер, М.—Колоштори, Я.:</i> Испытание техники процесса измельчения цементных шаровых мельниц замкнутого цикла; некоторые вопросы оптимизирования мелющей загрузки .....	262
<i>Галос, М.—Курти, И.:</i> Прочность при сжатии в одном направлении, как критериум качественной оценки строительных каменных материалов .....	268
<i>Янко, А.:</i> Исследование термического разложения минералов цементной цырьевой муки в циклонном теплообменнике Дополь с помощью рентгенографического и термического анализов .....	276
<i>Тормэйлен, П.:</i> Классификация зернистых материалов на оборудовании Могенсен .....	279
<i>Каполнаи, И.:</i> Производство и применения керамических облицовочных плит в некоторых странах .....	285

## INHALT

<i>Török, Katalin (Frau Mrákovics):</i> Mahlprobleme in der Herstellung von hochfesten Zementen .....	257
<i>Hilger, Miklós – Kolostori, János:</i> Verfahrenstechnische Prüfung von Kreislauf-Kugelmühlen, einige Probleme der Einstellung der optimalen Füllung .....	262
<i>Gálos, Miklós – Kürti, István:</i> Die einaxiale Druckfestigkeit, als Parameter der Qualitätsprüfung von Bausteine. ....	268
<i>Jankó, András:</i> Untersuchung der Zersetzung der Minerale des Zementrohmehl in Dopol Schwebegaswärmeaustauscher durch Röntgendiffraktion und Thermoanalyse .....	276
<i>Thormählen, Peter:</i> Klassifikation von Kornmaterialien mit der Hilfe der Mogensen-Einrichtung .....	279
<i>Kápolnai, Iván:</i> Herstellung und Anwendung keramischer Verkleidungsplatten in den verschiedenen Ländern .....	285

## CONTENTS

<i>Török, Katalin (Mrs. Mrákovics):</i> Grinding problems in the Manufacture of High-Strength Cements .....	257
<i>Hilger, Miklós – Kolostori, János:</i> Process Engineering Examination of Closed Circuit Cement Ball Mills, the Question of Optimum Filling .....	262
<i>Gálos, Miklós – Kürti, István:</i> Quality Assurance Characteristics of Uniaxial Compressive Strength of Building Rocks .....	268
<i>Jankó, András:</i> Decomposition of Cement Raw Meal Minerals in a Suspension Preheater by X-ray Diffraction and Differential Thermal Analysis .....	276
<i>Thormählen, Peter:</i> Classification of granular materials using Mogensen equipment ..	279
<i>Kápolnai, Iván:</i> Production and Application of Ceramic Wall Tiles in some Countries .....	286

## Őrlési problémák nagyszilárdságú cementek előállításánál

MRÁKOVICSNÉ TÖRÖK KATALIN — VERDES SÁNDOR

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

### Bevezetés

Az építőipar fejlődése megkívánja a nagyszilárdságú (550 pc. minőségű) cementek előállítását. A nagy szilárdság biztosításának közismerten alapvető feltételei: a klinker, ill. cement megfelelő ásványi összetétele és őrlési finomsága (szemcseméret-eloszlása).

Kutatásaink célja annak vizsgálata volt, hogy az 550 pc. a váci, ill. beremendi cementgyárak által üzemszerűen gyártott klinkerből előállítható-e, ha igen, hogyan alakulnak e cementfajta előállításánál az őrléstechnológiai paraméterek.

Ezen kérdések tisztázására laboratóriumi és üzemi kísérleteket végeztünk a váci és beremendi cementgyárban, ill. e gyárak klinkereivel. Az üzemi körülmények között előállított cementekkel betonvizsgálatokat is végeztünk. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk az elvégzett kísérletek fontosabb eredményeit.

### Laboratóriumi vizsgálatok

A laboratóriumi vizsgálatoknál felhasznált klinkerminták modulusait és számított ásványi összetételét az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A váci klinker a telítési tényező (0,928), a  $C_3S$  (60,75%) és  $C_3A$  (12,16%) tartalom alapján kedvezőnek látszik az 550 pc gyártásához.

A beremendi gyárból két ízben kértünk klinkermintát. Ezek összetétele egymáshoz igen hasonló, a telítési tényező, a  $C_3S$  és  $C_3A$  tartalom azonban a váci mintáénál kisebb ( $TT = 0,882-0,886$ ,  $C_3S = 53,16-54,78\%$ ,  $C_3A = 10,56-9,39\%$ ).

A klinkerek őrlhetőségét Zeisel-módszerrel határoztuk meg (1. ábra). A vizsgálati eredményekre ( $E-S$  adatpárok) elvégeztük az  $E = ae^{bs}$  függvény illesztését is ( $a$  kWh/Mg és  $b$  g/m<sup>2</sup> állandók).

A függvény alapján különböző  $S$  fajlagos felület értékekhez (150, 250, 400 m<sup>2</sup>/kg) kiszámítottuk az  $E$  fajlagos energiafogyasztást. Az ábra, ill. a számított értékek alapján megállapítható, hogy a beremendi klinker nehezebben őrlődik, különösen a finomórlés szakaszában, ami az ásványi összetétellel függ össze.

A MICROMERITICS 90 típusú higanypenetrációs poroziméterrel végzett vizsgálatok szerint (2. táblázat) a váci klinkerre a nagy porozitás, ill. pórustérfogat a jellemző, melyen belül az 1,0–10,0  $\mu\text{m}$  közötti pórustartomány a meghatározó. A klinker jelentős mennyiségű 10  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb pórust is tartalmaz, ugyanakkor az 1,0  $\mu\text{m}$ -nél kisebb pórusok gyakorlatilag hiányoznak. A beremendi klinkerek porozitása, ill. pórustérfogata lényegesen kisebb. Ezen belül a

1. táblázat

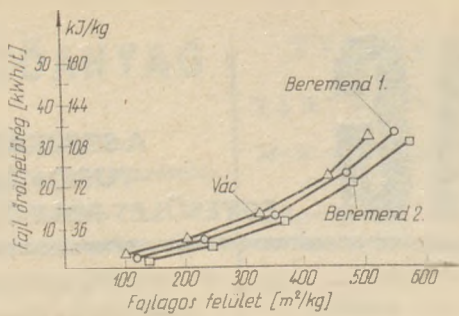
A laboratóriumi kísérletekhez felhasznált klinkerek modulusai és ásványi összetétele

	Váci klinker	Beremendi klinker	
		1. minta	2. minta
SM	2,02	2,29	2,69
AM	2,01	1,73	1,90
TT	0,928	0,882	0,886
$C_3S$ %	60,75	53,16	54,78
$C_2S$ %	12,59	22,10	21,42
$C_3A$ %	12,16	10,56	9,39
$C_4AF$ %	10,16	10,03	8,52
Sűrűség [kg/m <sup>3</sup> ]	3150	3110	3160

2. táblázat

Klinkerek porozitása, ill. póruseloszlása

	Váci klinker	Beremendi klinker	
		1. minta	2. minta
Összes pórustérfogat $V_p$ , cm <sup>3</sup> /g	0,2848	0,2054	0,1429
$V_p$ megoszlás méret-tartományok szerint, %			
< 0,01 $\mu\text{m}$	∅	23	26
0,01 – 0,1 $\mu\text{m}$	∅	9	6
0,1 – 1,0 $\mu\text{m}$	3	1	∅
1,0 – 10,0 $\mu\text{m}$	65	3	6
> 10,0 $\mu\text{m}$	32	64	62
Össz. porozitás, p, %	47,32	38,98	31,14



$$E = ae^{bt}$$

$a$  [kWh/Mg]

$b$  [g/m<sup>3</sup>]

	Vác	Beremend 1.	Beremend 2.
$E(150)$	3,51	3,96	4,00
$E(250)$	6,02	6,68	7,37
$E(400)$	13,52	15,73	18,42

1. ábra. Klinkerek Zeisel-féle őrlhetőségi vizsgálata.

3. táblázat

Laboratóriumi őrlemények fontosabb jellemzői

Malomfordulat	Fajl. felület m <sup>2</sup> /kg	Egyenletességi tényező n	Finomsági mérőszám $\bar{x}$ $\mu$ m	3-30 $\mu$ m frakció %
		Váci klinker		
6 000	318	1,036	24	63
11 000	395	1,028	17	73
23 000	459	0,953	16	66
		Beremendi klinker		
1. minta				
8 000	298	1,068	22	66
18 000	394	0,902	12	64
37 000	489	0,876	10	63
2. minta				
9 500	407	0,965	18	64

Laboratóriumi malomban előállított cementek szilárdsági vizsgálatai

Malomfordulat	Fajl. felület m <sup>2</sup> /kg	NYOMÓSZILÁRDSÁG MPa			HAJLÍTÓ SZILÁRDSÁG		
		3 nap	7 nap	28 nap	3 nap	7 nap	28 nap
		Váci klinker					
6 000	318	23,2	38,1	52,4	4,65	6,31	7,03
11 000	395	30,8	41,5	58,2	5,54	6,82	7,68
23 000	459	32,6	49,0	62,2	5,86	6,94	7,78
		Beremendi 1. klinkerminta					
8 000	298	27,8	36,8	47,5	5,34	6,75	7,47
18 000	394	32,5	38,5	52,3	5,70	6,97	8,65
37 000	489	35,4	42,9	54,4	6,50	6,94	8,88
		Beremendi 2. klinkerminta					
9 500	407	26,6	38,5	56,8	5,28	6,49	8,40
MSZ 4702 előírás 550 pc-re		24,5	39,2	54,0	3,90	5,90	7,40

4. táblázat

10  $\mu$ m-nél nagyobb pórusok mennyisége a meghatározó, a közepes méretű (0,1-10  $\mu$ m) pórusok mennyisége elenyésző.

A két gyár klinkere közötti őrlhetőségi különbség az ásványi összetétel mellett az eltérő pórusszerkezettel is összefüggésbe hozható.

A laboratóriumi őrlési kísérletek során a Bond-féle malomban (305×305 mm, 70/perc, 20 kg vegyes méretű golyó) különböző finomságú klinkerőrleményeket állítottunk elő. Mértük az adott finomság eléréséhez szükséges malomfordulatok számát, mely egyben az őrlésre fordított munka (energia) jelzőszáma is. Vizsgáltuk az előállított őrlemények fajlagos felületét (Blaine-szám), valamint szemcseméret-eloszlását (lézer granulométerrel). A szemcseméret-eloszlás mért értékeit számítógépes programmal dolgoztuk fel. A malomfordulatok száma, valamint a fontosabb finomsági jellemzők összetartozó értékeit a 3. táblázatban foglaltuk össze.

A váci és beremendi klinkerek összehasonlítása során a következőket állapítottuk meg:

A beremendi klinker finomodási folyamata kedvezőtlenebb, mint a vácié. Egyrészt azonos fajlagos felület mellett a szemcseméret-eloszlás a beremendi klinkernél kedvezőtlenebb. Ez utóbbi a klinker aggregációra, ill. agglomerációra való hajlamával függ össze, ami az 550 pc. nagy finomsági igényénél nagymértékben jelentkezik. E tulajdonság a nagy C<sub>2</sub>S és C<sub>4</sub>AF tartalommal hozható összefüggésbe.

A Bond-malomban előállított klinkerőrleményekhez 5% gipszkövet kevertünk, s az így kapott cementeket szabványos szilárdsági vizsgálatnak vetettük alá. (4. táblázat).

Látható, hogy a váci klinkerből előállított cement kb. 400 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felület (n = 1,028;  $\bar{x}$  = 17  $\mu$ m) mellett teljesíti az 550 pc. szabványelőírásait. A beremendi klinkerből készült cement csak 489 m<sup>2</sup>/kg fajlagos felületnél teljesítette az előírásokat minden korosztályban (400 m<sup>2</sup>/kg-nál nem minden korosztályban). Ennek oka a beremendi klinker már említett ásványi összetétele, ill. szórt szemcseméret-eloszlása.

Üzemi kísérletek

A laboratóriumi kísérletek eredményeinek igazolása, ill. üzemi mérethez való átvitele céljából a váci gyárban két alkalommal, Beremenden egy alkalommal végeztünk üzemi kísérleteket.

A váci gyárban először az I., II. és III. sz., másodszor az I. és III. malommal végeztük kísérleteinket.

A váci gyár I. és II. malma az eredeti Doppelrotator rendszerű. A III. malmot korábban végkiömlésükre alakították át és belga őrlőtestekkel és páncélzattal látták el. A malom és osztályozó méretek mindkét rendszernél azonosak:

malom főmérete  $\varnothing 3,0 \times 12,0$  m  
 osztályozók átmérője 4,5 m  
 ciklonok átmérője 2,5 m  
 névleges teljesítmény 360 m<sup>2</sup>/kg-nál 30 t/h

A beremendi III. malom hasonlóan a váci III. malomhoz végkiömlésű, azzal az eltéréssel, hogy itt nincsenek ciklonok. Jellemző adatai:

malom főmérete  $\varnothing 4,0 \times 12,0$  m  
 osztályozók átmérője 5,6 m  
 statikus daraleválasztó átm. 3,6 m  
 névleges teljesítmény 380 m<sup>2</sup>/kg-nál 50 t/h

Az 550 pc. szilárdsági előírásainak teljesítéséhez szükséges nagyobb őrlési finomságot az üzemi kísérletek során egyrészt az osztályozók fordulatszámának növelésével, másrészt a malomteljesítmény csökkentésével próbáltuk megközelíteni, ami az üzemi lehetőségtől függően kisebb-nagyobb mértékben sikerült is, bár igen sok nehézség árán, amit itt nem kívánunk részletezni.

Az üzemi kísérletek során előállított cementek fontosabb finomsági jellemzőit az 5. táblázatban foglaltuk össze.

Üzemi kísérletek során vett cementminták fontosabb finomsági jellemzői

Minta jele	Fajl. felület m <sup>2</sup> /kg	Egyenletességi tényező n	Finomsági mérőszám x μm	3 - 30 μm frakció %
Vác I. kísérlet				
<i>450 Rpc.</i>				
DCM I. malom	361	0,952	22	55
II. malom	298	0,924	24	51
III. malom	370	0,956	20	60
I - III. malom	329	0,951	23	56
<i>550 pc.</i>				
DCM I. malom	419	0,866	19	56
II. malom	423	0,877	21	55
III. malom	482	0,870	15	60
I - III. malom	436	0,877	20	57
Vác II. kísérlet				
<i>550 pc.</i>				
DCM				
I - III. malom	378	0,921	18	60
Beremend				
BCM				
III. malom	365	0,977	20	63

Látható, hogy az I. váci kísérletnél az üzem által folyamatosan termelt 450 R cementhez képest a fajlagos felület kb. 100 m<sup>2</sup>/kg-mal nőtt, x kb. 3 μm-rel csökkent, n értékének csökkenése azonban az aggregáció megindulására utal. A II. kísérletnél, amely valamivel hosszabb időtartamú volt, a fajlagos felület kisebb, de a szemszerkezeti jellemzők kedvezőbbek

6. táblázat

Üzemi kísérletek során előállított cementek szilárdsága

Minta jele	Fajl. felület m <sup>2</sup> /kg	NYOMÓSZILÁRDSÁG MPa			HAJLÍTÓSZILÁRDSÁG		
		3 nap	7 nap	28 nap	3 nap	7 nap	28 nap
Vác I. kísérlet							
<i>450 Rpc.</i>							
DCM							
I. malom	361	15,6	24,8	39,7	3,26	5,01	6,93
II. malom	298	22,3	36,1	51,6	4,41	5,82	7,57
III. malom	370	21,8	33,0	55,1	4,51	6,28	7,88
I - III. malom	329	20,0	34,5	51,9	4,30	5,93	7,82
<i>550 pc.</i>							
DCM							
I. malom	419	32,8	49,7	58,2	5,61	7,67	8,82
II. malom	423	27,0	46,5	57,4	4,36	6,18	7,73
III. malom	482	36,9	55,2	62,1	6,33	8,01	8,33
I - III. malom	436	33,0	49,3	60,3	5,82	7,51	8,38
Vác II. kísérlet							
<i>550 pc.</i>							
DCM							
I - III. malom	378	28,1	44,8	57,4	4,99	6,50	7,43
Beremend							
BCM							
III. malom	365	35,0	47,8	52,6	6,47	8,43	8,71
MSZ 4702 előírás							
550 pc-re		24,5	39,2	54,0	3,90	5,90	7,40

TEA hatása az őrlési folyamatra, ill. az őrlemény fontosabb jellemzőire

Malomfordulat	Fajl. felület m <sup>2</sup> /kg	Egyenletességi tényező n	Finomsági mérőszám x μm	3–30 μm frakció %
<i>TEA nélkül</i>				
6 800	298	0,935	20	55
13 000	400	0,875	15	60
22 000	497	0,818	12	62
<i>0,05% TEA-val</i>				
8 500	394	0,955	14	65
14 500	500	0,953	10	68

voltak. A beremendi kísérletnél az előírányzott fajlagos felület értéket nem sikerült elérni,  $\bar{x}$  értéke is nagyobb a kívántnál, ugyanakkor a szemcseméret-eloszlás igen kedvező (egyenletes).

Ami a kérdés energetikai oldalát illeti elmondható, hogy a névleges teljesítményhez képest a váci gyárban 7,5%-os csökkenés volt tapasztalható. A villamos energiafogyasztás emelkedése ezeket az értékeket meghaladta.

Érdekes eredménynek tekinthető, hogy a váci kísérlet során képet kaptunk az egyes malmok eltérő működéséről is. E szerint a végkiömlésűre átalakított, belga golyókkal és páncézzal ellátott III. cement malom adja a legkedvezőbb finomsági, ill. szemcseméret-eloszlási jellemzőkkel rendelkező cementet (nemcsak a kísérlet, hanem a 450 R üzemszerű gyártása során is).

A kísérletek értékelésének alapvető módja az előállított kísérleti cementek szilárdsági jellemzőinek vizsgálata. A szabványos cement (habarcs) vizsgálatok eredményeit a 6. táblázat tartalmazza.

Látható, hogy a váci I. kísérlet anyagai minden malomnál jól teljesítik az 550 pc. előírásait. Itt is

kitűnik a III. malom terméke. A II. kísérletnél a kisebb finomság ellenére is sikerült a szabványelőírásokat teljesíteni (bár kisebb biztonsággal), ami a kedvezőbb szemcseméret-eloszlással magyarázható. A beremendi kísérlet során előállított cement 3 és 7 napos korban igen jó szilárdsággal rendelkezik, 28 napos szilárdsága azonban mintegy 3%-kal elmarad a szabványelőírástól. Ez a kedvezőtlen ásványi összetételnek ( $C_3S = 46,85\%$ ;  $C_2S = 24,77\%$ ) és a tervezettnél kisebb őrlésfinomságnak ( $365 \text{ m}^2/\text{g}$ ,  $\bar{x} = 20 \mu\text{m}$ ) tulajdonítható. Ugyanakkor a viszonylag mégis jó eredmények az egyenletes szemszerkezetnek ( $n = 0,977$ ) köszönhetőek.

A kísérleti cementekkel komplett betonvizsgálatokat végeztünk. Ezek során I. osztályú adalékanyaggal, 3 féle betonösszetétellel, kissé képlékeny betonkonzisztenciával dolgoztunk, továbbá természetes érlelést és kétféle program szerinti gőzölést alkalmaztunk. A vizsgálatok eredményei szerint a váci és beremendi üzemekben előállított kísérleti cementekből 300, ill. 350 kg/m<sup>3</sup> cementadagolással a B 50 minőségű beton nagy biztonsággal előállítható.

A két cement hatékonyság (1 kg cementre vetített 28 napos nyomószilárdság), valamint gőzölhetőség szempontjából gyakorlatilag egyenértékű, ill. jó minőségűnek jellemezhető.

A kísérleti eredményeket és tapasztalatokat együttesen értékelve, s figyelembevéve a beremendi gyár korszerűbb technológiai adottságait is, az 550 pc. gyártását a vizsgált két gyár közül Beremenden látnánk célszerűbbnek megvalósítani. Ennek érdekében szükségesnek tartjuk a klinker ásványi összetételének kismértékű módosítását úgy, hogy a  $C_3S$  tartalom legalább 50%, a  $C_3A$  pedig 10–11% legyen.

A fajlagos felületet célszerű lenne 400 m<sup>2</sup>/kg-ra beállítani.

Az 550 pc. gyártás gazdaságossága, s a cementminőség biztonsága növelése érdekében célszerűnek látjuk kis mennyiségű (0,05–0,1%) trietanol-amin (TEA) adagolását. Ennek alátámasztására bemutatjuk a laboratóriumi malomban (Bond) beremendi klinkerrel végzett kísérletek eredményeit. A 7. táblázatban a TEA őrlésre gyakorolt hatását, a 8. táblázatban

8. táblázat

TEA-val készült cementőrlemények szilárdsága

Malomfordulat	Fajl. felület m <sup>2</sup> /kg	NYOMÓSZILÁRDSÁG MPa			HAJLÍTÓSZILÁRDSÁG		
		3 nap	7 nap	28 nap	3 nap	7 nap	28 nap
<i>Őrlés TEA nélkül</i>							
6 800	298	25,6	32,1	44,1	4,51	5,59	7,31
13 000	400	28,0	38,6	43,6	5,74	6,87	8,25
22 000	497	31,0	40,0	49,0	5,90	7,17	7,68
<i>Őrlés 0,05% TEA-val</i>							
8 500	394	33,6	45,2	52,6	6,28	7,03	7,87
14 500	500	37,8	44,6	59,0	7,02	7,11	8,37
MSZ 4702 előírás 550 pc-re		24,5	39,2	54,0	3,90	5,90	7,40

Vázlatban pedig a TEA nélkül és TEA-val készült cementek szilárdsági eredményeit foglaltuk össze. Az adatokból látható, hogy azonos fajlagos felület eléréséhez TEA adagolásakor mintegy 35%-kal kisebb munkaráfordítás (fordulat) szükséges. Ugyanakkor a szemcseméret-eloszlás sokkal kedvezőbb, aggregáció még kb. 500 m<sup>2</sup>/g fajlagos felületnél sem tapasztalható. A TEA előnyös hatása, ill. a szemcseméret-eloszlás kedvező alakulása a szilárdsági eredményekben is megnyilvánul.

*Mrákovicsné Török Katalin – Verdes Sándor: Örlési problémák nagyszilárdságú cementek előállításánál.*

Kutatásaink célja annak vizsgálata volt, hogy az 550 pc. a váci, ill. beremendi cementgyárak által üzemszerűen gyártott klinkerből előállítható-e, s ha igen, hogyan alakulnak e cementfajta előállításánál az örléstechnológiai paraméterek. Ezen kérdések tisztázására laboratóriumi üzemi kísérleteket végeztünk a váci és beremendi cementgyárban, ill. e gyárak klinkereivel. Az üzemi körülmények között előállított cementekkel habarcs és betonvizsgálatokat végeztünk.

*Мраковиче, Т.К. – Вердеи, Ш.: Проблемы измельчения при изготовлении высокопрочных цементов*

Целью исследований было определение возможностей производства цемента марки 550 из клинкеров заводского производства (на заводе Вац и Беременд), а также

определение технологических параметров измельчения при производстве этих цементов. Для этого были проведены лабораторные и заводские испытания. Полученные в заводских условиях цементы были испытаны в растворе и бетоне.

*Török, Katalin (Frau Mrákovics): Mahlprobleme in der Herstellung von hochfesten Zementen*

Die Zielsetzung unserer Forschungen war die Prüfung der Herstellungsmöglichkeiten des Portlandzementes 550 aus dem in den Zementwerke Vác und Beremend fabrikmässig produzierten Klinker, ferner die Prüfung der Entwicklung der mahltechnologischen Parameter während der Herstellung dieser Zementart. Um diese Probleme klarzustellen, wurden Laboratorium- und Betriebsuntersuchungen mit Klinkern in den Zementwerke Vác und Beremend durchgeführt. Mit den unter Betriebsbedingungen hergestellten Zementen wurden Mörtel- und Betonprüfungen durchgeführt.

*Török, Katalin (Mrs. Mrákovics): Grinding Problems in the Manufacture of High-Strength Cements*

The aim of this study was to produce 550-pc (Portland cement of 55MPa 28-day strength) from clinkers manufactured regularly in the Vác and Beremend cement factories. Examinations using different grinding parameters were made in laboratory and in the factories. Mortar and concrete tests were made with the cements.

## Kitüntetettjeink

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter

az 1985. évi szocialista munkaversenyben „Kiváló Vállalat” címet nyert vállalatok dolgozói közül

- Bulyovszky Dezső,* az Üvegipari Művek Salgótarjáni Síkúveggyár vállalkozási főmérnöke,  
*Csaba Árpád,* az Alföldi Porcelángyár gazdasági vezérigazgatóhelyettese,  
*Galántai László,* az Épületkerámiaipari Vállalat TMK üzemvezetője,  
*Jávor Zoltán,* az Üvegipari Művek Sajószentpéteri Üveggyár osztályvezetője,  
*Kovács József,* az Épületkerámiaipari Vállalat gyári főmérnöke,  
*Dr. Kunvári Árpád,* a Szilikátipari Központi Kutató-és Tervező Intézet tudományos osztályvezetője,  
*Lang Róbert,* az Üvegipari Művek Nagykanizsai Üveggyár üzemvezetője,

- Palicska Mihályné,* a Herendi Porcelángyár üzemvezetője,  
*Rabb Éva,* a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet osztályvezetője,  
*Winkler László,* a Herendi Porcelángyár osztályvezetője,

A „Római Cserépgyár” kivitelezésén végzett kiemelkedő munkája elismeréseként

*Sobor Ede,* az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium főelőadója részére

### KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetést adományozott.

A kitüntetés alkalmával további sok sikert és jó egészséget kíván a

Szilikátipari Tudományos Egyesület  
 Vezetősége

# Körfolyamatos, golyós cementmalmok eljárástechnikai vizsgálata, optimális töltet beállításának néhány kérdése

HILGER MIKLÓS\* — KOLOSTORI JÁNOS\*\*

\*Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

\*\*Cement- és Mészművek, Vác

A körfolyamatos golyósmalmoknál a malom-szélosztályozó rendszer összetett, pozitívan visszacsatolt rendszerként fogható fel, amely a tömegáramok örölhetőségváltozása, az aprítás technológiai feltételeinek ill. az anyagszállítási folyamatok jellemzőinek változása miatt eltérő statikus és dinamikus tulajdonságokat mutat.

Ennek megfelelően körfolyamatos golyósmalmok eljárástechnikai optimalizálásánál nem elég az optimális üzemállapotot pl. egy átlagos örölhetőségű anyagra egyszer beállítani, hanem azt elég gyakran ellenőrizni is kell, mivel a munkapont a nyersanyagkeverék örölhetőségváltozása, az őrlőgolyók és a pánccélzat kopása, a zsákos porszűrők eltömődése stb. miatt eltolódik.

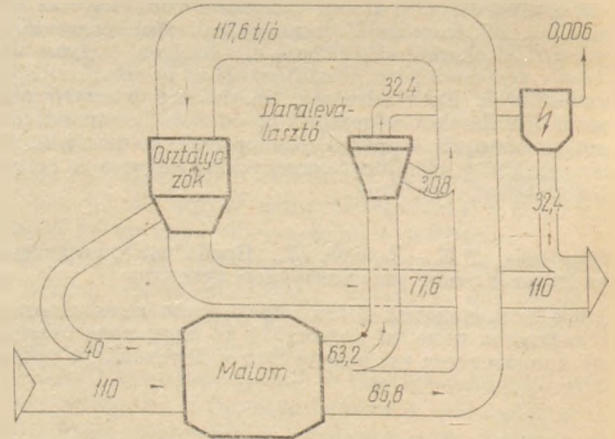
## 1. Anyagáramok meghatározása

A rendszer állandósult állapotbeli működésének jellemzéséhez szükség van a megfelelő anyag- és gázáramok meghatározására. (1) (2) (3) (4).

A főbb anyagáramok meghatározására a cementiparban, a korszerű mérlegek mellett, a kvázistacionárius állapotban az egyes főbb anyagáramok mintavételezésére, a vett minták szitalására, fajlagos felületének meghatározására és a kapott értékek összehasonlítására épülő vizsgálati módszerek terjedtek el. A szemszerkezeti vizsgálatoknál egyre elterjedtebben alkalmazzák a diffrakción alapuló módszert felhasználó szemszerkezeti elemző berendezéseket (granulómétereket). (Mi vizsgálatainknál CILAS 715 típusú laseres granulómétert használtunk.)

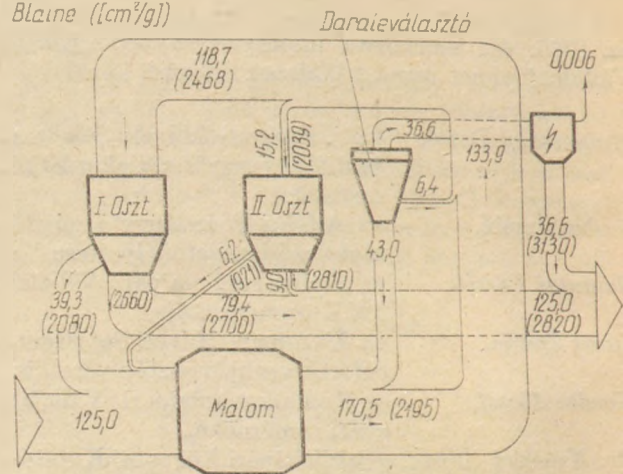
Ezek előnye a szitalással szemben, hogy a cement minőségét döntően meghatározó 30  $\mu\text{m}$  alatti tartomány (5) elemzésére is alkalmasak. Ezeknél a vizsgálatoknál problémát okoz, hogy a vett minta nem eléggé reprezentatív, a tömegáramok mennyiségi mérésénél is fellépnek hibák. A berendezés egy kvázistacionér állapota csak rövid ideig áll fenn, s így a mintavételek számának növelésével és átlag képzésével sem javítható a pontosság. Ezek káros hatásának csökkentése érdekében a szemszerkezeti elemzések eredményeire az anyagmérleg alapján korrekció hajtható végre. Az őrlőberendezések légáramrendszere egyrészt biztosítja a keletkező hő és az anyaggal bevitt nedvesség elvezetését, másrészt elősegíti az őrlési rendszer anyagszállítási folyamatait is (6). A malom légáramrendszere – a beépített daraleválasztóval – csökkenti a szélosztályozók terhelését és – a körfolyamatos őrléshez hasonlóan, az őrlendő anyagkeverék durvulásához vezet, ami az őrlés hatékonyságát növeli (3).

Anyagáramok [t/óra]



1. ábra. A légtechnikát is tartalmazó teljes rendszer anyagárama

Anyagáram [t/óra]  
Blaine [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]



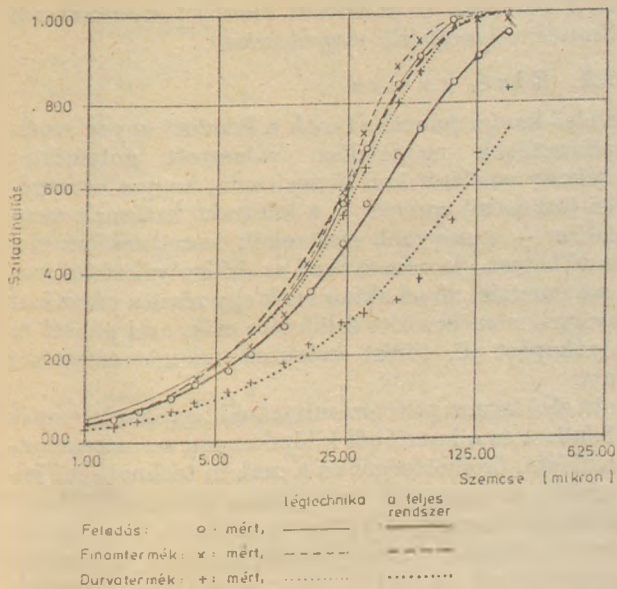
2. ábra. Az 1. sz. cementmalom körfolyam értékei

Egy üzemi cementmalom, a légtechnikai rendszer anyagáramait is tartalmazó, blokkvázlatát az 1. ábrán adtuk meg.

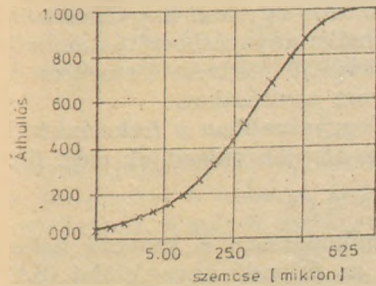
A szemszerkezeti mintavételi helyeket, a mért és az anyagmérleg alapján korrigált anyagáram értékeket ill. a mért Blaine értékeket az őrlési rendszer technológiai sémáján tüntettük fel, (2. ábra) egy másik üzemállapotban.

A légtechnikai- és a légtechnikát is tartalmazó teljes őrlési rendszer fontosabb anyagáramainak szem-





3. ábra. Az őrlési rendszer anyagáramainak szemcseméret eloszlása



Malomtermék Blaine

2195 cm<sup>2</sup>/g

Előírt Blaine

2800 cm<sup>2</sup>/g

Leválaszt. szemcse:

64.91 mikron

Leválaszt. áthullás:

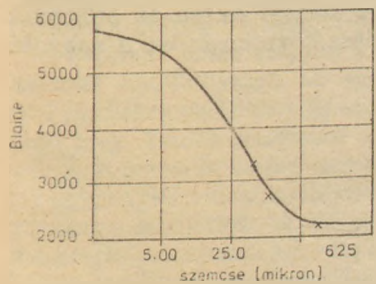
.707

Minimális korbejárás:

1.415

Mért értékek. | x |

illesztett: | — |



4. ábra. Malomtermék vizsgálata

szerkezeti eloszlását a 3. ábrán tüntettük fel. Jól látható, hogy a légtechnikai rendszer mindhárom anyagáramának szemcseméreteloszlása nagyjából megfelel a teljes rendszer végtermékfinomságának.

## 2. A malomtermék szemcseméret- Blaine érték eloszlása

A technológiai ellenőrző vizsgálatokhoz tartozik a malomtermék Blaine érték — szemcseméret eloszlás függvény meghatározása (7). Segítségével határozható meg a végtermék előírt fajlagos felületét biztosító szemcseméret ideális leválasztást feltételezve. (4. ábra).

## 3. Szélosztályozók működésének értékelése

A szélosztályozók értékelésénél a durva frakcióba jutás valószínűségét megadó Tromp görbék, valamint a szélosztályozó hatásfoka, melyet pl. a szemcseméret függvényében a finom kihozattal jellemezhetünk (5) (8) terjedtek el. A szélosztályozó hatásfokát egy jellemzővel is megadhatjuk. Ehhez a hatásfok képletben az áthullás eloszlás függvényértékeket az ideális leválasztási szemcseméret helyén vesszük. (5. ábra.)

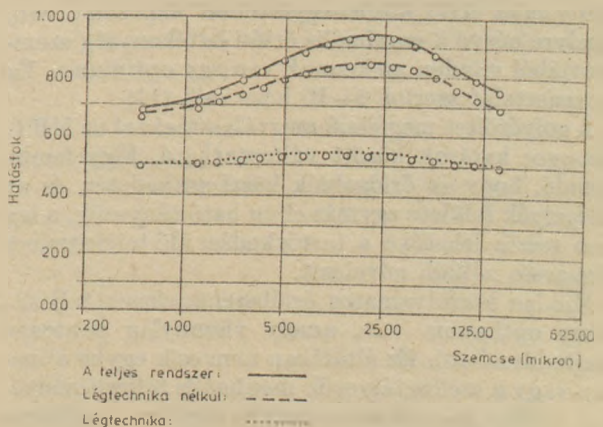
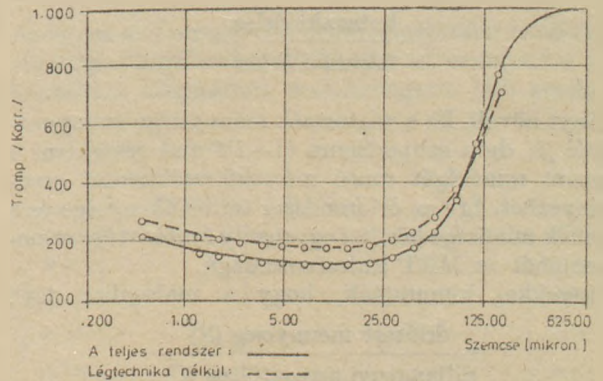
## 4. Őrlőtestösszetétel és mennyiség meghatározása

Az őrlőtestösszetétel és mennyiség meghatározása az előzőeknél bonyolultabb feladat, ezért a továbbiakban ezzel kissé részletesebben foglalkozunk.

### 4.1. A malom optimális töltési fokának meghatározása

A golyósmalmok optimális golyó ill. anyag töltési fokának meghatározására a szakirodalomból számos kísérlet ismert (Klitzsch, Mlerus stb.) Ezek és saját vizsgálataink alapján megállapítható, hogy az optimális töltési fok pontos meghatározása nehézségekbe ütközik, mivel értéke őrlőberendezésenként és a malom üzemviszonyaitól (pl. a szélosztályozó fordulatszámától, a légáram rendszertől, a golyókopástól) függően erősen változik.

Az őrlőtestek mozgását azok méret-eloszlása és a páncélzat kialakítása mellett a malom fordulatszám és az őrlőtest töltési fok határozzák meg. Mivel az



5. ábra. Az osztályozó rendszer leválasztási hatásfoka

egyek kamrák átmérője és fordulatszáma azonos, a páncélzat különböző emelő, osztályozó hatásával és az eltérő golyótöltési fokokkal tudunk csak beavatkozni.

Az energetikai hatékonyság — változatlan őrlési finomság (malomtermék szemcseméreteloszlás) esetén — csökkenő átlagos őrlőgolyóméret esetén nő és a malom fordulatszámnövekedésével csökken. Az energetikai hatékonyság — őrlőtest töltési fok függvény maximummal rendelkezik, amelynek értéke nagy átmérőjű üzemi malmoknál 30% alatt van (9) (10).

A szakirodalomból jól ismert, hogy üres malom esetén a golyók esési magassága maximális. Ez az anyag-töltési fok növekedésével csökken. Egy bizonyos határ elérése után a golyók kinetikus energiája nem elegendő a szemcsék töréséhez, s ezáltal csökken a kilépő nyersanyag mennyisége. Ennek megfelelően kompromisszumot kell találni a szemcseméret és a kinetikus energia között is, melyet az anyag-töltési fokkal állíthatunk be. Gyakorlatilag általában azt az anyag-töltési fokot tekintik optimálisnak, amely a golyótöltet hézagterfogatóját nyugalmi állapotban teljesen kitölti.

Elsősorban az amerikai szakirodalomban a kérdést másképpen fogalmazzák meg. Egy töltet „anyagátbocsátását” akkor tekintik maximálisnak, ha az anyagnak a malomban való tartózkodási ideje MRT minimális.

Üzemi izotópos mérések alapján a malmon való áthaladási idő körfolyamatos golyósmalomnál rövidebb, mint nyíltfolyamatúnál, és a körbenjáró terhelés növekedésével egy bizonyos pontig folyamatosan csökken.

Az MRT ilyen csökkenése a

katarakt őrlés

kaszád őrlés

arányt növeli. Ez a végtermék mennyisége szempontjából jó, de a szuperfinom (1–10  $\mu\text{m}$ ) részekben a cement minőségét rontó mértékű csökkenést eredményezhet. Így az őrlőrendszer termelékenysége és a termék minősége közötti egyensúly fenntartása szempontjából az MRT kulcsfontosságú.

Mérésekkel kimutatták, hogy a malomban lévő

őrlőtest mennyiség (S)

pillanatnyi anyag-töltés (C)

arány és az MRT között egyértelmű kapcsolat van, amelyre nézve a maximális őrlési hatékonyság szempontjából minden malomnak van egy optimauma. Ez a tapasztalat szerint 8–10 közé esik (11).

A golyótöltet megfelelő megválasztásával az MRT, bizonyos határok között változtatható. Figyelembe veendő, hogy az őrlőgolyók közti szabad tér, és az őrlőgolyók felülete egymás ellen ható tényezők, s így nem teszik lehetővé a tartózkodási idő teljesítmény visszaesés nélküli növelését.

Minden körfolyamatos őrlőberendezésnek teljesítmény optimauma van, amely viszonylag pontosan meghatározható. Ez általában nem esik egybe a malom vagy a szélosztályozók maximális teljesítményével. A teljes berendezés optinális üzeménél a fajlagos felület szórása minimális.

## 4.2. A páncélzat és az őrlőtest összetétel szemszerkezeti jellemzőknek megfelelő megválasztása.

### 4.2.1. Első kamra

Az első kamra páncélzatának a feladott anyag szemszerkezetének megfelelően választott golyótöltet hatékony emelését kell biztosítani, hogy a becsapódási (ütközési) energia — a katarakt hatásnak megfelelően — a nagyobb részecskék összetöréséhez elegendő legyen, de nem szabad az őrlőgolyókat túl magasra emelnie, mivel akkor azok egy része a páncélzat anyaggal nem borított felületére esik, ami páncél és golyókopást ill. törést valamint energiaveszteséget okoz.

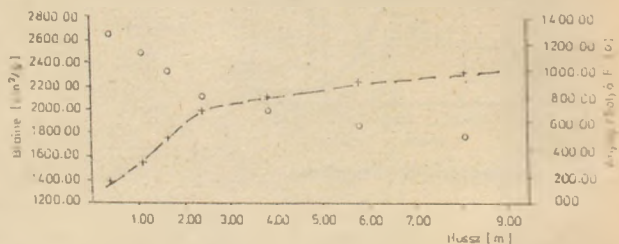
Az első kamra töltetszámításánál figyelembe veszik a feladott és a kamrából kilépő anyag szemcseméret-eloszlását, őrlőteltségét és a malom technológiai jellemzőit. A bemeneti anyagáram jellemzők felhasználásával a legnagyobb golyóátmérőt pl. Bond ismert képlete alapján határozhatjuk meg. A gyakorlati tapasztalatok alapján az első kamrát olyan hosszúra kell választani, hogy a kijövő anyag 95%-a keresztül hulljon a N° 8-as (2.362 mm-es) szitán. A 80%-os áthulláshoz tartozó szitaméret szokásos értéke itt 0,3–0,4 (mm).

A golyótöltet összetételét úgy kell megválasztani, hogy az elérhető maximális anyagátbocsátás mellett elegendő számú és energiájú ütközést biztosítson a klinker részecskék gyors aprításához.

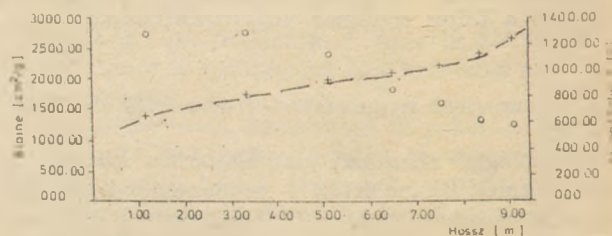
A golyóösszetételt leggyakrabban a frakciónkénti azonos darabszám elve alapján választjuk meg. (9).

### 4.2.2. Második kamra

A második kamra működésében a kaszkád hatás dominálása miatt — az őrlendő anyagfelület (SA) őrlőgolyófelület (SG) viszonyának van meghatározó jelentősége. Osztályozó páncél esetén az őrlőtestek automatikus elkülönülése következik be. A nagyobb

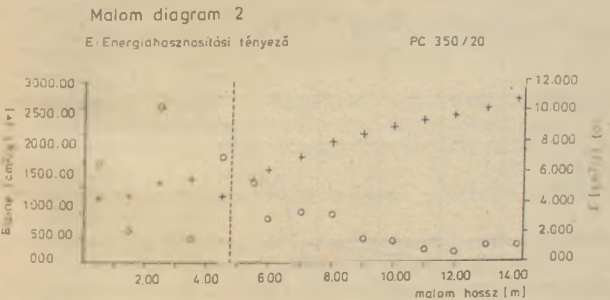
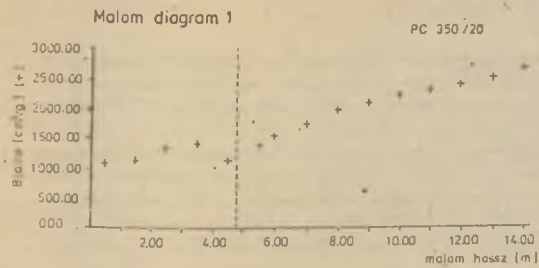


a) Eredeti töltet



b) Azonos felületű töltet

6. ábra. A töltet összetétel hatása



Friss feladás [1/h]:	125,0	Malom/finom termék [1/h]:	117,9
Malomteljesítmény [kW]:	4000	Malom termék Blaine [cm²/g]:	2195,0
Fajlagos munka [kWh/1]:	31,9	Új felület/energia [km²/kWh]:	64,7

7. ábra. Malom diagram értékelése

golyók a bemenet felé rendeződnek, és a golyóméretnek a bemenettől a kimenet felé haladva fokozatosan csökkennek. A golyók osztályozódása a malom átmérőjének növekedésével egyre nehezebb lesz, mivel az 1 négyzetméternyi felületre jutó golyók száma egyre nagyobb lesz. A kis golyóátmérő és a nagy térfogati terhelés a golyók osztályozódását nehezíti.

A katarakt hatás alapján a második kamra munkájának hatékonysága az egységnyi kamrahosszra jutó járulékos előállított új anyagfelület alapján ítélni lehet. Ennek gradiense az SA/SG arány függvénye. A második kamra minden szelvényéhez tartozik egy SA/SG arány, amelyre az előállított felület gradiense maximum. A Blaine érték a kamrahossz mentén folyamatosan nő, míg az előállított új anyagfelület gradiense gyakorlatilag állandó. (Meggjegyezzük, hogy a kimeneti respáncélnál a por összegyűlése a Blaine érték hirtelen esését okozhatja). A maximális golyóátmérő itt is Bond képletével határozható meg.

Az őrlőgolyóeloszlás pl. Schramm- Gaitsch által ajánlott képlet szerint határozható meg. (12) Itt a legkisebb golyóátmérő, s ezáltal a képlet g kitevőjének meghatározása okoz gondot. Vizsgálataink szerint osztályozó páncél esetén, ezt úgy célszerű megválasztani, hogy a legkisebb átmérőjű golyófrakció hézagterfogata is még az anyagátbocsátás szempontjából optimális tartományon belül maradjon. Ez — új töltet esetén — lehetővé teszi az őrlési rendszer nagyobb körbenjárással történő üzemeltetését. A golyókopás miatt idővel a legkisebb golyóátmérő csökken s a töltet tömörebb lesz. Ez a malomtermékáram és a dara csökkenéséhez ill. a malomtermék finomodásához vezet. Eljárás technikailag ekkor, maximális végtermék elérése érdekében célszerűbb a malmot

kisebb anyagátbocsátással, nagyobb frissanyagfeladással és kisebb daramenyiséggel (s ennek megfelelően körbenjárással) üzemeltetni.

Őrlhetőségi vizsgálataink alapján PC450-es cement üzemi őrlésénél ezen két üzemállapothoz tartozó az őrlhetőség szempontjából optimális körbenjárás tartományok:

$$1,5 < UKT1 < 1,7$$

$$2,2 < UKT2 < 2,5$$

Gyakorlati tapasztalatok alapján, a második kamra működését akkor tekintik megfelelőnek, ha az  $R_{25}$  szitamaradék 80%-ról 50%-ra csökken.

Ha az optimális energiafelhasználás vizsgálatánál célfüggvényként az  $R_{25}$  szitamaradékot és a 3 illetve 28 napos szilárdságot tekintjük, akkor a kis átmérőjű őrlőgolyók adják a legjobb eredményt. Az energiafelhasználás hatékonyságának a fajlagos felületen alapuló értékelése esetén ezen összefüggés kevésbé egyértelmű.

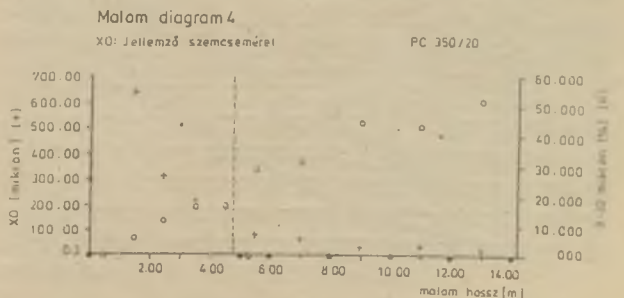
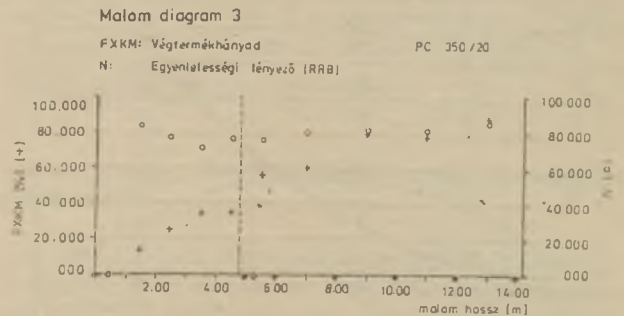
A második kamrában a golyótöltet összetételének megválasztásánál a frakciónkénti azonos felület elvét szokták követni. Egy 4,22 m belső átmérőjű, 9,43 m hosszú 2. kamrájú, 27% golyótöltési fokú üzemi cementmalom már erősen kopott, illetve változatlan golyótöltési fok mellett számított frakciónkénti azonos felületi töltet legfontosabb néhány jellemzőjét az alábbiakban adjuk meg:

Az eredeti és a töltettel felvett malomdiagram a 6. ábrán látható.

\*

### 5. Malom diagram

Az egyes malomszekciók őrlési-energetikai hatékonyságának vizsgálatához szükséges az energetikai jellemzőkkel kiegészített malomdiagram (13) amely a



8. ábra. Malom diagram értékelése

malom hossz tengelye mentén mutatja meg az őrlés hatékonyságát, a szemszerkezet és a fajlagos felület alakulását. (7. 8. ábrák)

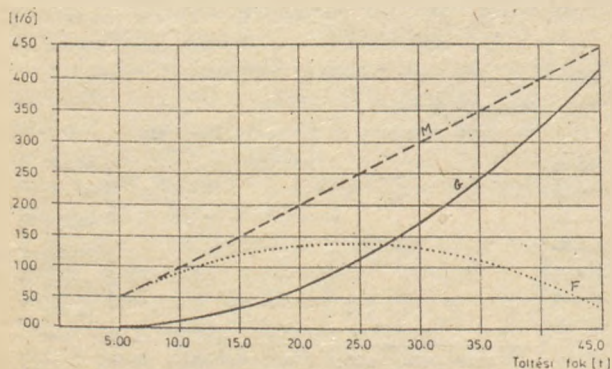
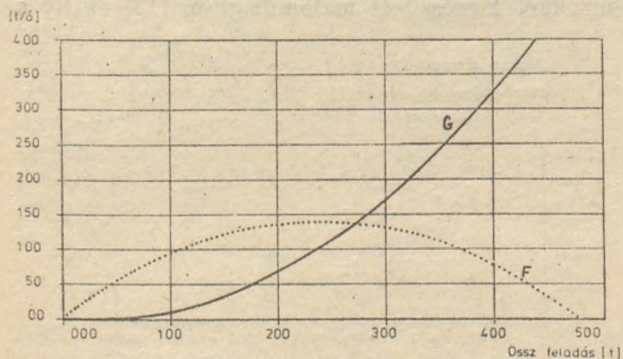
Az előzőekben felsorolt vizsgálatok közös jellemzője, hogy az őrlési rendszer *állandósult állapotbeli* (kvázistacionárius) vizsgálatára korlátozódnak s a felhasznált összefüggések egy része az empirián alapul s így *kvalitatív jellegű*.

### 6. Matematikai modellek, identifikáció, szimuláció

Az üzemi mérések- kísérletek során összegyűjtött adatok önmagukban nem elégségesek az optimális üzemeltetéshez szükséges mélységű folyamatanalízis végrehajtására. Ezért az őrlési-apritási folyamat egyes jelenségeinek leírására különböző *matematikai modelleket dolgoztak ki* (16) (14) Mivel az őrlésnél több jelenség párhuzamosan zajlik le, áramlási és keveredési folyamatok egyidejű fellépésével a különböző statikus és dinamikus modellekkel végzendő vizsgálatok legcélszerűbb módszere a *számítógépes szimuláció*. Ennek előfeltétele az anyag és energiamegmaradási törvényeken, elméleti megfontolásokon ill. empirián alapuló modellekben szereplő paraméterek (apritási mátrix elemei, törési arány mátrix elemei, szétosztályozó paraméterek stb.) *identifikációja*. (13) (14).

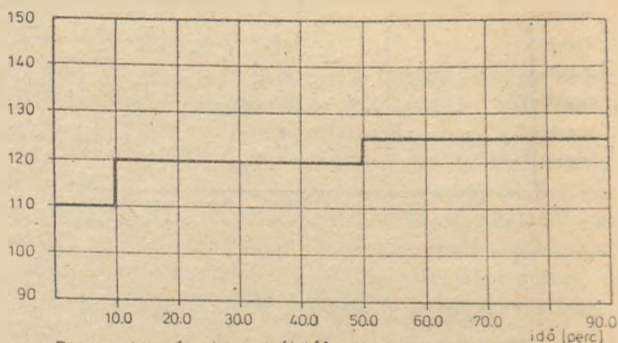
Ezen feladatok leghatékonyabban egy, a technológiára specifikált *identifikációs programrendszerrel* végezhetőek el.

A technológiai mérési adatok alapján identifikált paramétereket tartalmazó matematikai modellekkel végzett technológia specifikált számítógépes szimulációval vizsgálható az őrlési rendszer állandósult állapotbeli (9. ábra) és dinamikus (10. ábra) viselkedése és megkereshetők a bemeneti változók és a beállítható paraméterek optimális értékei.

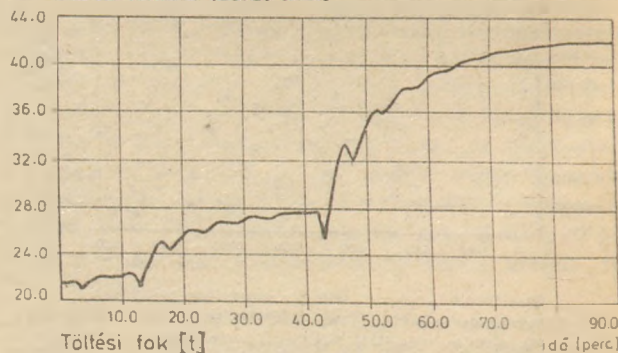


9. ábra. A malom statikus karakterisztikái

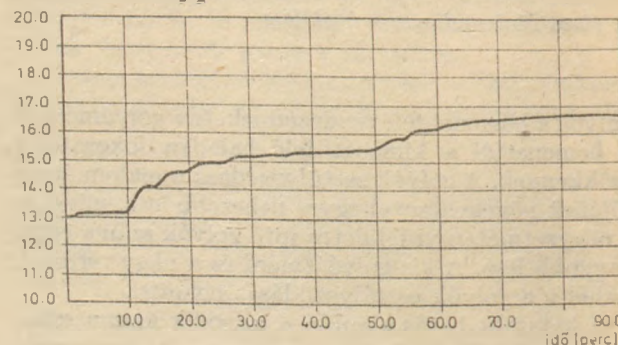
Friss feladás [t/ó]



Durva termék (dara) [t/ó]



Töltési fok [t]



10. ábra. Az őrlési rendszer dinamikus viselkedése.

### Összefoglalás

Körfolyamatos golyósmalmok eljárás technikai optimalizálásának kérdései az utóbbi években az érdeklődés homlokterébe kerültek (9) (10) (16). Ennél nem elég az optimális üzemállapotot pl. egy átlagos őrléshatóságú anyagra egyszer beállítani, hanem gyakran ellenőrizni is kell, mivel a munkapont a zavarások hatására eltolódik. A tanulmány egyrészt a cementiparban alkalmazott technológiai ellenőrző méréseket foglalja rendszerbe, másrészt rámutat arra, hogy ezek, az őrlési rendszer állandósult állapotbeli vizsgálatára korlátozódo összefüggések nem elégségesek az optimális üzemeltetéshez szükséges mélységű folyamatanalízishez. A technológiai mérési adatok alapján identifikált paramétereket tartalmazó modellekkel végzett technológia specifikált számítógépes szimulációval vizsgálható az őrlési rendszer állandósult állapotbeli és dinamikus viselkedése, s kereshetők meg a bemeneti változók és a beállítható paraméterek optimális értékei.

- [1] Hilger, M. (1979): „Ipari őrlőberendezések és rendszerek technológiai vizsgálata, identifikációja” SZIKKTI jelentés Tsz. 20 - 2 - III/6
- [2] Uhlmann, J. (1979): „Einfluss von Mahlkörperzusammensetzung und Belüftung auf das Zerkleinerungsergebnis in einen Rohmahlsystem mit Vortrocknung und Vorzerkleinerung” ZKG, 32, Nr 4, S. 14 - 19.
- [3] Cleemann, J. (1984): „Einfluss der Rohrmühlen-Belüftung auf die Mahlwirkung” ZKG, 37, Nr 12, S. 628 - 635
- [4] Dombrowe, M., Herrmann, R. „Zu einigen Problemen der Belüftung von Zementmühlen”. Freiburger Forschungshefte
- [5] Beke, B. (1964): „Principles of Comminution” Akadémiai Kiadó, Budapest
- [6] Schacknies, G. (1969): „Zur Optimierung einer Füllstandsregelung bei Kugelmühlen” ZKG, 22, S. 24 - 31
- [7] Ruegg, R. (1967): „Abscheide-Effekt und Wirksamkeit von Streusichtern für Zementmahlanlagen” Schweizerische Bauzeitung, Vol 85, N°5, S.70 - 74
- [8] Kolostori, J. - Pethő, SZ. - Hilger, M. (1979): „Korszerű cementipari technológiák” ВМЕТКИ, Budapest.
- [9] Elerbrock, H. G. (1982): „Energieausnutzung beim Mahlen von Zement” ZKG, 35, Nr2, S. 75 - 82
- [10] Kuhlmann, K. (1984): „Energieaufwand beim Mahlen von Zement in Kugelmühlen-Ergebnisse einer Bilanzierung des Mahlkreislaufs” ZKG, 37, Nr8, S, 421 - 426
- [11] Vance H. Dods, Philip W. Welch F. J. Mardulier: (1974): „Finish grinding-the Grace umbrella technique, Part 1, Rock Products, June, pp. 72 - 76; Part 2 Rock Products, September, 92 - 100.
- [12] Schramm, R. - Gátsch, E. (1974): „Eine quantitative Methode zur Gattierung in Kugelmühlen” ZKG, 27, S. 330 - 332
- [13] Seebach, v. M. (1972): „Verfahrenstechnische Optimierung von Zementmahlanlagen” ZKG. 25, N° 2, S. 71 - 73
- [14] Keviczky, L. - Hilger, M. - Kolostori, J. [1984]: „Folyamatidentifikáció, folyamatirányítási kutatások a szilikátiparban. 3. Szabályozástechnikai őrlélmélet. 82. sz. SZIKKTI Tudományos Közlemény
- [15] Keviczky, L. - Bányász, Cs. - Hilger, M. (1978): „Folyamatidentifikáció, folyamatirányítási kutatások a szilikátiparban” 1. Dinamikusan szabályozott folyamatok identifikációja mintavételezett adatok alapján. Lineáris rendszerek.
- [16] E. Lippek - D, Espig (1978): „Forschungsarbeiten zur mathematischen Modellierung von Trockenmahlungen” Freiburger Forschungshefte A 602, S. 77 - 88
- [17] Schramm, R. (1983): „Verfahrenstechnische Optimierung von Kugelrohmühlen” TIZ Fachberichte, 107, No 4, S. 246 - 251

Хильгер, М. - Колостори, Я.: Испытание техники процесса измельчения цементных шаровых мельниц замкнутого цикла; некоторые вопросы оптимизирования мелющей загрузки

Hilger Miklós - Kolostori, János: Process Engineering Examination of Closed Circuit Cement Ball Mills, the Question of Optimum Filling

Hilger, Miklós - Kolostori, János

Verfahrenstechnische Prüfung von Kreislauf - Kugelmühlen, einige Probleme der Einstellung der optimalen Füllung

## A világ szilikátiparából

### Timföld az Engineered Materials cégtől

Az Engineered Materials új alumíniumoxid típust hozott a piacra GEM 237 jelzéssel, mely alkalmas vékony rétegek képzésére, csúszásgátló rétegek kialakítására. Az új speciális timföldfajta vízben üleptett, maximum 3,5 mikrométer szemnagyságú, nagyhőmérsékleten kalcinált anyag.

(Industrial Minerals, 1986. április.)

### Kerámiaszál a Fibertek cégtől

Az olasz Fibertek cég 1986. közepére tervezi új kerámiaszál gyártó üzemének indítását. Az üzem a Dél-Olaszországi Atella-ban (Potzuza) lesz. A cég 3 éves vizsgálódás után vásárolta meg a Geotech Developing Corp. (USA) technológiáját. A terv 2000 t/év termék kibocsátása, melybe a kerámiaszálon kívül kerámiapaplanok is tartoznak. A cég terméke 1260 - 1450 °C hőmérséklettartományban üzemszerűen használható. A későbbiekben a cég a kerámiaszál alapú termékek teljes sorozatát kívánja gyártani, így vákuumsajtoltású lemezek, papír, cementek és

nedves szármasszákat. A Fibertek elsősorban a Földközi-tengeri térséget akarja ellátni termékeivel.

(Industrial Minerals, 1986. április)

### Rhone-Poulenc vegyesvállalatot alapít kerámiaszál gyártására

A multinacionális vegyipari óriás a Rhone-Poulenc és a Societé Européenne de Propulsion (SEP) párizsi cég, amely rakétákhoz gyárt hajtóműveket, 13,2 M USD értékű kooperációs szerződést kötött. A szerződés 4 éves programot ölel föl, szilíciumnitrid és szilíciumkarbid szálak használatára műszaki kerámiákban. SEP már gyárt kerámiatermékeket japán kerámiaszál felhasználásával. A kerámiaszál erősítésű kerámiatermékek jelentős szerepet kaptak a turbo hajtóművek és dizelmotorok alkatrészeként, de ipari és katonai felszerelésekben is. A Rhone-Poulenc kutatóintézete St. Fons-ban és a SEP kutatóállomása Bordeaux-le-Haillan-ban főképpen érdekeltek ebben a vegyesvállalatban. A francia kerámiaszál legfőbb felhasználási területe a védőpajzsok készítése és űrhajó hajtóművek alkatrészei lesznek.

(Industrial Minerals, 1986. március)

# Építési kőanyagok egyenirányú nyomószilárdságának minősítő jellege

GÁLOS MIKLÓS — KÜRTI ISTVÁN

Budapesti Műszaki Egyetem

Ha egy kőzetet röviden kell jellemeznünk, a kőzettani név után szinte azonnal az egyirányú nyomószilárdság értékeit mondjuk mint legfontosabb adatot. Ennek a beidegződésnek mély gyökerei vannak, amelyek hagyományból, a vizsgálatoknál szerzett tapasztalatok sokaságából, más építőanyagoknál nyert ismeretanyagok analógiáiból táplálkoznak. Mindehhez hozzájárul az a tudat alatti gondolatsor is, hogy számunkra addig használható a kőzet, amíg szerkezeti egységében tönkremenetel — azaz törés — nem következik be, tehát minél nagyobb terhelés elviselésére alkalmas károsodás nélkül, annál jobb a kőzet.

A törés létrehozásának legegyszerűbb módja, ha a kőzetből kivett próbatestben — azt elemi mechanikai-cellaként kezelve — egytengelyű főfeszültségi állapotot hozunk létre, majd a terhelést tönkremenetelig fokozva meghatározzuk a törést előidéző terhelő erő ( $F$ ) és az erő irányára merőleges terhelte felület ( $A$ ) hányadosaként az *egyirányú nyomószilárdságot* ( $R_{ci}$ ):

$$R_{ci} = \frac{F}{A}$$

Az egyirányú nyomószilárdság értéke függvénye a kőzet fizikai állapotának, hiszen a terhelést a kőzetalkotók és a kőzetalkotók közötti kötések együttes rendszere veszi fel. Ebben a vonatkozásban a pórusokat, a póruskitöltő anyagokat (levegő, víz) is fontos kőzetalkotóként kezeljük. Ezért kell a nyomószilárdság megadásakor a kőzetfizikai állapotot is jelezni, ami a fenti képletben az „i” index helyére kerül. A legfontosabb *kőzetfizikai állapotok* az MSZ 18284/1–79 értelmezése szerint az alábbi jelöléssel szerepelnek:

- nyomószilárdság laboratóriumi légszáraz kőzetfizikai állapotban  $R_{co}$
- nyomószilárdság vízzel telített kőzetfizikai állapotban  $R_{cw}$
- nyomószilárdság természetes kőzetfizikai állapotban  $R_{cn}$
- nyomószilárdság 50 fagyasztási ciklus utáni állapotban  $R_{c50f}$

Az egyszerű, úgynevezett tiszta feszültségállapot ellenére az egyirányú nyomószilárdság értéke egy sor *vizsgálattechnikai tényezőtől* is függ, és pedig:

- a vizsgálati hőmérséklettől,
- a próbatest alakjától, erőirányú és arra merőleges méreteinek arányától,
- a terhelést átadó nyomólap és a próbatest nyomott felülete közötti súrlódástól,
- a feszültségátadás sebességétől.

E tényezők hatásának vizsgálatával nagyon sok kutató foglalkozott, amelyekre vonatkozóan a teljes-

ség igénye nélkül ugyan, de jól rendszerezett összefoglalást adnak Palotás (1961), valamint Vutukuri és szerzőtársai (1974).

Az egységes értékelés és értelmezés elősegítésére a minősítő egyirányú nyomószilárdsági vizsgálatok szinte minden országban előírások, ill. szabványok alapján készülnek. Hazánkban az MSZ 18285/1–79 szabvány szerint dolgozunk, amely az alakváltozási vizsálatlall kiegészített nyomószilárdsági vizsgálatra vonatkozik; tehát a szilárdsági határérték meghatározása során a feszültség és alakváltozás közötti összefüggést kimutató kőzetfizikai rugalmassági modulus felvételét is előírja.

A hazai előírások szerint egyirányú nyomóvizsgálatot  $5,0 \pm 0,5$  cm átmérőjű és 2 : 1 magasság-átmérő arányú henger alakú próbatesten kell elvégezni és ugyanarról a helyről származó, minimum öt db. próbatesten kapott eredmény számtani középértékéről mondhatjuk, hogy az a kőzet egyirányú nyomószilárdsága a vizsgált kőzetfizikai állapotban. Természetesen a vizsgálattechnikai körülmények a meghatározáshoz szabályozottak, és pedig a terhelési sebesség: 1,5 MPa/s; az egytengelyűséget javasolt méretű gömbcsuklóval kell biztosítani; a nyomógép mérési tartományát úgy kell megválasztani, hogy a tényleges törőerő a teljes mérési tartományok legalább 20 %-át elérje; ha nem 2 : 1 magasság-átmérő arányú hengeres próbatesttel dolgozunk, úgy pl. az ASTM előírásai szerint lehetőség van a mért érték erre az arányra történő átszámítására a

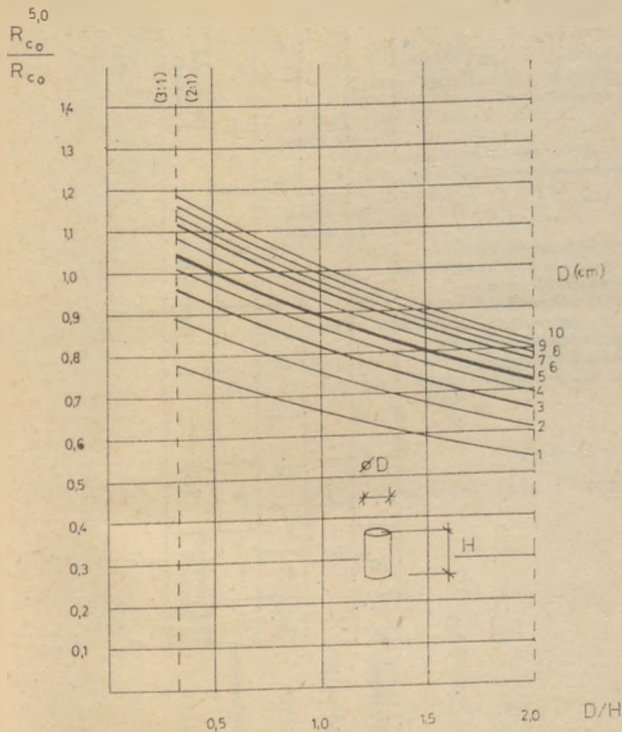
$$\frac{R_{ci}^{(2:1)}}{R_c^{(H:D)}} = \frac{1}{0,88 + 0,24 \frac{D}{H}}$$

összefüggés alapján, ahol  $D$  a próbatest átmérője,  $H$  pedig a magassága.

Turk és Dearman (1986) közöl olyan nomogramot, amely alkalmas arra, hogy segítségével a nem 5,0 cm átmérőjű hengeres próbatesten mért nyomószilárdságot át lehet számolni az 5,0 cm-es átmérőjű hengeren nyerhető értékre (1. ábra).

Az egyirányú nyomószilárdság a homogén, izotróp anyagra vonatkozó mechanikai feltételrendszer szerint, bármely tönkremeneteli elméletet nézzük is, a törési határfeltétel egy jól meghatározott — mondhatjuk alapesetét jelenti. A különböző kőzetek széles skálán széthúzott értéksort mutatnak. Az egyes értékek *kőzettani tulajdonságok és a kőzetfizikai állapot függvényei*. Mindez magyarázza, hogy az egyirányú nyomószilárdság alapján

- osztályozhatjuk a kőzeteket, és a regressziós kapcsolatok kimutatásával további
- kőzetfizikai, kőzetminősítő vizsgálatok értékeire következtethetünk.



1. ábra. Nonogram a különböző átmérő – magasságarányú próbatestek mérési eredményeinek  $D = 5,0$  cm-es próbatestre történő átszámításához (Turk és Dearman alapján)

### Közetek osztályozása az egyirányú nyomószilárdság érték-sora alapján

Az egyirányú nyomószilárdságot nagyon sokan használták fel a közetek osztályozásánál. Ezek közül a legismertebbeket és a legtöbbször idézetteket foglaljuk össze.

Az építési kőanyagokra vonatkozó szabványsorozatba tartozó Építőkövek című szabvány, az MSZ 18294–79 öt szilárdsági osztályt különböztet meg. E szabvány felülvizsgálata során az osztályozás átdolgozásra került és a közeljövőben megjelenő szabványban már hat szilárdsági osztály lesz. A szilárdsági osztály jeleit és a határértékeket az 1. táblázat tartalmazza. Ezzel összhangban van a

1. táblázat

Nyomószilárdsági osztályok az Építőkövek c. szabványra vonatkozó új szabványjavaslat alapján

Szilárdsági osztály jele	Nyomószilárdság $R_{co}$ (MPa)
00	< 5
05	5 – 20
20	20 – 50
50	50 – 80
80	80 – 150
150	> 150

2. táblázat

Nyomószilárdsági osztályok az Útburkolókövek c. szabvány szerint

Szilárdsági osztály jele	Nyomószilárdság $R_{co}$ (MPa)
60	< 60
80	60 – 80
140	80 – 140
180	140 – 180

terméskövekre vonatkozó szabvány – az MSZ 18292–78 is, amelyben ugyanez az osztályozás szerepel.

Szintén az építési kőanyagok szabványsorozatba tartozó Útburkolókövek című szabvány (MSZ 18297–80) négy szilárdsági osztályt különböztet el (2. táblázat).

Dreyer (1955) nyolc osztályba sorolja az összeálló kőzeteket, ahol az osztályok határértékei folytonosan szűkülő különbségeket mutatnak. A határértékeket az általa javasolt megnevezésekkel a 3. táblázatban tüntettük fel.

Protodjakonov, (1964) az összeálló kőzeteket hat csoportba sorolja. Szembetűnő, hogy a VI. csoport határértékét viszonylag magas szilárdsági értékkel javasolta figyelembe venni. (4. táblázat).

A Nemzetközi Mérnökgeológiai Egyesület (IAEG) a mérnökgeológiai térképezési munkához készítette el osztályozási javaslatát, amelyet Matula (1981) ismertetett. A javaslat szerint öt csoportba kell a kőzeteket nyomószilárdságuk alapján sorolni. A megnevezéseket és határértékeket az 5. táblázat tartalmazza a megjegyzéssel, hogy 1,25 MPa alatt talajnak nevezi a kőzeteket és az összeálló kőzeteket 50 MPa nyomószilárdság alatt „kevésbé szilárd”, 50 MPa nyomószilárdság felett „szilárd” kiegészítő jelzővel illeti.

Érdeemes azt is megemlíteni, hogy a síkalapozások méretezésére vonatkozó szabványunk (MSZ 15004) is a nyomószilárdság alapján engedi meg a kőzetek határfeszültségének felvételét. Nem repedezett kőzetek esetében kis- (max. 5,0 MPa), közepes- (5–25

3. táblázat

Közetek osztályozása nyomószilárdságuk alapján Dreyer szerint

Osztály	Nyomószilárdság ( $R_{co}$ ) (MPa)	Megnevezés
I.	250 felett	különlegesen szilárd
II.	150 – 250	nagyon szilárd
III.	100 – 150	szilárd
IV.	60 – 100	közepesen szilárd („a” „b” „c”)
V.	40 – 60	
VI.	20 – 40	
VII.	10 – 20	alacsony szilárdságú
VIII.	10 alatt	nagyon kis szilárdságú

4. táblázat

Közetek osztályozása nyomószilárdságuk alapján Protodjakonov szerint

Kategória	Nyomószilárdság $R_{co}$ (MPa)	Megnevezés
I.	200 felett	rendkívül szilárd
II.	150 – 200	igen szilárd
III.	80 – 150	szilárd
IV.	50 – 80	közepesen szilárd
V.	20 – 50	meglehetősen szilárd
VI.	max. 20	kevésbé szilárd

Közetek osztályozása nyomószilárdságuk alapján az I AEG javaslata szerint

Megnevezés	Nyomószilárdság $R_{co}$ (MPa)
Gyenge	1,5 – 15
Közepesen szilárd	15 – 50
Szilárd	50 – 120
Igen szilárd	120 – 230
Rendkívül szilárd	> 230

golyó- átmérő (mm)	Eredeti töltet		Számított töltet	
	súly (t)	golyó- frakciók felülete (m <sup>2</sup> )	súly (t)	golyó- frakciók felülete (m <sup>2</sup> )
60	15	192,3	44,3	567,2
50	10	153,9	36,9	567,2
40	10	192,3	29,5	567,2
30	17	436,0	22,1	567,2
25	37	1138,5	18,4	567,2
20	36	1384,6	14,8	567,2
17	50	2262,4	12,5	567,2
$\epsilon$	175 t	5860,0	179,0 t	397,4
Átlagos hézag- térfogat	$\bar{\epsilon} = 0,37$		$\bar{\epsilon} = 0,40$	

1970 1975 1980

Olaszország	83	310	1322
Többi OECD-ország	160	406	973

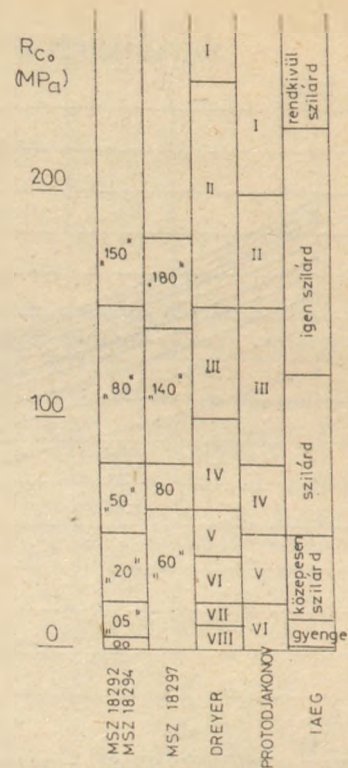
év	1985.	1990.	2000.
Felhasználás 10 <sup>8</sup> t kéntartalom	10	5–7	3–5
1,8%/2%	78%	30%	25%
1,5%	–	30%	–
1,0%	22%	40%	75%

MPa) és nagyszilárdságú (25 MPa felett) kőzeteket különböztet meg, ahol a megadott értékek „kockaszilárdságot” jelentenek.

Az osztályozási határértékek egymáshoz való viszonyát jól szemlélteti a 2. ábra.

Ezek az osztályozások mechanikus jellegűek, a kőzettani tulajdonságokat nem veszik figyelembe. Tapasztalataink alapján legfeljebb csak annyit mondhatunk, hogy egy-egy kőzetcsoporthoz kőzetei melyik osztályba, vagy csoportba szoktak kerülni és ha egyes darabjai az átlagtól eltérő értéket mutatnak, akkor azokat jó-, vagy rossz minőségre utaló jelzővel látjuk el.

A kőzettani tulajdonságokat alapul vevő osztályozásnak legnagyobb akadálya, hogy a kőzettani tulajdonságok közül azok, amelyek a kőzetalkotó – kötési rendszerrel, azaz a kőzetek szöveti rendszeré-



2. ábra. Minősítő nyomószilárdsági határértékek különböző előírások alapján

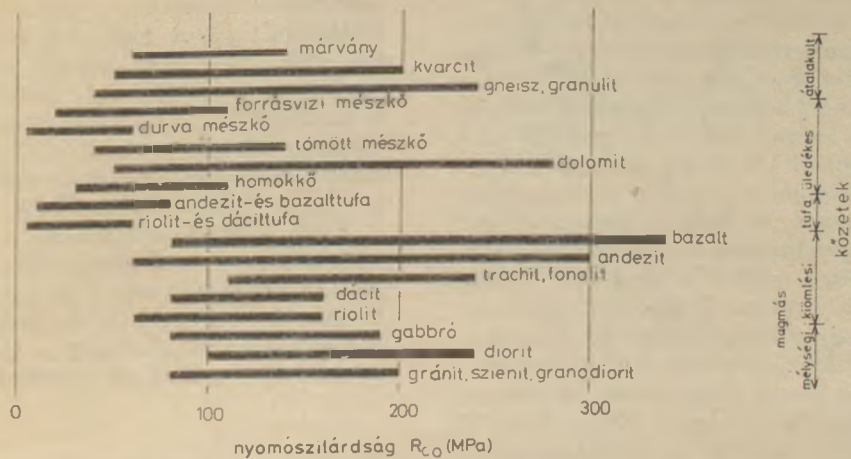
vel, vagy a mállottsággal kapcsolatosak, leíró jellegűek; nincsenek számértékekhez kötve, így az összefüggések kimutatása nehézkes.

Az ásványos összetétel a kőzettani csoportba sorolás alapja, de a fent leírtak szerint csak az egyik tényező, amely a nyomószilárdságot meghatározza. Könnyen belátható, hogy a kőzetalkotó ásványok nem mindegyike vesz részt közvetlenül a teherviselésben. A nagyon alacsony gyakorisággal előforduló ásványok szerepét elhanyagolhatjuk, de a nagyobb mennyiségben előforduló ásványok is másként viselkednek, ha más ásványok közé ékelten egyenletesen helyezkednek el, és másként viselkednek, ha egymással összefüggően a kőzetben valamilyen „vázrendszert” alkotnak. Több kőzetalkotót tartalmazó kőzetben az ásványok teherviselő szerepét Kertész (1970) elemezte és rámutatott arra, hogy pl. azonos gyakorisággal előforduló két kőzetalkotó ásvány esetében azok a rugalmassági modulusuk arányában vesznek részt a teherviselésben.

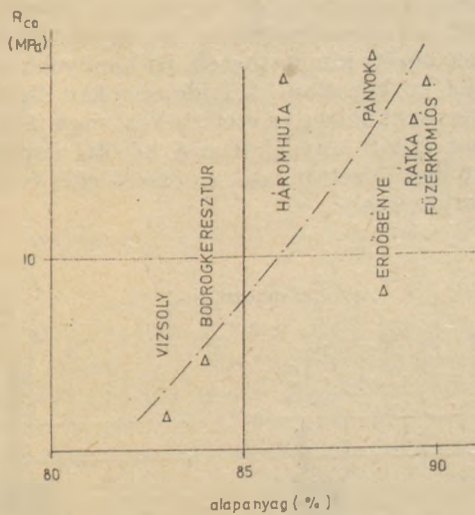
A teljesség igénye nélkül soroljuk fel azokat a tulajdonságokat, amelyek az ásványos összetétel szempontjából véleményünk szerint meghatározzák a nyomószilárdság értékét:

- a teherviselésben szerepet játszó ásványok gyakorisága, szemnagysága, szemalakja,
- az ásványok egymáshoz viszonyított nagysága, elhelyezkedésük a kőzetszövetben,
- az ásványok belső szerkezetéhez köthető tulajdonságaik és pedig a kristályrendszerük által meghatározott irányítottságuk, növekedési jellegzetességeik (pl. ikresedés), rácsenergiájuk,





3. ábra. Fontosabb építési kőanyagok nyomószilárdsága



4. ábra. Zempléni hegységbeli riolittufák nyomószilárdsága a kőzetek alapanyag tartalma függvényében

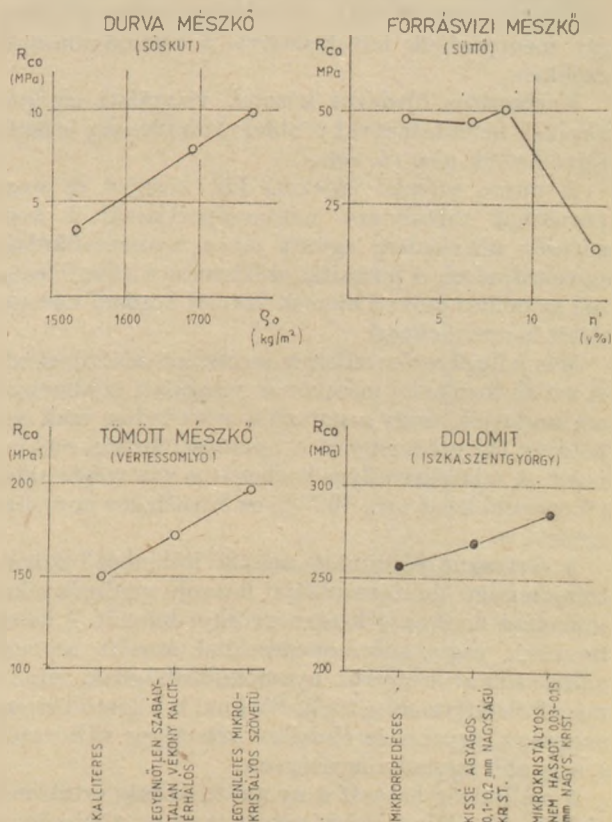
(Ide sorolhatjuk tehát az ásványok keménységét, hasadásra való hajlamát, ikresedésből adódó heterogenitását),  
 – az ásványok megtartási állapota (mállottság).

A kőzetalkotók közötti kötés anyagi minősége a másik tényező, amely a nyomószilárdság értékét meghatározza. A kötés formáival, osztályozásukkal, jellegzetességeikkel a kémia és a szilárdtest fizika foglalkozik. Egy-egy kristályon belül (a kötés meghatározásához szükséges rácsállandók és az elemi cella kimerésére már van módszer, de a különböző kőzetalkotók közötti kötés számszerű megadása ma még nem megoldott feladat.

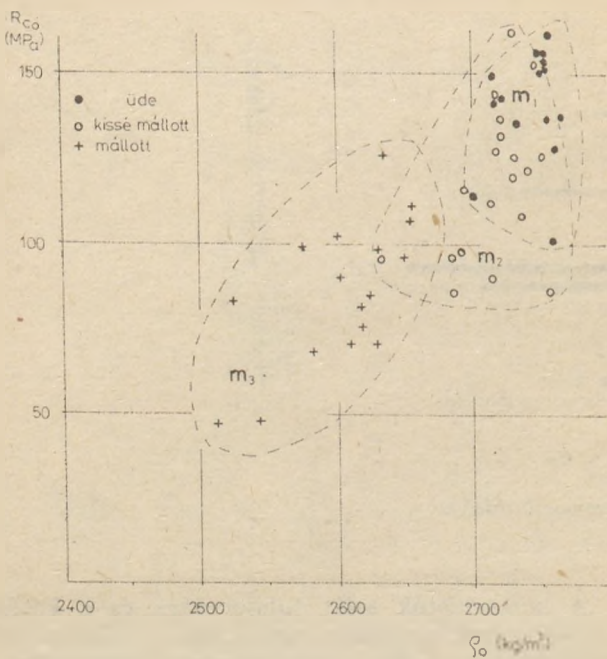
Azzal a feltételezéssel, hogy a kötés a kőzetalkotók tömegközéppontja közötti összetartó erő, amely a tömegvonzáson túl jelentkezik; továbbá, hogy a kőzetalkotók azonos anyagú gömbök – felhasználva Szabó (1966) elméleti fejtegetéseit – Gálos–Kertész–Kürti (1979) határozott meg kötőerőt a ragasztott szövetű homokkövek esetében. A módszer általánossá tételének kidolgozása további kutatómunkát igényel.

A kőzetalkotók saját tulajdonsága és a kötési tulajdonságok együttese meghatározza a különböző kőzetani csoportba tartozó kőzetek nyomószilárdságának értékcsorát. Így ha egy kőzetnevet hallunk nyomószilárdságával együtt emlegetni, rögtön ítéletet tudunk mondani, hogy egy jó, vagy rossz minőségű előfordulásról van-e szó. A 3. ábrán a fő kőzet-csoportok jellegzetes tartományait mutatjuk be az ismert határértékek feltüntetésével.

A kőzettani jellemzők és a nyomószilárdság között a vázolt nehézségek ellenére nagyon sokféle összefüggést lehet kimutatni.



5. ábra. Összefüggés karbonátos kőzetek nyomószilárdsága és kőzettani tulajdonságai között



6. ábra. Összefüggés különböző megtartási állapotú piroxénandezitek (Nógrádkövesd) testsűrűsége és nyomószilárdsága között

Példaként néhányról ejtünk szót a BME Ásvány-és Földtani Tanszék kőzetfizikai laboratóriumában végzett vizsgálatok eredményeinek felhasználásával.

A 4. ábrán a teherviselő váz szerepét mutatjuk be riolittufákon, ahol a nyomószilárdságot az alapanyag-tartalom függvényében ábrázoltuk. A teherviselésben az alapanyag mellett meghatározott horzsaköves és bontott, mállott zárványok, valamint az elkülönített egyéb zárványok csak áttételesen vesznek részt, így mennyiségük növekedésével a nyomószilárdság csökken.

Karbonátos üledékes kőzetek vizsgálati eredményeinek bemutatásával többféle tulajdonság hatását figyelhetjük meg (5. ábra).

A durva mészkő (Sóskút) kis, közepes és nagy pórusokat tartalmazó mintacsoportjainál a testsűrűség növekedése együtt jár a nyomószilárdság növekedésével. A porozitás csökkenése e kőzetfeleségnél az ooidos szöveti elemek közötti kötőerő növekedését is eredményezi.

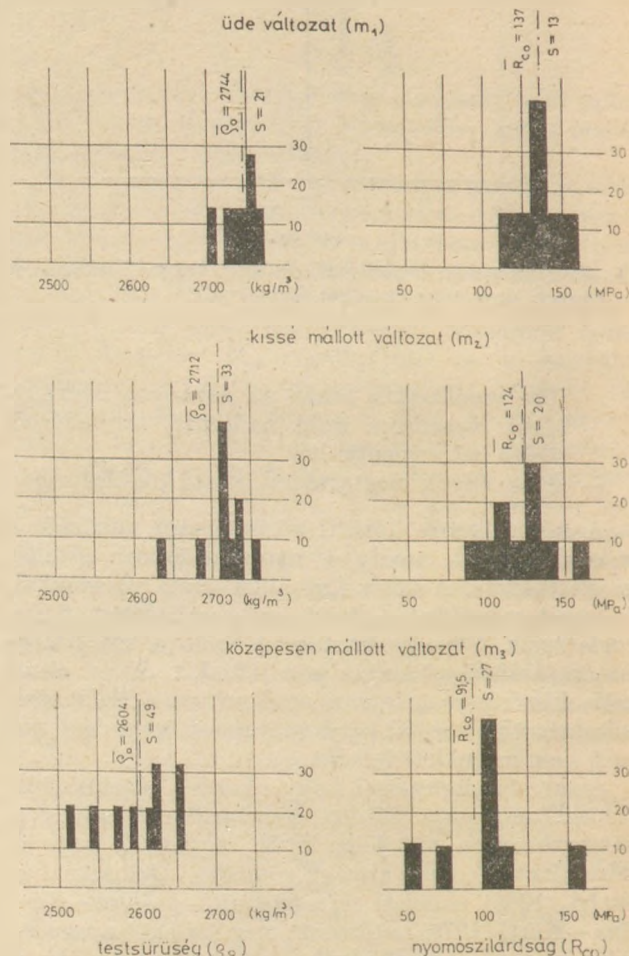
Más jellegű az összefüggés forrásvízi mészköveknél. A süítői forrásvízi mészkövek vizsgálati eredményei azt mutatják, hogy a porozitás növekedése csak egy határon túl eredményezi a nyomószilárdság csökkenését. A mikrokristályos karbonátos váz megfelelően teherviselő lehet még 10 V%-os látszólagos porozitás mellett is.

A vértessomlyói tömött mészkő különböző szöveti tulajdonságú mintacsoportjai hasonló eredményeket mutatnak mint az iszkaszentgyörgyi dolomit. A kalciterekkel, vagy mikrorepedésekkel átszőtt szövetű változatok alacsonyabb nyomószilárdságúak, mint a mikrokristályos szövetűek. Ezeknél is a kisebb szemnagyságú, egyenletes eloszlású kristályos változatok a nagyobb nyomószilárdságúak.

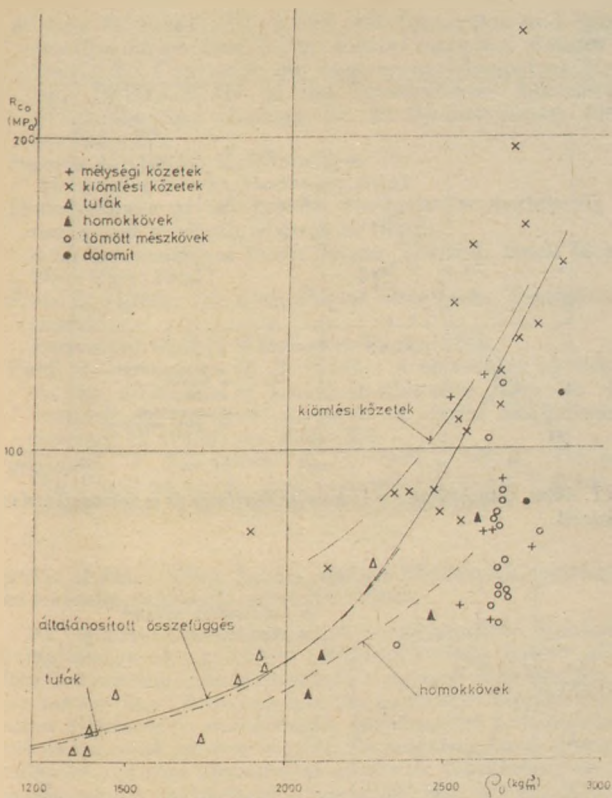
A mállottság hatását a nyomószilárdság értékének alakulására jól tanulmányozhattuk a több mint 50 mintacsoportot tartalmazó andezitkutatás (Nógrádkövesd, Bercel-hegy) során. A fúrási maganyag andezitváltozatait makroszkópos vizsgálattal soroltuk üde ( $m_1$ ), kissé mállott ( $m_2$ ) és mállott ( $m_3$ ) csoportba. A mállottabb andezitek kisebb nyomószilárdságúak és a testsűrűségük is alacsonyabb. Minden mintacsoportnál 5–5 db próbatest egyedi vizsgálati eredménye alapján számoltuk az átlagokat, amelyek a 6. ábrán szerepelnek.

### Összefüggések az egyirányú nyomószilárdság és más kőzetfizikai minősítő vizsgálatok eredményei között

Az egyirányú nyomószilárdság tárgyalása során érdemes a figyelmet felhívni néhány összefüggésre, amelyek a nyomószilárdság és egyéb kőzetfizikai jellemzők között kimutathatók. Itt könnyebb dolgunk van, ha a kőzetani tulajdonságokat figyelembe akarjuk venni, hiszen ez esetben két, vagy több számértékhez kötött anyagjellemző közötti kapcsolatról van szó és a kőzetan csak az összefüggés értelmezéséhez szükséges.



7. ábra. Hisztogramok a mállottság függvényében (piroxénandezit, Nógrádkövesd)



8. ábra. Összefüggés a kőzetek testsűrűsége és nyomószilárdsága között

Nagyon sok esetben fordul elő, hogy a nyomószilárdság ismeretében előzetes véleményt kell mondani egy adott kőzet egyéb tulajdonságairól. Ilyen esetben az ember szakirodalmi ismerete, vizsgálati tapasztalata alapján tud a feltett kérdésre válaszolni; természetesen minden esetben felhíva a figyelmet azokra a tényezőkre, amelyek a közölt adatok pontosságát befolyásolják.

Megkönnyíti a választ, ha bemutatunk néhány regressziós összefüggést a nyomószilárdság és néhány minősítő kőzetfizikai tulajdonság között.

A tömegeloszlási tulajdonságok közül a légszár az testsűrűség a leggyakrabban emlegetett kőzettulajdonság.

A 8. ábrán hazai kőzetek nyomószilárdságát ábrázoltuk testsűrűségük függvényében. Az egyes kőzetcsoporthoz kimutatható összefüggések az összefüggés „erősségét” mutató korrelációs index (r) megadásával:

tufáknál:

$$R_{co} = 1,836 \left( \frac{\rho_o}{1000} \right)^{4,213} \quad r = 0,932$$

homokkőveknél:

$$R_{co} = 0,892 \left( \frac{\rho_o}{1000} \right)^{4,547} \quad r = 0,931$$

kiömlési kőzeteknél: (riolit, dácit, fonolit, andezitek, bazaltok)

$$R_{co} = 10,10 \left( \frac{\rho_o}{1000} \right)^{2,622} \quad r = 0,673$$

Nem lehetett használható összefüggést kimutatni a kristályos szemcsés szövétű mélységi kőzeteknél, valamint a tömött mészkőveknél és dolomitoknál. A testsűrűség viszonylag szűk tartományában nagy nyomószilárdság különbséget tapasztaltunk. Az eredmények nagy szóródása egyes kőzetcsoporthoz tartozó szöveti szerkezetükkel, ill. felépítésükkel könnyen magyarázható. Például a dolomitok mikrorepedéses szerkezete miatt nagy e kőzeteknél a nyomószilárdság értelmezési tartománya. A vegyi üledékes kőzetek csoportjába tartozó karbonátos kőzeteknél a 9. ábrán tüntettük fel azokat a mezőket, amelyekbe az egyes kőzetfajták mérési eredményei esnek.

Meghatároztuk, de csak tájékoztató jelleggel közöljük azt az összefüggést, amely kőzetféleségtől függetlenül adható meg a testsűrűség és a nyomószilárdság között. (A meghatározásnál a karbonátos kőzetek vizsgálati eredményeit nem vettük figyelembe)

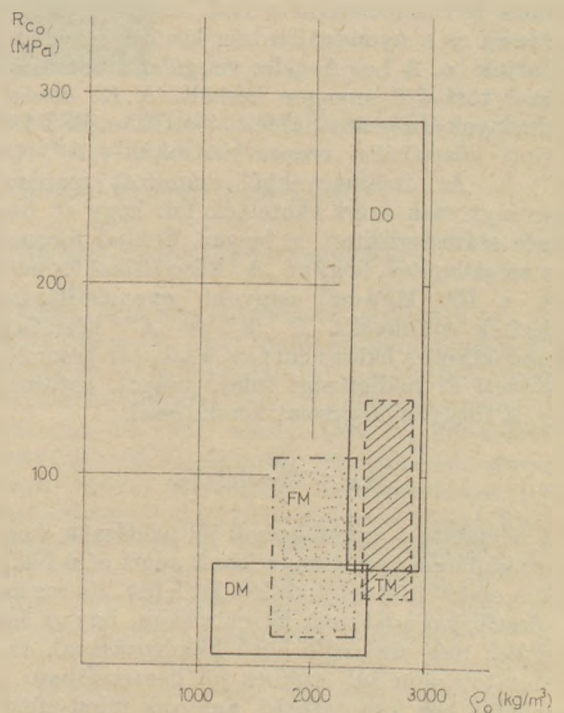
$$R_{co} = 1,805 \left( \frac{\rho_o}{1000} \right)^{4,327} \quad r = 0,859$$

A nyomószilárdság mellett a kőzetek húzószilárdsága az a minősítő kőzetjellemző, amelyet sokszor használunk. Ez esetben is a kőzettani, szöveti tulajdonságok alapján lehet csak egy-egy kőzetcsoporthoz jellemző összefüggést kimutatni. Példaként a 10. ábrán porfirós szövétű kiömlési kőzeteknél mutatjuk be azt a tartományt, amelyen belül meghatározható a

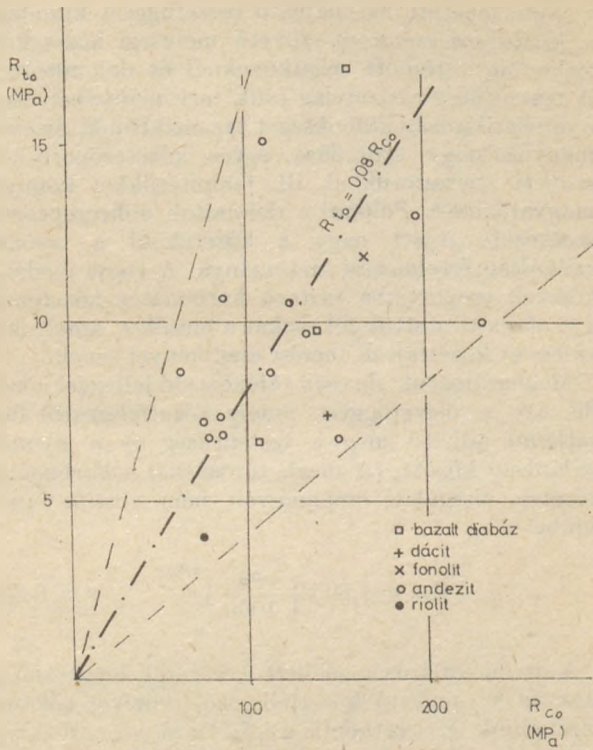
$$R_{to} = 0,080 \cdot R_{co}$$

képlet.

Kőzetcsoporthoz függetlenül — a 8. ábrán már egy összefüggésrendszerben bemutatott hazai kőzetek-



9. ábra. Karbonátos kőzetek testsűrűsége és nyomószilárdsága közötti összefüggés



10. ábra. Összefüggés a nyomó- és húzószilárdság között kiömlési kőzetekél

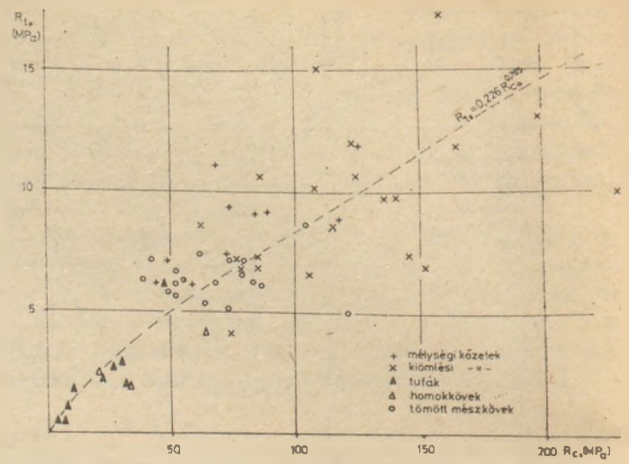
nél — a nyomószilárdság és a húzószilárdság között a függvénykapcsolat (11. ábra):

$$R_{t0} = 0,226 \cdot R_{c0}^{0,785} \quad r = 0,747$$

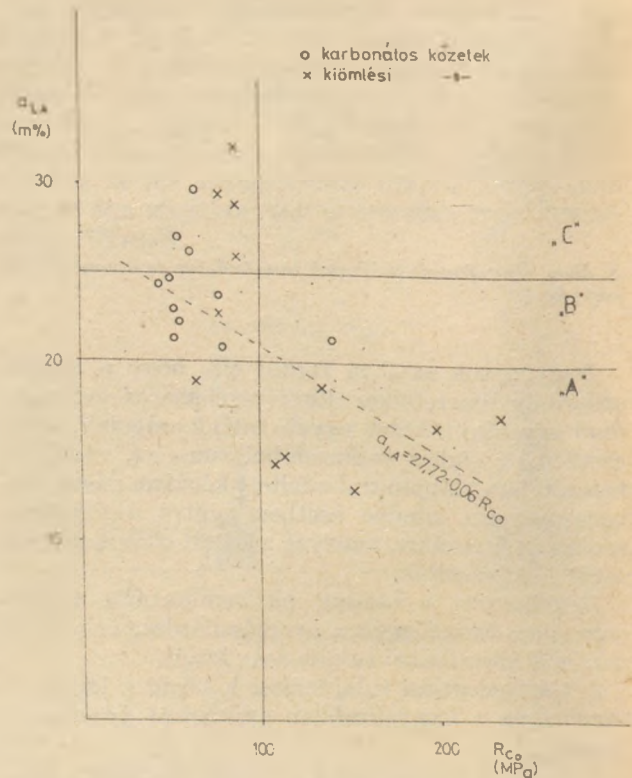
Befejezésként az adalékanyagként használt andezitek és néhány tömött mészkő vizsgálati eredményeinek felhasználásával a Los Angeles aprózódási veszteség és a nyomószilárdság közötti összefüggést mutatjuk bc. A Los Angeles vizsgálat laboratóriumi kétszer tört 5/8 anyagon készült. A 12. ábrán az eredmények ábrázolásánál feltüntettük az MSZ 18291 szerinti kőzetfizikai csoporthatárokat („A”, „B”, „C”) is. Az eredményekből számított regressziós függvényt csak azért tüntettük fel, hogy az összefüggés számszerűsített is legyen. Sokkal fontosabb az a megállapítás, hogy az „A” kőzetfizikai csoportba csak a 100 MPa-nál nagyobb nyomószilárdságú andezitek sorolhatók. A „B” és „C” kőzetfizikai csoport között a határ nem éles, a kőzetek besorolását a szöveti és mállottsági tulajdonságok határozzák meg. A függvénykapcsolat kerekítéssel

$$a_{LA} = 28 - 0,06 R_{c0}$$

A bemutatott összefüggések jól példazzák, hogy a nyomószilárdság ismerete a kőzet adott célú felhasználása esetén fontos kiinduló adat lehet. Ha sor kerül a kőzetfizikai adatbank létrehozására, úgy az összefüggések még szélesebb körű kidolgozásával, az itt bemutatottakon túl, számos jól hasznosítható kölcsönhatás lesz kimutatható, amelyek mind-mind az építési kőanyagok megismerését és felhasználását teszik szabatosabbá.



11. ábra. Összefüggés a nyomószilárdság és a húzószilárdság között



12. ábra. Összefüggés a nyomószilárdság és a Los Angeles vizsgálat aprózódási vesztesége között

## IRODALOM

- Dreyer W. (1955): Über das Festigkeitsverhalten sehr verschiedenartiger Gesteine Diss. Bergakademie Clausthal 1955
- Gálos M. — Kertész P. — Kürti I. (1979): Gesteinphysikalisches Modell für Gesteine mit Zementationstextur 4 th International Congress on Rock Mechanics Montreux 1979. Proceeding Volume 1 pp 145 — 151
- Gálos M. — Kertész P. — Kürti I. — Marek I. (1982): Le comportement geotechnique des roches carbonates employees en Hongrie BULLETIN of the International Association of Engineering Geology N° 25 Paris 1982. pp 67 — 72
- Kertész P.: (1970): Kőzetfizika (BME M 229 számú szakmérnöki jegyzet) Tankönyvkiadó, Budapest 1970.

Matula M. (1981): Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping, BULLETIN of the International Association of Engineering Geology No 24 Aachen/Essen 1981. pp 235 – 274

Palotás L. (1961): Építőanyagok II.

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961.

Protodjakonov M. M. (1964): Methods for evaluating of cracks and strength of rock at depth.

4 th International Conf. Strata. Control. Rock Mech. New York 1964.

Szabó G. (1966): Die Grundlagen einer neuen Festigkeitstheorie

Bauverlag GmbH Wiesbaden-Berlin 1966.

Turk N. – Dearman W. R. (1986): A correction equation on the influence of length-to-diameter ratio on the uniaxial compressive strength of rocks Engineering Geology 22 (1986) pp. 293 – 300

Vutukuri V. S. – Lama R. D. – Saluja G. S. (1974): Handbook on mechanical properties of rocks. Volume I. Trans. Tech. Publications Clausthal 1974.

Gálos Miklós – Kürti István: Építési kőanyagok egyirányú nyomószilárdságának minősítő jellege

Az építési kőanyagok egyik legfontosabb minősítő tulajdonsága az egyirányú nyomószilárdság értéke. Különböző szabványok és előírások a nyomószilárdság alapján minősítik a kőzeteket. A cikk ismerteti a vizsgálattechnikai előírásokat, a fontosabb osztályozási határértékeket és bemutat néhány regressziós összefüggést a nyomószilárdság és más kőzetfizikai minősítő tulajdonságok – nevezetesen a testsűrűség, a húzószilárdság és a Los Angeles aprózódási veszteség között.

Галов, М. Курти, И.: Прочность при сжатии в одном направлении, как критерий качественной оценки строительных каменных материалов

Одним из важнейших свойств строительных каменных материалов, являющихся критерием их качества, является значение прочности при сжатии в одном направле-

нии. Различные стандарты и технические условия производят качественную оценку каменных пород на основе их прочности при сжатии. В статье описываются предписания по технике испытания, важнейшие пограничные значения классификации, а также приводятся несколько регрессионных зависимостей между прочностью при сжатии и другими физическими свойствами пород, а именно между плотностью, прочностью на изгиб и потерями измельчения по Лос Анжелосу.

Gálos, Miklós – Kürti, István: Die einaxiale Druckfestigkeit, als Parameter der Qualitätsprüfung von Bausteine.

Eine der wichtigsten Eigenschaften der Bausteine hinsichtlich Qualifizierung ist der Wert der einaxialen Druckfestigkeit. Verschiedene Normen und Vorschriften qualifizieren die Gesteine auf Grund der Druckfestigkeit. Der Beitrag gibt eine Beschreibung über prüfungstechnische Vorschriften, wichtigere Grenzwerte der Klassifizierung und stellt einige der Regressionszusammenhänge zwischen Druckfestigkeit und anderen gesteinsphysischen Qualifizierungseigenschaften – wie Rohdichte, Zugfestigkeit und Los Angeles Zerkleinerungsverlust dar.

Gálos, Miklós – Kürti, István: Quality Assurance Characteristics of Uniaxial Compressive Strength of Building Rocks

Most national standards classify building rocks by their uniaxial compressive strength. The various techniques of examination as well as classification limits are described, together with several regressions, including compressive strength and different rock physical quality assurance variables (thus bulk density, tensile strength and Los Angeles comminution value).

## A világ szilikátiparából

Titánoxid fejlesztés a Du Pont és Kerr McGee cégeknél

A titánoxid pigmens igény növekedésével az USA-ban az értékesítési árak megközelítették az árjegyzéki árakat. Egyes cégek adtak engedélyeket esetenként, de ezek az idők folyamán megszűntek. A rutil típusú titán-dioxid jelenlegi ára 78 Cent (1b/1,71 USD/kg). 1985-ben az USA fogyasztása rekordszintet ért el 910 kt-t. Ez kerek 100 kt-val több az 1985. évi amerikai termelésnél. 1986-ra a gazdasági szakértők legalább az 1985-ös fogyasztást jelzik előre. Du Pont véleménye szerint Dél-Afrikában és a Távolkeleten nőni fog a titán-dioxid igény. Ezért Du Pont Brazíliában 60 kg/év kapacitású üzemet fog építeni, 1989. évi indításra. Taivanban ugyanez a társaság engedélyt kapott egy másik 60 kg/év kapacitású üzem építésére, melynek beruházási költségét 160 M USD-re tervezik. Első kérelemre a Taivani Beruházási Minisztérium nem adott engedélyt, hogy a Kerr McGee Chemical Corporation technológiájával 30 kt/év kapacitású titán-dioxid üzem is épüljön (beruházási költség 75 M USD), mivel a Du Pont üzem kapacitását elegendő-

nek ítélték. A Du Pont Dél-Koreában is épít 60 kt/év kapacitású titán-dioxid üzemet.

(Industrial Minerals, 1986. április)

Különleges szilárdságú kerámiakötés

Az osakai egyetemről Iwamoto professzor és a Sumitomo Cement Co. Ltd (Tokió) kalcium-oxidból, titán-oxidból és szilícium-dioxidból szerves kötőanyagból álló pasztát állítottak össze (az alkotók szemcsenyagysága max 10 µm), amely 1500 °C hőmérsékletre hevítve 30–60 °C hőntartás után (nitrogén atmoszférában) légköri nyomáson nagyszilárdságú kötést létesít szilícium-nitrid és fémfelületek között. Plazmahegesztéssel max. 30 kg/mm<sup>2</sup> kötőszilárdság érhető el, az újfajta paszta égetés után 40 kg/mm<sup>2</sup> kötést biztosít és a módszer olcsóbb is. A pasztából olyan bonyolult kerámia alkatrészek is előállíthatók, amelyet a hagyományos zsugorítással, fröccsöntéssel, vagy formaöntéssel eddig nem sikerült gyártani.

(Frankfurter Ztg., Blick d.d. Wirtschaft, 1986. április 10.)

# Cementnyersliszt ásványai bomlásának vizsgálata DOPOL lebegtető hőcserélőben röntgendiffrakcióval és termoanalízissel\*

JANKÓ ANDRÁS

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevetés

A magyarországi cementipar korszerűsítése az energiatakarékos száraz eljárású technológia befogadásával, ezen belül a négyfokozatú lebegtető hőcserélős klinkerégető forgókemencék telepítésével valósult meg.

Mivel a nyerslisztnek a hőcserélőben elért bomlási fokától nagymértékben függ a forgókemence termelése, ezért a bomlási tulajdonságok vizsgálatát érdeklődésre érdemesnek találtuk.

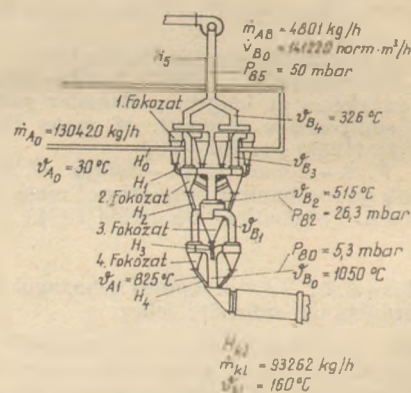
A hazai cementgyárak közül most a „H” gyár 1. sz. klinkerégető berendezésén végzett vizsgálatok eredményeit adjuk közre. A mért technológiai jellemzőket az I. ábrán ismertetjük, feltüntetve egyúttal a mintavételi helyeket és a minták jelölését. A minták kémiai összetételét — kivonatosan — az I. táblázatban közöljük. A nyersliszt ladini mészkövet, alsópannoniai és pleisztocén agyagot és piritpörköt tartalmaz.

## Vizsgálati módszerek

### Az ásványi összetétel vizsgálata

Az ásványi összetételt mind az eredeti állapotban, mind a 105 °C-on szárított sósavban oldhatatlan maradékon minőségi röntgendiffrakcióval (RD) vizsgáltuk. A diffraktogramokat a különböző  $\Theta$  (CuK  $\alpha$ ) szögeknél jelentkező reflexiók ( $d_{hkl}$  Å) azonosításával és viszonylagos erősségével értékeltük. Az RD vizsgálatok értékelését a II. táblázatban foglaltuk össze.

\* A XIV. Szilikátipari és Szilikátudományi Konferencia anyagából



### Földgázüzelés

$$F = 37470 \text{ kJ/norm. m}^3 \quad (8950 \text{ kcal/norm. m}^3) \quad \dot{V}_g = 80770 \text{ norm. m}^3/\text{h}$$

$$F' = 3240 \text{ kJ/kg hl} \quad (774 \text{ kcal/kg hl})$$

1. ábra. A klinkerégető berendezés mért technológiai jellemzői (Az „A” index a szilárd, „B” pedig a gázfázist jelöli. Mintavételi helyek a hőcserélőben  $H_{0,1...5}$  a klinkerhűtő után:  $H_{kl}$ )

### A hőbomlás vizsgálata termogravimetriás analízissel (TGA)

A kalcit termikus bomlási tulajdonságait a TG-görbe alapján meghatározott aktiválási energiával ( $E_a$  kJ/mol) és a DTG-görbén jelentkező csúcs helyzetével ( $T_p$  °C) jellemezzük.

A nyersliszték bomlását az  $R_2$ -es modellel [(Sharp (1966), Imlach (1976))] közelítettük, miután a TG-

1. táblázat

A nyersliszték és a gyártott klinker kémiai összetétele (kivonatosan) és modulusai

Nyersliszt	Izzítási veszteség %	Sósavban oldhatatlan rész %	Szabad CaO %	Illó alkotók					Modulusok		
				CO <sub>2</sub> %	K <sub>2</sub> O %	Na <sub>2</sub> O %	SO <sub>3</sub> %	Cl- %	KStI %	SM	AM
H <sub>0</sub>	35,13	18,27	—	33,7	0,46	0,18	0,38	0,02	93,28	2,55	1,33
H <sub>1</sub>	33,99	18,07	∅	32,6	0,50	0,23	0,38	0,06	92,91	2,41	1,34
H <sub>2</sub>	33,78	18,27	0,26	32,5	0,51	0,20	0,59	0,10	89,73	2,38	1,16
H <sub>3</sub>	31,97	16,60	1,89	31,1	0,66	0,19	0,39	0,18	94,69	2,29	1,53
H <sub>4</sub>	22,13	15,45	9,72	20,5	0,97	0,23	1,24	0,25	90,48	2,24	1,63
H <sub>5</sub>	36,98	13,48	∅	34,8	0,45	0,10	0,54	0,12	132,68	1,96	1,38
H <sub>kl</sub>	0,86	—	0,60	—	0,62	0,26	0,29	0,01	92,44	2,57	1,31

A nyerslisztek minőségi RD vizsgálatának értékelése

Nyersliszt	Földpátok	Az ásványok reflexióinak viszonylagos erőssége					
		Illit	Kalcit	CaO	Kaolinit	Kvarc ( $\beta$ )	Montmorillonit
H <sub>0</sub>	+	++	++++	-	+++	++++	+
H <sub>1</sub>	+++	++++	++++	-	+++	++++	+++
H <sub>2</sub>	+++	++++	++++	-	++	++++	-
H <sub>3</sub>	+++	++++	++++	+	-	++++	-
H <sub>4</sub>	+	++	++++	+++	-	++++	-
H <sub>5</sub>	++	+++	++++	-	++++	+++	++

Megjegyzés: + gyenge, de határozottan felismerhető reflexiók  
 ++ mérsékelten erős reflexiók  
 +++ közepesen erős reflexiók  
 ++++ erős reflexiók  
 +++++ igen erős reflexiók  
 - nincs reflexió

3. táblázat

A nyerslisztek kalcittartalma termikus bomlási energidjájának meghatározása R<sub>2</sub>-es modellel [ $g(\alpha) = 1 - (1 - \alpha)^{1/2}$ ]

Nyersliszt	Alsó					Felső					Átmenet a két szakasz között	
	szakasz										T <sub>b</sub> °C	$\alpha_i$ %
	T <sub>a</sub> - T <sub>b</sub> °C	n	r	E <sub>a</sub> kJ/mol	T <sub>c</sub> - T <sub>d</sub> °C	T <sub>p</sub> °C	n	r	E <sub>a</sub> kJ/mol			
H <sub>0</sub>	800 - 860	4	0,9943	122,9	880 - 940	920	7	0,9982	264,7	870	36,6	
H <sub>1</sub>	740 - 800	3	0,9977	80,7	820 - 920	895	10	0,9957	207,6	810	21,4	
H <sub>2</sub>	780 - 840	4	0,9981	118,0	860 - 930	910	8	0,9966	259,4	850	29,1	
H <sub>3</sub>	700 - 820	5	0,9959	128,1	840 - 940	900	10	0,9974	207,0	830	25,0	
H <sub>4</sub>	740 - 820	4	0,9989	113,3	840 - 920	875	8	0,9910	172,4	830	41,3	
H <sub>5</sub>	780 - 820	3	0,9989	83,9	840 - 940	910	10	0,9990	190,1	830	28,0	

A TGA körülményei - a felfűtési sebesség: 10 K/min; a DTG csillapítása: 1/5  
 a TG érzékenysége: 500 mg; a bemérés: 1,0000 g  
 a kemenceatmoszféra: levegő

görbéből az egyes hőmérsékleti értékekhez ( $T_i = 1,2 \dots n$  °C) tartozó bomlási fokot ( $\alpha_i$ ) meghatároztuk, amely egy S-alakú görbe szerint növekszik.

A  $\lg g(\alpha_i)$  vs  $1/T_i$  K<sup>-1</sup> grafikon egy alsó (T<sub>a</sub> - T<sub>b</sub> °C) és egy felső (T<sub>c</sub> - T<sub>d</sub> °C) szakaszra válik szét, jelezve a bomlási mechanizmusban bekövetkezett változást. A korrelációs tényező (r) minden esetben jobb volt, mint 0,99, és a MacCallum és Tanner (1970) javasolta közelítő képlettel meghatározott aktiválási energia értékei összhangban vannak Imlach (1976) és más kutatók eredményeivel. Azonkívül a modell alkalmazhatóságát a. lt. (p.a.) minőségű CaCO<sub>3</sub>-on, ladini mészkövön és alsókréta márgán is ellenőriztük. A nyerslisztek bomlási tulajdonságait jellemző adatokat a III. táblázatban adjuk meg.

#### Következtetések

A nyersliszt a hőcserélőben a hőmérsékleti viszonyoknak megfelelően bomlik, a kémiai elemzések és az RD vizsgálatok eredményeit tekintve.

A heterodiszperz nyersliszt vezető ásványának, a kalcitnak termikus bomlását az R<sub>2</sub>-es modellel köze-

lítve, a  $\lg g(\alpha_i)$  vs  $1/T_i$  K<sup>-1</sup> grafikon két szakaszra válik szét, jelezve a bomlási mechanizmusban beállt változást. Az aktiválási energia csökkenése a felső szakaszon, melyet a DTG-görbén jelentkező csúcs süllyedése is követ, főleg az illó vegyületek feldúsulásával magyarázható.

Az illó vegyületek jelenléte tehát e tekintetben előnyösnek ítéltető meg, mivel a kalcit bomlásának aktiválási energiáját csökkentik.

A hőcserélő 1. fokozatát alkotó leválasztó ciklonok erős fajtázó hatása (változás a szemcseméret-eloszlásban és az ásványok megoszlásában) idézi elő az 1. fokozatból távozó nyerslisztek (H<sub>1</sub> és H<sub>5</sub>) vizsgálati eredményeiben jelentkező anomáliákat. E hatásukat a leválasztóképességükkel együtt a klinker összetételének megtervezésekor figyelembe kell venni.

#### IRODALOM

- Imlach, J. A.: (1976): Cement and Concrete Research, 6, 747  
 MacCallum, J. R., Tanner, J. (1970): European Polymer J., 6, 1033  
 Sharp, J. H., Brindley, G. W., Narahari Achar, B. N. (1966): J. Am. Ceram. Soc., 49, 379

**Jankó András: Cementnyersliszt ásványai bomlásának vizsgálata Dopol lebegtető hőcserélőben röntgendiffrakcióval és termoanalízissel**

A nyersliszt bomlását egy Dopol lebegtető hőcserélőből kivett kalcinált nyersliszteken vizsgáltuk RFA-sel, RD-val és TGA-sel. A nyersliszt ásványainak bomlása, illetve a szabad CaO képződése a hőcserélőben uralkodó hőmérsékleti viszonyoknak megfelelően folyik.

A kalcinált nyerslisztek TG-görbéjéből nyert  $\alpha_1$  vs.  $T_1$  °C grafikon egy S-alakú görbét ír le. A kalcit termikus bomlását az  $R_2$ -es modellel közelítve, a  $\lg g(\alpha_1)$  vs.  $1/T_1$  K<sup>-1</sup> grafikon két szakaszra válik szét, jelezve a bomlási mechanizmusban beállt változást. A kalcit bomlásának aktiválási energiája a felső szakaszon a hőkezelés előrehaladásával csökken, ami főleg az illó vegyületek növekvő koncentrációjával magyarázható.

A hőcserélő leválasztó ciklonjainak erős fajtázó hatása mind az 1. hőcserélő fokozatból távozó hőkezelt nyerslisztek vizsgálati eredményeiben, mind a gyártott klinker összetételében megmutatkozik.

**Янко. А.: Исследование термического разложения минералов цементной сырьевой муки в циклонном теплообменнике Дополь с помощью рентгенографического и термического анализов**

Исследования были проведены на кальцинированной сырьевой муки, отобранной из циклонного теплообменника Дополь. Разложение сырьевой муки и выделение свободной CaO происходит в теплообменнике в соответствии с температурными условиями.

Зависимость  $\alpha_1$  от  $T_1$  °C на графике, установленная из кривой TG кальцинированной сырьевой муки, дает кривую S-образной формы. При описании термического разложения кальцита с помощью модели  $R_2$ , зависимость  $\lg g(\alpha_1)$  от  $1/T_1$  K<sup>-1</sup> распадается на две части; указывая на изменения в механизме разложения. Энергия активации кальцита в верхнем участке снижается при тепловой обработке, что можно объяснить за счет растущей концентрации летучих соединений.

Сильно классифицирующее влияние осадительного циклона теплообменника подтверждается как испытаниями сырьевой муки, удаляющейся после тепловой обработки из 1. ступени теплообменника, так и составом производимого клинкера.

**Jankó, András: Untersuchung der Zersetzung des Minerale des Zementrohmeihls in Dopol Schwachbegaswärmeaustauscher durch Röntgendiffraktion und Thermoanalyse**

Die Zersetzung des Rohmeihls von aus Dopol-Brennsystem entnommenen kalzinierten Mustern wurde durch RFA, Röntgendiffraktion und Thermogravimetrie untersucht. Die Zersetzung der Rohmeihlminerale, bzw. die Entstehung des freien CaO läuft entsprechend den Temperaturbedingungen des Wärmeaustauschers ab. Das aus der TG-Kurven der kalzinierten Rohmeihle ergebende  $\alpha_1$  versus  $T_1$  °C Diagramm gibt eine S-förmige Kurve. Annähernd die thermische Zersetzung des Kalzits mit dem  $R_2$ -modell trennt sich das Diagramm  $\lg g(\alpha_1)$  versus  $1/T_1$  K<sup>-1</sup> in zwei Strecke, es bezeichnet die Änderung des Zersetzungsmechanismus. Die Aktivierungsenergie des Kalzitzersetzens nimmt auf der obersten Strecke mit dem Fortgang der Wärmebehandlung ab, was mit der zunehmenden Konzentration der flüchtigen Verbindungen erklärt werden kann.

Die starke klassifizierende Wirkung der Abscheidezyklone zeigt sich sowohl in den Prüfergebnissen der aus der ersten Zyklonstufe stammenden wärmebehandelten Rohmeihle, als in der Klinkerzusammensetzung.

**Jankó, András: Decomposition of Cement Raw Meal Minerals in a Suspension Preheater by X-ray Diffraction and Differential Thermal Analysis**

Raw meal decomposition in a Dopol suspension preheater was studied by X-ray fluorescence, XRD and TGA. Decomposition and free lime formation are controlled primarily by the temperature conditions in the preheater. The  $\alpha_1$  vs.  $T_1$  graph was constructed on the base of TGA curves and shows a sigmoid shape. The thermal decomposition of calcite can be approximated by the  $R_2$  model and the  $\lg(\alpha_1)$  vs.  $1/T_1$  graph can be divided into two sections; at the section boundary the mechanism of decomposition is changed. In the upper section the activation energy of calcite decomposition decreases with progressive heat treatment; this can be mainly due to the increasing concentration of volatile compounds. The strong separating effect of the cyclones of the preheater system can be well seen in both the investigation results of the heat treated raw meals leaving the first preheater, and in the composition of the manufactured clinker.

## A világ szilikátiparából

**Új eljárás szálerősítéses gipszlapok gyártására**

A gipszkarton gyártásához korábban különleges minőségű kartonpapírra volt szükség. A nyugatnémet Babcock cég új, szálerősítéses gipszlap gyártási eljárást dolgozott ki, amely kiküszöböli a kartonpapír problémát. A szálasanyagot papírhulladékból és egyéb szálas hulladékokból nyerik. A hagyományos gipszlapgyártásnál kalcium-szulfát-félhidrátot (égetett gipsz), papírhulladékot és adalékot használtak, majd az így bekevert félhidrátot dihidráttá alakítva nyerték a szilárd gipszlapot. Az eljárás hátránya, hogy előzőleg égetett gipszet kell előállítani, majd a bekevert masszából a megszilárdulás előtt, nagyon gyorsan ki kell alakítani a gipszlap végleges formáját. A Babcock-BSH AG, Bad. Hersfeld új eljárása kiindul alapként kalcium-szulfát-dihidrátot használ és a szálaanyagokkal elkevert masszát autoklávban

kezeli. Nyersanyagként füstgáztisztításból eredő gipsz is jól felhasználható.

(Frankfurter Ztg., Blick d.d. Wirtschaft, 1986. április 18.)

**Tovább nő a szuperkerámiák jelentősége**

Az amerikai Strategy Analysis, Inc. (SAI), Reading (Penns.) tanulmánya szerint a szuperkerámia igény átlagban évi 16%-kal nő. 1990–1995 időszakban kisebb, átlag évi 10% lesz a várható növekedés. Az 1985. évi értékesítést szuperkerámiákból a világon 5,2 mrd USD-re becsülik. A legjobban keresett termékek a gáz- és nedvességérzékelők (28% éves növekedés), a szerkezeti kerámiák (25% növekedési rátával) és a vágószerszámok (20% évi növekedés). A belsőégésű motoroknál 1990-ig még nem lesz jelentős kerámiatermék felhasználás.

(Research and Development, 1986. március Frankfurter Zeitung, Blick d. d. Wirtschaft, 1986. május 28.)



# Szemcsés anyagok osztályozása Mogensen berendezésekkel\*

THORMÄHLEN, PETER

Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel/Hamburg

## Bevezetés

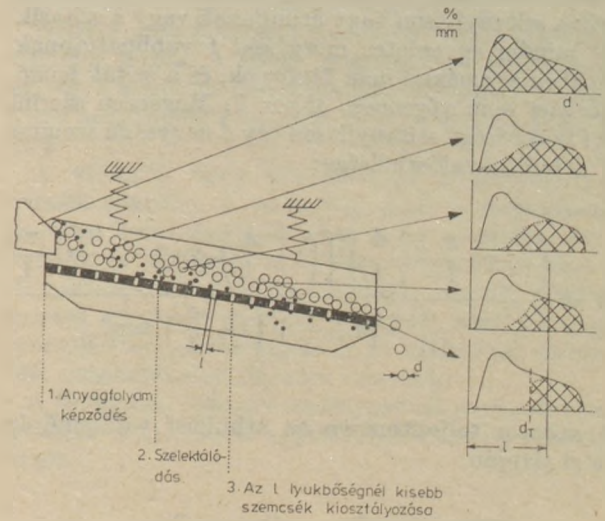
Bár az osztályozási feladatok nagy része a lényegében hagyományosnak tekinthető technológiákkal jól el-  
láthatók, az utóbbi időkben új osztályozási módsze-  
rek bevezetését sürgető körülmények illetve követel-  
mények is kialakultak. Így egyrészt egyre több a  
rosszabb minőségű, nehezen osztályozható nyers-  
anyag, és kevesebb a kellő előkészítés költségfedezete,  
másképp magasabb a szemcsés termék tisztasága és  
osztályozási élessége iránti követelmény, és fonto-  
sabbá vált a kereslethez rugalmasan igazítható, nagy  
teljesítőképességű, könnyű szerkezetű, energia és  
munkaerő takarékos, üzembiztos, egyszerűen karban-  
tartható, környezet kímélő osztályozó berendezés  
illetve technológia alkalmazása.

E szempontoknak jól megfelelő új, megalkotása óta  
is továbbfejlesztett technológia a Mogensen szita-  
soros osztályozó és pálcás osztályozó. A szitasoros  
osztályozás elvét Dr. Fredrik Mogensen svéd mérnök  
az 1950-es évek elején dolgozta ki, és az ezen az elven  
szerte a világban működő osztályozó berendezések  
száma ma már több mint 5000. E berendezésekből  
néhány Magyarországon is üzemel, továbbiak alkal-  
mazása elősegítheti a különböző építőanyagipari  
ágazatok kő-kavics osztályozás fejlesztési elképzelé-  
seinek megvalósítását, és ezért a Mogensen osztályo-  
zás elve és gyakorlata e szakkörök érdeklődésére  
számot tarthat.

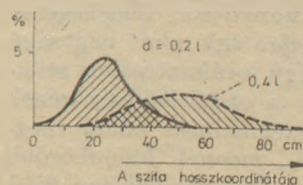
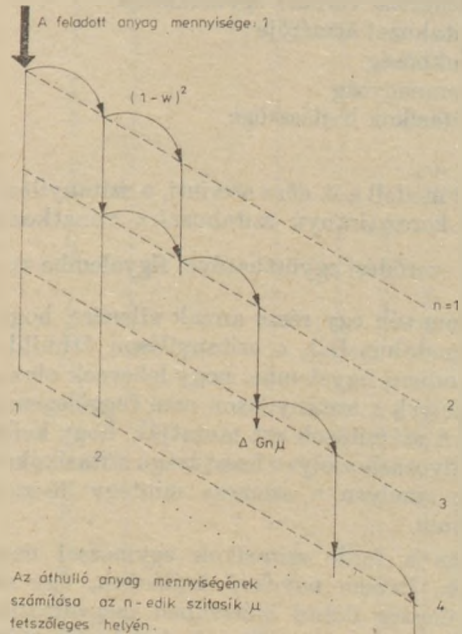
## A Mogensen szitasoros osztályozás elve

A hagyományos osztályozásnál a szitasík lyukbősege  
az elválasztási szemnagyságnál alig nagyobb és ezért  
ahhoz, hogy a túlfolyó anyag kevés méreten aluli  
szemcsét tartalmazzon, a szitasíknak megfelelően  
hosszúnak és szélesnek, az anyagfolyam haladásának  
viszonylag lassúnak, a vibrációnak optimálisnak kell  
lennie. A megfelelően működő konstrukció terjedel-  
mes, nehéz. Az osztályozás során e paramétereiktől  
függően helyezkedik el egyre több apró szemcse az  
anyagfolyam alsó rétegében és távozik el a szita-  
nyíláson, és javul a túlfolyó anyag osztályozási éles-  
sége (1. ábra). Kedvezőtlen esetben a feladott anyag  
átbotozódik, a szitanyílások eltömődnek.

Az elválasztási szemnagyságnál kisebb szemek  
kiosztályozását F. Mogensen azáltal könnyítette  
meg, hogy a feladott anyagot az osztályozógépbe való  
belépésnél fellazítja, legfeljebb 10 db rövid, növekvő  
hajlású, fentről lefelé csökkenő lyukbőségű szitát  
helyez el egymás alatt, az elválasztási szemnagysá-  
gnál jelentősen nagyobb szitanyílásokat alkalmaz.  
A Mogensen szitasor számos változatban alakítható  
ki. A helyes kialakításhoz és üzemeléséhez ismernünk  
kell az osztályozás elvét, amit — a különböző méretű



1. ábra. A hagyományos osztályozás elvi vázlata



Különböző d nagyságú szemcsék  
áthullási gyakorisága az l  
lyukbőségű szitasor hossza mentén

2. ábra. A Mogensen szitasoros osztályozás elvi vázlata  
párhuzamos szitaelrendezés mellett (F. Mogensen után)

\* Budapesten, a Szilikátipari Tudományos Egyesületben  
1986. június 12-én elhangzott előadás szövege.

szemcsék 10 szintű, azonos lyukbőségű és lejtésű szitasoron való áthullási valószínűségét keresve – a 2. ábrán feltüntetett egyszerűsített modellen tanulmányozhatunk.

Ha e modell szellemében feltételezzük, hogy a ferde elrendezésű, egymással párhuzamos elhelyezkedésű szitasíkok nyílásai egymás alá esnek, a szemcsék a szitanyíláson vagy áthullanak vagy a szitasíkról mindig egyenletes mozgással továbbpattannak, eközben egymással nem ütköznek, és a sziták lengőmozgást nem végeznek, akkor F. Mogensen szerint az  $l$  lyukbőségű szitanyíláson egy  $d$  nagyságú szemcse  $W$  áthullási valószínűséggel:

$$W = \frac{\left(1 + \psi \cdot \frac{s}{l} - \frac{d}{l}\right) \left[ \left(1 + \frac{s}{l}\right) \cdot \cos\beta - (1 - \psi) \cdot \frac{s}{l} - \frac{d}{l} \right]}{\left(1 + \frac{s}{l}\right) \left(1 + \frac{s}{l}\right) \cos\beta}$$

A szitasor teljesítménye az áthullási valószínűségi tétel alapján:

$$\Delta G n \mu = \frac{n(n+1)(n+2) \dots (n+\mu-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (\mu-1)} W^n (1-W)^{\mu-1}$$

ahol

- $n$  = a szitasíkok száma
- $\mu$  = a nyílások száma szitánként
- $\psi$  = az áthullási verődés együtthatója
- $s$  = a szitahuzal átmérője
- $l$  = a lyukbőség
- $d$  = a szemnagyság
- $\beta$  = a szitasíkok hajlásszöge

A számítási modell a 3. ábra szerinti, a szitanyílást határoló két keresztirányú szitahuzalra vonatkozó

$$\psi = \frac{\psi_1}{2} + \frac{\psi_2}{2}$$

verődési együtthatóval figyelembe veszi, hogy a szemcsék egy része annak ellenére, hogy érintkezik a szitahuzallal, a szitanyíláson áthullik.

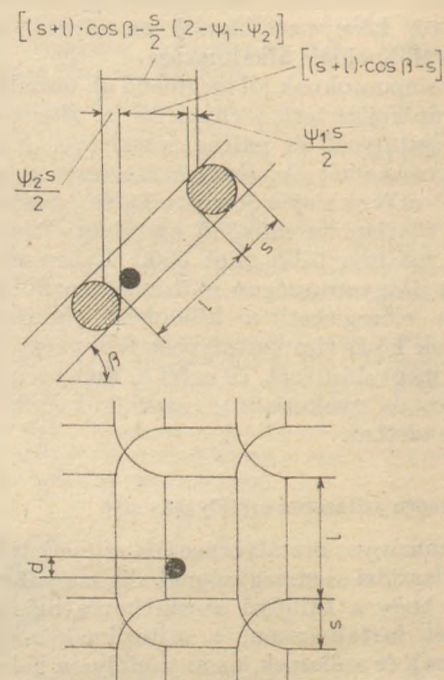
Nem veszi azonban figyelembe, hogy lehetnek olyan szemcsék, amelyek a szitanyíláson nem függőlegesen haladnak át. A számítások azt mutatják, hogy kellő élességű osztályozáshoz olyan hosszúságú szitasíkokra van szükség, amelyen a szemcse mintegy 35-ször képes elpattanni.

Amennyiben a ferde szitasíkok egymással nem párhuzamosak, hanem növekvő hajlásúak, úgy az osztályozási élesség döntő mértékben megváltozik. A 4. ábrán látni, hogy a szitasík szükséges leválasztási hossza a hajlásszög növekedésével megnő. Minden hajlásszöghöz rendelhető egy legnagyobb szemnagyságú szemcse, amely a szitanyíláson függőlegesen még át tud hullani. Az 5. ábra egy adott nagyságú szemcse 90%-os valószínűségű leválasztásához szükséges szitahosszat mutatja a szita hajlásszögének függvényében. Valamely szemhalmaz annál megbízhatóbban osztályozható, mennél különbözőbb szemcsetartományt képvisel. Így például egy 0,4.1 és egy 0,8.1 viszonyított nagyságú szemekből álló halmaz 20°-os szitasík hajlásszög mellett, egy ennél

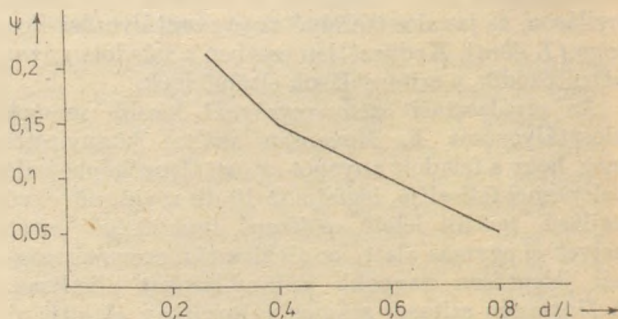
finomabb, 0,2.1 és 0,4.1 viszonyított nagyságú szemekből álló halmaz 56°-os szitasík hajlásszög mellett választható optimálisan ketté. Ez bizonyítja, hogy az osztályozás élessége a szitasík megfelelő hajlásszögének megválasztásával a szemnagyság függvényében befolyásolható.

#### A Mogensen szitasoros osztályozó felépítése és működése

A szitasoros osztályozó egy szekrénybe foglalt többnyire 3–6 db egymás alatt elhelyezett, növekvő

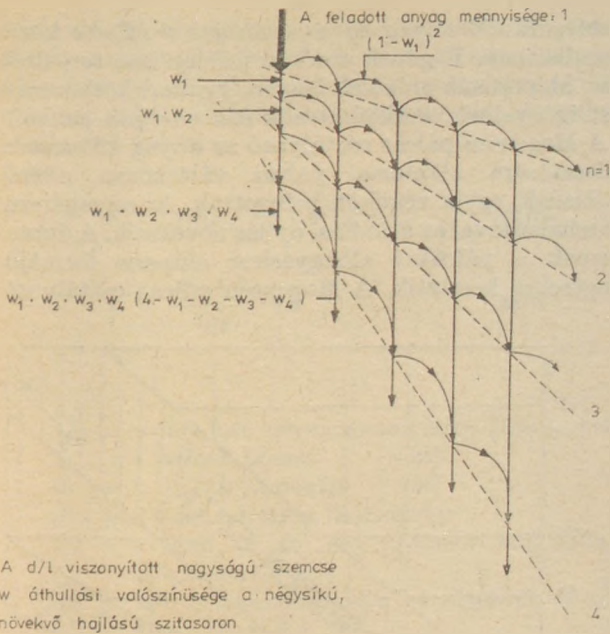


A ferde szitasík  $\psi$  áthullási verődési együtthatójának értelmezése

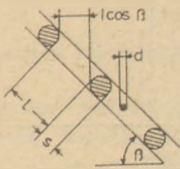


A  $\psi$  verődési együttható a  $d/L$  viszonyított szemnagyság függvényében

3. ábra. Az áthullási verődési együttható számítás módja (F. Mogensen után)



A  $d/l$  viszonyított nagyságú szemcse  $w$  áthullási valószínűsége a négysíkú, növekvő hajlású szitasoron



$$w = \frac{(L + \psi \cdot s - d)[(L + s) \cdot \cos \beta - (1 - \psi) \cdot s - d]}{(L + s)(L + s) \cdot \cos \beta}$$

A  $w$  áthullási valószínűség a  $\beta$  hajlósszög, az  $s$  huzalátmérő és a  $\psi$  verődési együttható függvényében

4. ábra. A Mogensen szitasoros osztályozás elvi vázlata növekvő hajlású szitaelrendezés mellett (F. Mogensen után)

hajlású, együtt rezgő szitasíkból és 2 ellenirányban forgó, kiegyensúlyozatlan motorból áll, amely utóbbiak ferdén lineáris rezgéseket gerjesztenek (6. ábra). A szitabetétek lyukbősége fentről lefele csökken. A felső szita lyukbősége lényegében az osztályozandó legnagyobb szemnagyságnak, míg az alsóké körülbelül a frakcióhatárok kétszeresének felel meg. Az osztályozás során a feladott anyag először fellazul, majd az egyes szitasíkokon szinte függőlegesen, szabad esésben hullik át, miközben egyre több durva szem osztályozódik ki az anyagáramból, miáltal az alsóbb szitasíkok terhelése jelentősen csökken. Az áthulló anyag szemmegoszlása egyre finomabb, a legalsó szitasíkon a legfinomabb frakció távozik, a felsőbb szitasíkokon fennmaradó anyagot a kívánt szemnagyságtól függően fogjuk össze és az együttrezgő kimenő csoncokon vezetjük el (7. ábra).

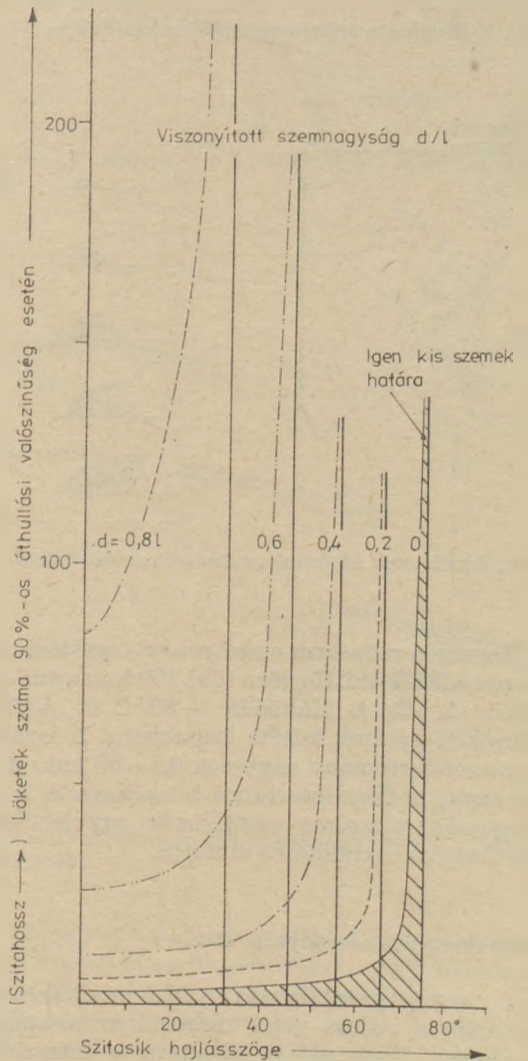
A szitasíkok erős lejtése következtében a tényleges elválasztási szemnagyság jelentősen kisebb mint a lyukbőség, mert a leválasztást a szitanyílásnak a szemcse röppályájára merőleges vetülete határozza meg. A nagy szitanyílások következtében a szita eltömődésének veszélye lecsökken, a szabad szitálási felület megnő, az elválasztási szemcse áthullási valószínűsége javul.

Így a Mogensen berendezés átbocsátási teljesítménye kis szerkezeti méretek mellett is nagy, az osztályozás éles, a mozgató tömeg csekély, a berendezés felépítése könnyű, portömített kivitelű, működtetésének energiaszükséglete alacsony, az anyag feladás és levétel megoldása egyszerű. A nehezen osztályozható anyagok biztonságos frakcionálását kiegészítő eszközök és megoldások segítik.

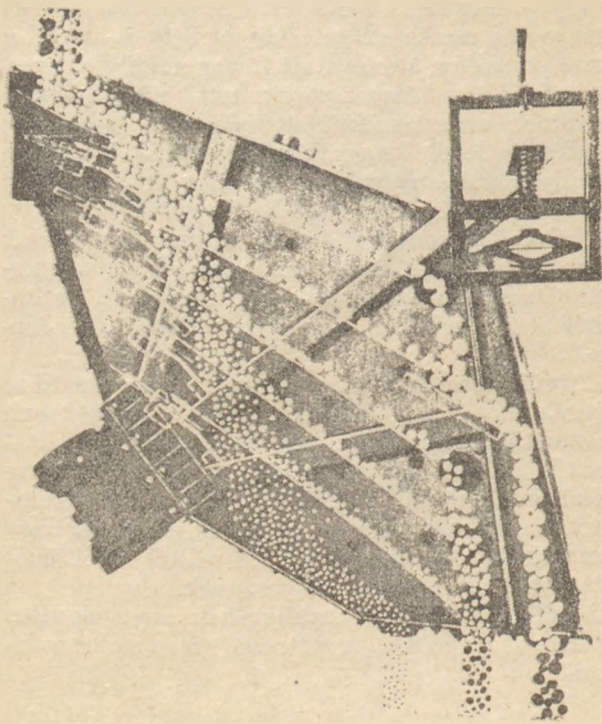
Nedves anyagok osztályozásánál bevált a szitasík villamos fűtése. A fűtött szitasíkon az anyag megszárad, a szemcsék összetapadása megszűnik, a szitabetét nem tömődik el, azon nem keletkezik kondenzáció.

A villamos fűtés alternatívája a pneumatikus szitasík tisztítás. A szitasíkot ennél a megoldásnál pneumatikusan feszítjük meg. A pneumatikus szita-feszítők a szitagép üzemelése közben rendszeres időközökben rövid időre oldódnak, mialatt a szitabetétek csapkodó mozgást végeznek, amelyek nagy gyorsulásokat eredményeznek és ezáltal az eltömődött szitabetét tisztulásához vezetnek.

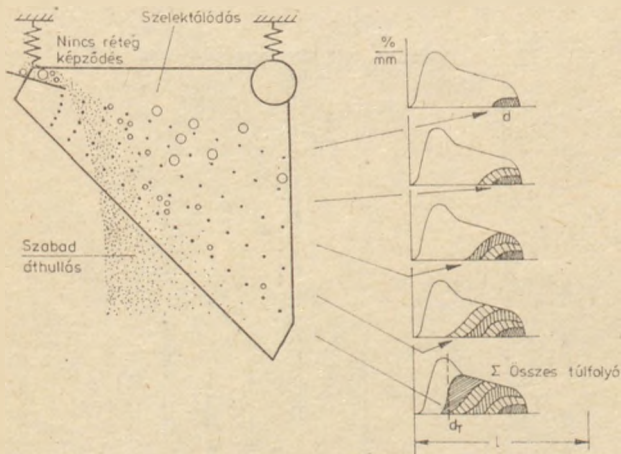
A különösen nehezen osztályozható anyagok vizes szitálása is megoldott együttrezgő vízszóró berendezéssel.



5. ábra. A 90%-os áthullási valószínűséghez szükséges leválasztási hossz a szita hajlósszöge függvényében egy szitasík esetén (F. Mogensen után)



6. ábra. A Mogensen szitasoros osztályozó működése



7. ábra. Leválasztás Mogensen szitasoros osztályozóval

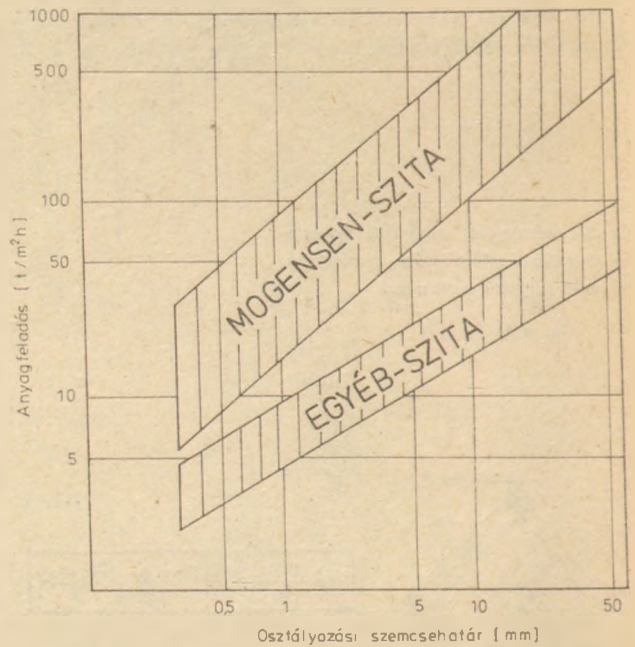
A Mogensen szitasoros osztályozó átbocsátási teljesítménye a feladattól függően több 100 tonna/(m<sup>2</sup>·óra) is lehet (8. ábra). Működése -80 °C és +500 °C hőmérséklet határok között üzembiztos. A leválasztási szemcsetartomány nagysága 0,1–50 mm. A feladott anyag nedvességtartalma tetszőleges. A 9. ábra a Mogensen szitasoros osztályozók egy lehetséges kő-kavicsipari elrendezését mutatja.

#### A Mogensen pálcás osztályozás elve

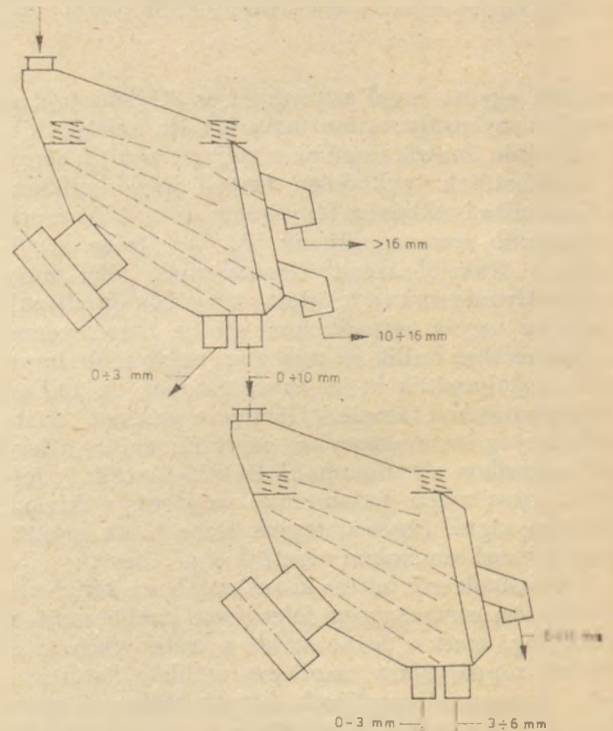
A durva anyagok osztályozására sokszor alkalmaznak hagyományos pálcás vagy rúdrostélyos osztályozó berendezést. Ezek pálcái párhuzamos futásúak és mereven rögzítettek. A hagyományos pálcás osztályozók működése nem kifogástalan, pálcáit kereszt-kötések rögzítik, ahol dugulások keletkeznek, az

osztályozandó anyag egyes darabjai a pálcák közé szorulhatnak. E gépek szerkezeti felépítése terjedelmes, alapozásuk erős kell legyen, gyakori karbantartást igényelnek, működtetésük sok energiát emészt.

A Mogensen pálcás osztályozó az anyag két részre választására alkalmas, pálcái váltakozva eltérő hajlásúak, egyik végükön befogottak. Az anyagáram előrehaladtával az áthullási nyílás növekszik. A durva szemek a pálcákat elhagyáskor ellipszis formájú lengésekre készítetik. A Mogensen pálcás osztályozó



8. ábra. A Mogensen szitasoros osztályozó átbocsátási teljesítménye



9. ábra. Mogensen szitasoros osztályozók lehetséges kő-kavicsipari elrendezése

vázlata a 10. ábrán látható. Az X ponttól a Mogensen pálcás osztályozó úgy üzemel, mint egy hagyományos pálcás osztályozó. Az  $S_x$  távolság a tényleges nyílásméret az X helyen, két szomszédos nem azonos síkban levő pálcák között:

$$S_x = \sqrt{(S_0 + \delta)^2 + x^2 \operatorname{tg}^2 \varepsilon} - \delta \quad (\text{mm})$$

$$x = \frac{S_0 + \delta}{\operatorname{tg} \varepsilon} \cdot \sqrt{3} \quad (\text{mm})$$

ahol

- $Q_A$  = a feladott anyag mennyisége [tonna/óra]
- $L$  = a pálcák hossza [mm]
- $\delta$  = a pálcák átmérője [mm]
- $\sigma$  = a felső pálcasor hajlásszöge
- $\varepsilon$  = a felső és az alsó pálcasor hajlásának szögkülönbsége
- $S_0$  = két szomszédos pálcák vetületének távolsága [mm]

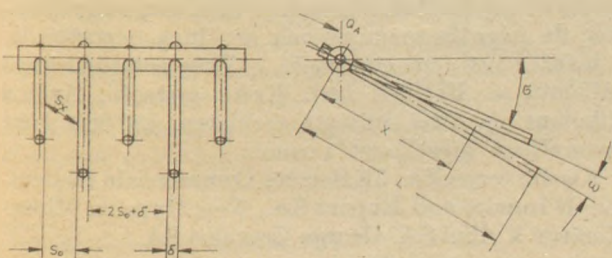
A fenti számítás feltételezi, hogy az osztályozandó anyag szemalakja gömb. Ettől eltérő esetben a számításához megfelelő alaktényezőt kell alkalmazni.

#### A Mogensen pálcás osztályozó működése és alkalmazása

A Mogensen pálcás osztályozót a hatékonyság, üzembiztonság, kopásállóság érdekében mindig az adott feladatnak megfelelően kell kialakítani a feladott anyag fajtája, áramlási tulajdonságai, szemmegoszlása, szemalakja, nedvességtartalma, az elválasztási szemnagyság, az osztályozási élesség függvényében. Az eltömődés mentes üzemelést, az osztályozási élességét, az átbocsátási teljesítményt végülis a pálcák elrendezése és lengési tulajdonsága határozza meg. Ez a típusú pálcás osztályozó meghajtás, rezgékeltetés nélkül működik.

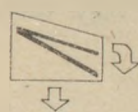
A rezgés nélküli pálcás osztályozóval 10%-osnál kisebb hibával is lehet osztályozni. Ellenkező esetben például előleválasztóként, védőrostaként lehet alkalmazni, ahol nem igény a túlzott osztályozási élesség. A 11. ábra különböző alkalmazási lehetőségeket mutat:

1. *Előleválasztás* például kő- és kavicsbányákban. Minthogy működtetése energiát nem igényel, bárhol felállítható.

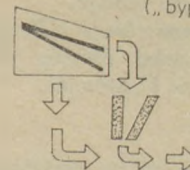


10. ábra. A Mogensen pálcás osztályozó vázlata

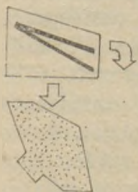
1. Előleválasztás



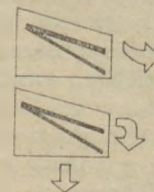
3. Tehermentesítő leválasztás („bypass”)



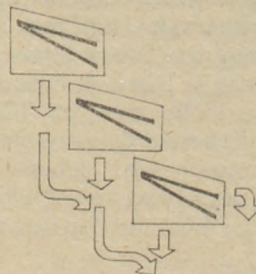
2. Védőrostálás



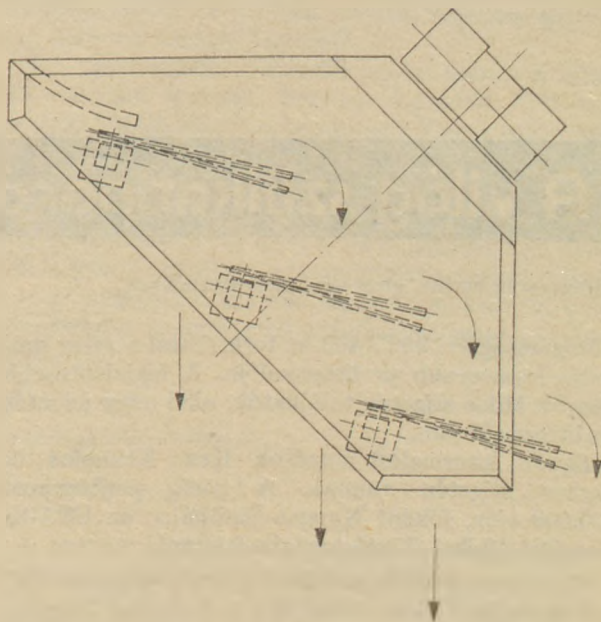
4. Több fokozatú előleválasztás



5. Sorbakapcsolásos előleválasztás



11. ábra. A Mogensen pálcás osztályozó alkalmazási lehetőségei



12. ábra. A Mogensen pálcás osztályozó-vibrátor felépítése és funkciója

2. *Védőrostálás* azzal a feladattal, hogy a finomszemcsés anyagból az idegen testek, vagy összetapadt tömegek leválasztásra kerüljenek.
3. *Tehermentesítő leválasztás* („bypass”) aprító- és őrlőberendezések előtt, azok aprítást nem igénylő finomszemektől való tehermentesítése céljából.
4. *Több fokozatú előleválasztás* például két darab pálcás osztályozó egymás fölé helyezésével úgy, hogy

a felső berendezésen áthulló anyagot az alsó még két részre bontja.

5. *Sorbakapcsolásos előválasztás* a teljesítmény, az osztályozási élesség javítására két vagy több frakcióra bontásnál.

**A Mogensen pálcás osztályozó-vibrátor működése és alkalmazása**

A nehezen osztályozható durva anyagok szétválasztására került kifejlesztésre a pálcás osztályozó-vibrátor, amelynek felépítése és funkciója a 12. ábrán látható. A közös rostaszekrénybe elhelyezett több darab, a fentiekben ismertetett pálcás osztályozót 2 motorvibrátor hozza lineáris rezgőmozgásba. A rezgés elősegíti a feladott anyag fellazulását, azt forgásba hozza, növeli a pálcák rezgőmozgását, csökkenti az eltömődést, fokozza az osztályozási élességet és a teljesítményt.

A pálcás osztályozó-vibrátort közepes és durva leválasztáshoz alkalmazzák általában 5–100 mm közötti szentartományban, de a legnagyobb szemnagyság akár 600 mm is lehet. A berendezés legnagyobb teljesítménye 1500 tonna/óra. Karbantartást nem igényel. A feladott szilárd anyag száraz, nedves, vagy folyadékban szuszpendált lehet. Ha kettőnél több frakcióra való osztályozás a cél, akkor az egyes pálcás osztályozókhoz különböző pálcák távolságokat kell választani.

E kedvező tulajdonságoknak köszönhetően a Mogensen pálcás osztályozó-vibrátort sokoldalúan és

különböző kő- és kavicsipari és egyéb anyagok leválasztására lehet eredményesen használni.

## IRODALOM

- [1] Wessel, J.: Verfahrensunterschiede bei der Klassierung im Wurf-Sieb und Mogensen-Sizer. *Aufbereitungs-Technik*. Jg 10. 1969. H. 9. S. 492–497.
- [2] Wessel, J. – Schwanghart, H. – Schmidt, U.: Rechnerische Ermittlung von Trennergebnissen auf dem Sizer nach dem Ansatz von Mogensen. *Aufbereitungs-Technik*. Jg. 13. 1972. H. 7. S. 417–421.
- [3] Schmidt, U. – Wessel, J.: Beladungsunabhängige Trennungen auf Mehrflächen-Klassierern. *Aufbereitungs-Technik*. Jg. 17. 1976. H. 9. S. 467–470.
- [4] Baumbach, F.: Moderne Feinsandaufbereitung mit dem Mogensen Sizer. *Aufbereitungs-Technik*. Jg. 20. 1979. H. 7. S. 390–395.
- [5] Technische Umschau. Leistungssteigerung in einer Siebanlage für Kiessplitt und Brechsand ohne zusätzlichen Platzbedarf. *Aufbereitungs-Technik*. Jg. 23. 1982. H. 12. S. 721–724.

*Торнэйлен, П.: Классификация зернистых материалов на оборудовании Могенсен*

*Thormählen, Peter: Klassifikation von Kornmaterialien mit der Hilfe der Mogensen-Einrichtung*

*Thormählen, Peter*

Classification of granular materials using Mogensen equipment

## A világ szilikátiparából

**Görögország perlit-, gipsz- és azbesztermelése**

Görögország évi 350–400 kt termeléssel a világ második legnagyobb perlittermelője. A legjelentősebb bányák Milos szigetén találhatóak, ahol négy jelentős perlittermelő van.

Egyéb kitermelési források Kos, Krimolos és Lesbos szigetén vannak. A görög perlitexport 200.000 t/év, főként Nyugat-Európába, az USA-ba és a Dél-Afrikai Köztársaságba irányul.

1982-ben indult be a Zidani azbesztbánya és őrlőmű termelése, Kozani közelében. A Zidani bánya a tőkés világ egyik legfontosabb krizotil azbeszt ellátójává lépett elő a beindulása óta eltelt időben, mivel jó minőségű nyersanyagot bányásznak, hatékony, modern felszerelésekkel.

A feldolgozó üzem 4, 5, 6-os szálhosszúságú azbesztet termel, 1985-ben 70 000 t azbesztszálat állítottak elő, 1986-ban az üzem közel eléri a teljes kapacitáskihasználtságot (90 000 t/év). A termelés kisebb részét a hazai azbesztcementipar használja fel, zömét exportálják, 35 országba szállítanak.

Görögország gipszkő termelése 500 000 t/év. Jelen-

leg Görögország nem tartozik a jelentős gipszkő exportőrök közé, bár az utóbbi időben Közel-Keletre nagyobb mennyiségeket adott el. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a görög gipszkő az ország egyik fontos exportcikkében, a cementben is jelen van adalékanyagként.

A görög cementtermelők jelentős gipszérdekeltségekkel rendelkeznek. A legnagyobb görög termelő, a Lava Mining and Quarrying Co. a Heracles General Cement leányvállalata 300 kt/év gipszkövet termel ki a Kréta-szigeti Altsi Sitia bányából. A termelés zömét az anyavállalat használja fel a cementgyártáshoz, de jelentős mennyiségek kerülnek exportra is. A másik nagy cementtermelő, a Titán cement leányvállalata az EIMME Ltd. Kréta szigetén, Aghios Nikolaus és Sitia közötti területen 180 000 t/év mennyiségű gipszkövet termel.

Kisebb termelők: 5E Société Commerciale Hellenique D'Import and Export SA., New Gypsum Mines-Kastror Kyllini SA, George Zervakis SA.

(The Greek Exporter, 1986. április.)

# Kerámia burkolólapok termelése és felhasználása néhány országban

KÁPOLNAI IVÁN

A kerámia burkoló lapok termeléséről és felhasználásáról nem állnak rendelkezésre nemzetközi adatok olyan teljeskörűen, az Egyesült Nemzetek Szervezetének statisztikai kiadványaiban minden államra kiterjedő részletességgel, mint például a cementről, vagy az acélról, villamosenergiáról stb. — amelyek sok esetben gyakran jelzésül is szolgálnak az egyes országok gazdasági fejlettségi szintjére és/vagy a konjunktúra alakulására vonatkozólag. A gazdaságilag fejlett országokról hozzáférhető adatok tanúsága szerint a burkoló lapok termelése és felhasználása kevésbé érzékenyen reagál a konjunktúra-hullámzásokra, mint pl. a modern építkezések egyik legfontosabb alapanyaga, a cement. Erre látszik utalni, hogy a világ vezető tőkés országai közül az USA-ban és a Német Szövetségi Köztársaságban a cement termelése az 1972–1973. évi csúcshoz képest még az 1980-as évek elején is 25–30%-kal alacsonyabb, de burkoló lapokból a gyártás mennyisége már nem sokkal marad a korábban elért legmagasabb szint alatt. Több szocialista országban is a cementipar mérsékeltebb ütemű fejlődésével vagy éppenséggel stagnálásával szemben a burkoló lapok termelése erőteljesen — helyenként a korábbi időszakokénál gyorsabban — növekedett az 1970-es években.

A kerámia burkoló lapok felhasználása ugyanis nem annyira az építkezések volumenére, mint inkább a kulturáltságára, az építmények belső kiképzésének színvonalára jellemző. Elsősorban padló és belső falburkolási célokra használják. (Ismeretesek még az ún. ipari burkoló lapok, valamint a fagyálló külső falburkolási lapok; ezek termeléséről és felhasználásáról azonban nemzetközi adatok nem állnak rendelkezésre.)

Korábban padlóburkolásra általában mázatlan kőagyaglapot — Közép-Európa-szerte ismert megjelöléssel: „mettlachi” lapot — használtak, belső falburkolásra pedig fehérre égő, finomabb anyagokból készült mázas fajanszcsempét. A főleg olasz hatásra bekövetkezett valóságos technológiai forradalom eredményeképpen jó ideje állítanak már elő mázas falcsempét vörösre égő durvább anyagokból is, és elterjedt a mázas padlólapok gyártása is. Máztatlan lapokat is gyártanak padló- és falburkolási célokra egyaránt. Méret szerinti megkülönböztetésként járul még a termékek széles választékoz a mozaiklap. Az egyes országok termelési statisztikájában a termékek csoportosítása eléggé eltérő; előfordul, hogy a termelést csak összevontan — a technológiára vagy rendeltetésre való utalás nélkül — közlik. A fogalmak ilyen keveredése miatt az eléggé szűkös adatforrásokból először a kerámia burkoló lapok összesített adatait mutatjuk be.

A világ kerámia burkoló lap termelése földrajzilag nagymértékben koncentrált. Egy amerikai szaklap<sup>1</sup> a nem szocialista országok 1976. évi burkoló lap termelését 650 millió m<sup>2</sup>-re becsülte, s ennek több, mint 1/3-át Olaszország állította elő. Ehhez hozzátevé Japánt, az össztermelésnek már közel felét kapjuk, Brazíliával, Spanyolországgal és a Német Szövetségi Köztársasággal együtt pedig több, mint 3/4 részét.

Az 1950-es években még az USA állt az élen burkoló lapok gyártásában. Európában a Német Szövetségi Köztársaság gyártotta a legtöbb kerámia lapot, és az évtized végén már megelőzte az USA-t. Az 1960-as évtized elején azonban Olaszország ugrott a világranglista élére, és immár több, mint két évtizede kimagaslóan vezető hatalma az iparágban. A második helyre — miután 1966-ban megelőzte az NSZK-t — Japán nyomult fel, a harmadik helyre pedig — az az 1976. évi kimutatás szerint nem sokkal Japán mögött — Brazília. Spanyolország is megelőzte 1973-ban az NSZK-t, amely így Európában a harmadik helyre szorult. Az NSZK után — jóval kisebb termeléssel — Franciaország és az USA, majd az Egyesült Királyság következik. Míg azonban a termelésben élenjáró országok számottevő exportot bonyolítanak le, az utóbiak jelentős importra szorulnak kerámia burkoló lapokból.

Egy olasz szaklap<sup>2</sup> frissebb adatai szerint a világ felhasználása kerámia burkoló lapokból 1983-ban mintegy 800 millió m<sup>2</sup>-re becsülhető. Ennek több mint fele az európai országokra jut — miként a világ cementjének is 50–60%-át Európában (ideértve a Szovjetunió ázsiai részét is) állítják elő.

A továbbiakban — ahol a rendelkezésre álló adatok lehetővé teszik — országonkénti részletezésben is megvizsgáljuk a burkoló lapok termelésének, külkereskedelmi forgalmának és felhasználásának alakulását.

## Országonkénti részletezés

### Olaszország

A gazdag kerámiaipari hagyományokkal rendelkező — a fajansznak is nevet adó (Faenza → Fajansz) — Itália a II. világháborút követő gyors ipari fejlődés eredményeképpen vált a világ vezető országává általában az építési rendeltetésű finomkerámiaipari termékek, s azon belül a burkoló lapok tömegméretű, gépesített gyártásában. A tonna mennyiségben közzétett utolsó adatok szerint 1971-ben 1,6 millió tonna burkoló lapot állítottak elő — többet mint Japán és a Német Szövetségi Köztársaság együttvéve — s ez kb. 1/2–1/2 arányban oszlott meg mázas és máztatlan lapok között. Az 1976-ban mintegy 240-millió m<sup>2</sup>-re becsült gyártásmennyisége több, mint Japán, és az USA, az NSZK, Spanyol- és Franciaország termelése együttesen. Az országon

<sup>1</sup> Ceramic Industry, 1978. 7. 28 p.

Premp 1978. 10. 193 p.

<sup>2</sup> Ceramica informazione 1984. 11. 679–681 p.

belül jelentős mértékben koncentrált termelés kb. 3/4 részben az anyagelőfordulásokban gazdag Sasuoli környékének jórészt kis és középüzemeiből származik. (A déli tartományokban nincsenek is csempegyártó üzemek.) Közönséges agyagok felhasználásával jelentősen csökkent az önköltség, azonkívül a lapok méretében és alakjában is számos újítást vezettek be (pl. a négyzetes formáról áttértek más négyszögű idomokra stb.). Mindez jó feltételeket teremtett — különösen mázas csempénél — az export kibontakozásához.

Az 1960-as évek elején a mázas lapok *kivitele* a termelésnek még csak 10%-a körül mozgott (1960: 17,1 ezer, 1963: 48,3 ezer tonna), egy évtized múlva a megháromszorozódott termelésnek már több, mint fele került exportra. Mázatlan lapokból viszont az 1970-es évek elején mindössze 5% körüli az exporthányad, így a termelés túlnyomó része belföldi felhasználásra került. Az ország nagy részében kiterjedten alkalmazzák ugyanis padozatburkolásra a rendkívül izléses kivitelű — szinte szőnyeg pótlására is alkalmas — mázatlan lapokat.

A termelés az elmúlt években tovább emelkedett, és 1984-ben már 310 millió m<sup>2</sup>-t gyártottak. Az export növekedése még erőteljesebb ütemű: az 1973–1975. évi 60–70 millió m<sup>2</sup>-ről 1979-ig közel 160 millió m<sup>2</sup>-re futott fel, majd átmeneti visszaesés után 1983-ban újból megközelítette az 1979. évi szintet, 1984-ben pedig 175 millió m<sup>2</sup>-t exportáltak. A kivitel mintegy 60%-a Európába irányul (a Szovjetunió ázsiai részével együtt), fele annyi jut az ázsiai és amerikai országokba, a maradék 10% pedig Afrikába és Ausztráliába.

A jelentősebb európai felvevő piacok 1983-ban: a Német Szövetségi Köztársaság (36,8) Franciaország (27,3), Ausztria (9), együttesen 73 millió m<sup>2</sup>-rel, Európán kívül pedig az USA, valamint Szaud-Arábia, Szingapore és Ausztrália, összesen 32 millió m<sup>2</sup>-rel.

Az össztermelésnek 1974–1976. években 35–37%-a, 1978–1979-ben már több, mint fele került exportra, majd 1984-ben 56–57%-ot ért el a termelési felesleg.

Olaszországnak a kerámia burkoló lapok világpiacán elfoglalt kimagasló helye és növekvő súlya jól ismert.

Az 1976. évi becslést adatok szerint Olaszországban egy lakosra 4,3 m<sup>2</sup> termelés és 2,7 m<sup>2</sup> felhasználás jutott. Azóta a termelési fejkvóta tovább emelkedett 5,3–5,4 m<sup>2</sup>-re, az átlagos felhasználás pedig kb. a korábbihoz hasonló szinten áll.

#### Német Szövetségi Köztársaság

Az NSZK-ban is — a legtöbb más országhoz hasonlóan — gyorsabb ütemben nőtt az építési rendeltetésű kerámiatermékek, s azon belül a mázas és mázatlan burkoló lapok gyártása, mint a háztartási és dísz tárgyaké, vagy az ipari célú finomkerámiaipari termékeké. Az 1960-as években lassult ugyan a növekedés üteme, de a mázas csempegyártás több éves stagnálás után az évtized vége felé újból megélénkült és 1974-ben 40 millió m<sup>2</sup>-rel kulminált. Mázatlan lapokból ezzel szemben a termelés 1965 után csökkenő tendenciát vett, s ez napjainkig tart: a termelés 16–17 millió m<sup>2</sup>-ről 1978-tól 7 millió m<sup>2</sup> alá

süllyedt, miközben mázas csempéből 35–40 millió m<sup>2</sup> között hullámzik. Míg a mázatlan lapok termelése jelenleg alig a fele az 1960. évinek, a mázas csempegyártás 1960 óta kb. megkétszereződött.

A fali és padlólapok mellett meg kell még említenünk a durvakeramia ipar körébe tartozó ún. *hasított lapok* termelését, mely a nemzetközi szakmai terminológiában is német néven („Spaltplatte”) ismeretes. Az 1963. évi 6,5 millió m<sup>2</sup>-ről az 1981-ig közel 30 millió m<sup>2</sup>-re emelkedett a gyártás — ezen belül a mázas lapoké 3,5 millió m<sup>2</sup>-ről 18 millió m<sup>2</sup>-re — utána azonban erős visszaesés következik.

Végülis az összes kerámia lap termelése 1980-ban 76 millió m<sup>2</sup>-rel rekordmagasságot ért el, amelynek 1983-ban 66,1 millió m<sup>2</sup>-re csökkent szintje is — egy lakosra számítva — meghaladja az 1 m<sup>2</sup>-t. A mázatlan lapok az összes termelésből 1963-ban még 42%-kal részesedtek, 1973-ban is több, mint negyedét adták a termelésnek, az 1980-as években azonban arányuk már nem éri el a 25%-ot.

A mázas és mázatlan lapok eltérő fejlődési irányzata még inkább kidomborodik az országon belüli felhasználás tekintetében: a mázatlan laptermelésnek jelentős része *exportra* kerül, mázas csempéből pedig az ország mind nagyobb mértékű importra szorul. A korábban jelentős mázas csempe exportáló ország külkereskedelmi mérlege (burkoló felületben) 1965-ben behozatali többletre fordult át, s bár az export továbbra is növekedett, de az import kétszer olyan ütemben. A mázatlan lapok exportja egy ideig ezt ellensúlyozta, de az 1960–1970-es évek fordulójától az összesített mérlegben is több az import az exportnál. Értékben (és tonnában) számolva a mérleg az 1970-es évek második felében billent át *behozatali többletre*.

Mázas lapokból a behozatali többlet az utóbbi években megközelíti, vagy meg is haladja a hazai termelés felét, a mázatlan lapok gyártásának pedig általában több, mint a fele exportra kerül. Ily módon a belföldi összes felhasználás egy lakosra számított mennyisége 1978–1980. években túllépte az 1,5 m<sup>2</sup>-t és az utóbbi években is 1,3–1,4 m<sup>2</sup> között mozog.

#### Franciaország

A kerámia burkoló lapok termelése hosszabb távon vizsgálva némileg több, mint fele az NSZK-belinek. A legtöbb országgal ellentétben Franciaország termelésében a kőagyaglapok foglalnak el nagyobb helyet. A különböző *kőagyaglapok* együttes termelése — melynek mintegy fele mozaik — több év átlagában közel kétszerese a *fajanszlapok*énak, de korábban többszöröse is volt. A termelés — az NSZK-hoz hasonlóan — 1974-ben érte el a csúcspontját 28,9 millió m<sup>2</sup>-rel és bár az 1978. évi mélypont (21,5 millió m<sup>2</sup>) után mutatkozik bizonyos élénkülés, de még mindig alatta marad a korábbi szintnek.

Franciaország évtizedek óta rendszeres és növekvő mennyiségű *behozatalra* szorul mind mázas, mind mázatlan lapokból: 1966-ban a termelésnek még csak jó harmadát tette ki az import, s ehhez csak minimális kivitel kapcsolódott; 1973-ban az exporttal csökkentett (netto) import, vagyis a külkereskedelmi forgalom egyenlege (29,3 millió m<sup>2</sup>) már meghaladta a termelést, tehát a belföldi felhasználásnak nagyobb



része külföldről származott. Az importon belül a mázas csempe dominál, a mázatlan lapoknak az összes behozatalban elfoglalt aránya, sőt abszolút mennyisége is csökkenő tendenciájú. A mázas csempe behozatalában mind nagyobb hányadot képviselnek a nem fajanszból, hanem más anyagokból készült burkoló lapok. A mázatlan lapok inportjának több, mint a fele kőagyaglap, és számottevő a mozaik-behozatal.

A jelentős behozatalt figyelembe véve az egy lakosra jutó felhasználás Franciaországban is meghaladja az 1 m<sup>2</sup>-t.

### Benelux államok

Belgiumban az 1950-es évek elején 1,5 millió m<sup>2</sup> körüli és hosszú ideig stagnáló termelés 1970-ben 2,4 millió m<sup>2</sup>-rel tetőzött és a következő években az 1950-es évtized szintjére hanyatlott vissza, majd 1979-től fokozatosan elsoványodott a gyártási ág: 1982-ben mindössze 211 ezer m<sup>2</sup> burkoló lapot gyártottak. Hollandia termelése ezzel szemben — hasonló szintről indulva — 1981-ig fokozatosan 13 millió m<sup>2</sup>-föle emelkedett.

A Luxemburggal vámszövetségben levő Belgium csakúgy, mint Hollandia egyaránt behozatalra szorult. Belgium-Luxemburg importja 1970–1980 között több, mint megháromszorozódott, nagyjából változatlan exportmennyiség mellett. Hollandia behozatala is megkétszereződött az elmúlt évtizedben, de az 1970-es évek második felében erőteljesen megnövekedett a kivitel is.

Ily módon a felhasználás egy lakosra jutó mennyisége a Benelux államokban is túllépi az 1 m<sup>2</sup>-t.

### Spanyolország

Az 1950-es évek végén megindult nagyarányú ipari fejlődéssel és építési tevékenységgel összefüggésben a kerámia burkoló lapok termelésének Spanyolországban is lendületes felfutásával találkozunk, és ezzel az ugyancsak gazdag kerámiatörténeti hagyományokkal rendelkező — pl. a Mallorca szigetről elterjedt *majolika* árúk! — ibér-félszigeti ország a világ legnagyobb csempetermelő országai közé nyomult fel. A csempégyártás az 1958. évi 4,5 millió m<sup>2</sup>-ről másfél évtized alatt 1973-ig több, mint megtízszereződött, s utána sem tört meg a növekedés.

Kerámia burkoló lapok termelésében Spanyolország — negyedszázadon át évi 10%-ot is meghaladó gyors fejlődése során — 1963-ban hagyta el Nagybritanniát, 1968-ban Franciaországot, 1972-ben a Szovjetuniót, 1973-ban pedig a Német Szövetségi Köztársaságot. Ezzel Európában Olaszország után a második helyen áll nemcsak az össztermelés mennyisége tekintetében, hanem egy lakosra számítva is.

A Spanyolországban gyártott burkoló lapok túlnyomó része mázas csempe. Az össztermelésen belül nagymértékben előretört a mintás és egyéb különleges, művészi csempelapok gyártása: arányuk a kezdeti alig 1% és az 1970. évi 10%-kal szemben 1976-ban már a 30%-ot is meghaladja. (Ezek termelési átlagára kb. 70–80%-kal magasabb, mint a közönséges csempéé.) A mázas csempék különböző

változataihoz képest viszonylag kevés — bár erőteljesen növekszik — a mozaik kőagyaglap-gyártás.

1976-ban összesen 66,4 millió m<sup>2</sup> burkoló lapot gyártottak, 1978-ban meghaladta a termelés a 90, majd 1980-ban a 100 millió m<sup>2</sup>-t. Ezzel a termelés fejkvótája Spanyolországban is — Olaszországhoz hasonlóan — 2 m<sup>2</sup> fölé került.

### Egyesült Királyság

A kerámia burkoló lapok termelésének növekedési üteme Nagy-Britanniában messze elmaradt az eddig vizsgált (és más) fejlett ipari országoké mögött.

Az 1950-es évek elején 9 millió m<sup>2</sup> körüli termeléssel még a világ élvonalában volt, ez azonban két évtized alatt csupán kétszeresére emelkedett. A termelés már az 1969. évi csúcs (19,2 millió m<sup>2</sup>) után éveken át stagnált, majd hanyatlásnak indult. A mázatlan lapok mennyisége a korábbi 25–30%-kal szemben ma már alig 1/5-e a termelésnek, s azon belül csökken (nemcsak részarányban, hanem abszolút mennyiségben is) a durvább anyagból készített lapok volumene: így 1971 óta már a jobb minőségű lapok dominálnak a mázatlan termelésben. A mázas csempégyártásban is viszonylag magas részarányt képviselnek a kiváló minőségű színes csempék, melyek kivitelében Nagy-Britannia a nemzetközi piacon a legtöbb exportáló országénál lényegesen magasabb egységárat tud elérni.

Nagy-Britannia 1971-ig Olaszország és a Német Szövetségi Köztársaság után a harmadik legnagyobb csempégyártó ország volt Európában, 1972-ben azonban megelőzte Spanyolország, majd Franciaország, sőt az évtized második felében Hollandia is.

A viszonylag csekély mázatlan burkoló lapból — az NSZK-hoz hasonlóan — a termelésnek növekvő hányada kerül exportra. Ugyanakkor a mázas csempe exportját a stagnálás, vagy inkább a csökkenés jellemzi. Az 1960-as évtizedből származó adatok szerint a termelésnek kb. 30%-át exportálták, 1976-ban már csupán 10% kiviteli többletet mutat a külkereskedelmi forgalom egyenlege, majd az Egyesült Királyság is belép a netto importőrök — a kivitel mennyiségét és értékét meghaladó behozatalra szoruló országok — sorába. A belföldi felhasználás egy lakosra jutó mennyisége nem sokkal lépheti túl a 0,3 m<sup>2</sup>-t.

### Skandináv államok

A skandináv államok közül Svédországban a legfejlettebb a burkoló lapokat gyártó ipar: termelése 1973–1974-ben mázas lapokból meghaladta a 30 ezer tonnát és némileg a belföldi szükségletet is, az évtized második felétől azonban már kivitelét meghaladó behozatalra szorult mázas csempéből. Mázatlan lapokból ugyan továbbra is kiviteli többlete van, de az összevont külkereskedelmi mérleget tekintve már a nettó importőrök között találjuk, melyek közé a többi északi ország is tartozik.

A skandináv államok együttes termelése 1976-ban nem érte el a 3 millió m<sup>2</sup>-t, ami egy lakosra számítva mindössze 0,13 m<sup>2</sup>-t jelent. A belföldi termelést meghaladó importot figyelembe véve a felhasználási fejkvóta is csupán 0,3 m<sup>2</sup> körül mozog.

Számottevő hazai termelési bázisa nincs, mióta a korábban is gazdaságtalan, jelentéktelen üzemeket leállították. Így a belföldi szükségletet mindenekelőtt a növekvő mértékű – 1970–1980 között megháromszorozódott – behozatalból fedezi. Az import 1980-ban több, mint 200 ezer tonna, ebből közel 180 ezer tonna mázas csempe. Az 1982-ből burkoló felületben ismert adatok mintegy 10 millió m<sup>2</sup> mázas, és közel 1 millió m<sup>2</sup> mázatlan lap (valamint burkoló téglák: „Pflasterziegel”) behozataláról tanúskodnak. Ez túlnyomórészt Olaszországból származik, melynek Ausztria – az NSZK, Franciaország és az USA után – a legnagyobb felvevő piaca. Figyelembe véve, hogy a korábbi években már ennél magasabb import is volt, a kivitel pedig – növekedése ellenére is – elhanyagolható (100–150 ezer m<sup>2</sup>), egy lakosra számítva 1,5 m<sup>2</sup> körüli felhasználási kvóta adódik, ami a legmagasabbak közé tartozik Európában.

### Japán

Japán a porcelán edények és dísz tárgyak gyártásában és exportjában foglal el – az európai fejlett országok együttesét meghaladó mennyiséggel – olyan kimagasló helyet a világpiacra, mint Olaszország a burkoló lapok terén. Felzárkózott azonban az élvonalba az építési rendeltetésű kerámia termékek előállításában is, annak a szinte páratlanul gyors gazdasági fejlődésnek a keretében, mely – egyebek közt – cementtermelésben is azt eredményezte, hogy 1973-ban túlszárnyalta az USA-t és azóta a Szovjetunió után a második helyen áll a világon.

A súlyban mért összes kerámiaipari termelésnek 1950-ben a burkoló lapok még 10%-át sem képviselték, az 1960-as évek végétől pedig megközelítik – olykor meg is haladják – a felét. Az 1950. évi 31 ezer és az 1960. évi 330 ezer tonnával szemben 1966-ban a 600 ezer tonnát meghaladó termeléssel maga mögött hagyja az NSZK-t. Az 1973. évi – 1 millió tonnát is túlszárnyaló – csúcs után hanyatlás következik, de 1980-ban már újból megközelíti a termelés az 1 millió tonnát. 1963-ból származó részletező adatok szerint az összes burkoló lap termelés (súlyban) 3/4–1/4 arányban oszlott meg mázas és mázatlan lapok között, és az összes termelés fele – a padlólapok több, mint 2/3-a, a falicsempék 40%-a – kisméretű (mozaik) lap volt.

A termelés nagyarányú felfutásával párhuzamosan Japán jelentős tételekben exportál is, főleg mázas csempét. Az 1960-as évek első felében az összes termelésnek mintegy 40%-a került exportra, az 1970-es évek derekán mintegy 20%-a. Az egy lakosra jutó felhasználás az 1976. évi becsléstől szerint 0,6 m<sup>2</sup> volt.

### USA

Az 1950-es évek első felében 5–6 év alatt megkétszereződött termelés 1955-ben 21 millió m<sup>2</sup>-t ért el, ami csaknem fedezte a belföldi szükségletet. Utána azonban vontatott, lassú fejlődéssel csak 1972–1973-ban haladja meg a termelés a 30 millió m<sup>2</sup>-t. A Japánból beáramló nagyarányú és olcsó import következtében az 1960-as évek elején több amerikai vállalat

leállította csempetermelését és hosszú lejáratú szállítási szerződést kötött japán gyártó cégekkel. Közben a hazai termelés jelentős racionalizálása révén az iparágban foglalkoztatottak száma az 1959–1960. évi mintegy 14 ezer főről az 1970-es évek elején már 8 ezer fő alá csökkent. Az 1973-tól visszaesett termelés – a cementipar hosszan elnyúló és évtizedünk elején csak tovább mélyülő hanyatlásával ellentétben – 1981–1982-ben újból közelíti és 1983-ban meg is haladja a 30 millió m<sup>2</sup>-t, körülbelül 3/4–1/4 arányú megoszlásban a mázas és mázatlan lapok között.

Az import erőteljesen növekvő irányzatú: az 1970-es évek első felében még 8–9 millió m<sup>2</sup>, az évtized vége felé már több, mint 20 millió m<sup>2</sup>, 1983-ban pedig rekordmagasságot ér el 27,6 millió m<sup>2</sup>-rel. (Ennek közel fele Olaszországból származik, a további jelentős szállítók Japán, Mexikó és Spanyolország.) Az egy lakosra jutó mennyiség azonban még így is csak 0,2 m<sup>2</sup> körül mozog, ami lényegesen kevesebb az európai fejlett országok többségénél.

Néhány gazdaságilag fejlett ország burkoló lap termelésének és felhasználásának bemutatása után összehasonlításként néhány adat a hazai viszonyok alakulásáról:

Falburkoló mázas csempéből Magyarországon az 1950-es években alig 300–400 ezer, a következő évtizedben is csak 600 ezer m<sup>2</sup> körüli mennyiséget gyártottak. A csekély termelésnek az 1950-es évek elején még több, mint a felét exportálták is, majd 1959-től az ország mind nagyobb mértékű behozatalra szorult, melynek évi mennyisége 1970–1971-ben a másfél-két millió m<sup>2</sup>-t is meghaladta. A belföldi felhasználásnak túlnyomó részét tehát az import fedezte.

A krónikus csempéhiány mérséklésére és megszüntetésére erőteljesen fejlesztették a hazai gyártó kapacitásokat, s ennek eredményeképpen az 1970-es években ugrásszerűen megnövekedett a termelés: 1974-ben túllépte a 3 millió m<sup>2</sup>-t, majd 1981-ben 6,4 millió m<sup>2</sup>-rel kulminált, melyhez még 0,9 millió m<sup>2</sup> import is járult. A következő években a termelés 5 millió m<sup>2</sup> közelébe hanyatlott, a felhasználás pedig – az importált csempét is figyelembe véve – 6 millió m<sup>2</sup> körül mozog az 1980 évek derekán.

Ennél is gyorsabb ütemű volt a padlóburkoló kerámia lapok gyártásának és felhasználásának a fejlődése: az 1960-ban még mindössze 0,1 millió m<sup>2</sup> termelés egy évtized múlva 1/2 millió m<sup>2</sup> közelébe, 1980-ban pedig már 3 millió m<sup>2</sup> fölé emelkedett, majd további növekedéssel 1984-ben megközelíti a 4 millió m<sup>2</sup>-t.

A kerámia burkoló lapok összes termelése tehát az 1980-as évek derekán megközelíti a 9 millió m<sup>2</sup>-t, vagyis az egy lakosra jutó mennyiség 0,8–0,9 m<sup>2</sup> között mozog, a felhasználási fejkvóta pedig közel 1 m<sup>2</sup>.

Каполнаи, И.: Производство и применение керамических облицовочных плит в некоторых странах

Kápolnai, Iván: Herstellung und Anwendung keramischer Verkleidungsplatten in den verschiedenen Ländern

Kápolnai, Iván: Production and Application of Ceramic Wall Tiles in some Countries

*A szerkesztésért felel:*

Dr. Székely Ádám

*Szerkesztőség:*

Budapest VI., Anker köz 1–3. 1368

Telefon: 226-497

*Felelős kiadó:*

Dr. Varga György igazgató

*Kiadja:*

Delta Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat  
Budapest VII., Garay u. 5. 1442

Telefon: 415-583, 215-440

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Hírlapkézbesítő Hivataloknál és a Posta Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodáján 1900 Budapest, V., József nádor tér 1. vagy átutalással a 215–98 162 pénzforgalmi jelzőszámmal. Egy szám ára 26,- Ft, Előfizetés egy évre 312,- Ft. Külföldön terjeszti a Kultúra, 1389 Budapest, Pf. 149 és a Magyar Média, 1392 Budapest, Pf. 86–253



80/2544 Franklin Nyomda, Budapest  
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

**INDEX: 25250**  
**HU ISSN 0013–970 X**

