

302 935



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

## 5

XXXV. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1983. MÁJUS  
ÉPÍTŐANYAG 35 (5) 161—200 (1983)

# ÉPÍTŐANYAG

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

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula Károly

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

XXXV. ÉVFOLYAM 1983. 5. SZÁM, MÁJUS

## TARTALOM

<i>Pethő Szilveszter – Veres György:</i> A nagyszemcsenagyságnál történő osztályozás néhány alapelve és berendezései.....	161
<i>Verdes Sándor – Németh Jenő – Király László:</i> A golyósmalmi őrlés kinetikai elemzése I. Valószínűség számításán alapuló őrléskinetikai modell.....	168
<i>Gömze A. László:</i> Csigasajtólóval előállított azbesztcement-termékek préselés utáni feszültségállapotának matematikai elemzése.....	173
<i>Gálos Miklós:</i> A zúzottkő betonadalékanyag közetértékelése.....	178
<i>Mahalek István:</i> A finomkerámiai korongolás néhány elméleti kérdése. I.....	187
<i>Hatos László:</i> Nagy üregtér fogatú termékek ergiatakarékos előállítása a Sopron I. téglagyárban.....	191
<i>Sövényházi János:</i> A hazai építőanyagipar energiafelhasználásának jellemzői 1970-ben és 1980-ban.....	197
Lapszemle.....	167, 177
Kitüntetések.....	190
A világ szilikátiparából.....	186
Könyvismertetés.....	200
Szabadalom figyelő.....	200

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Пеме, С.—Верес, Дь.:</i> Некоторые основные принципы и оборудование классификации, производимой при больших размерах зена.....	161
<i>Вердеш, Ш.—Немет, Е.—Кирай, Л.:</i> Кинетический анализ помола в шаровых мельницах.....	168
I. Кинетическая модель помола, основанная на расчете вероятности.....	
<i>Гемзе, А. Л.:</i> Математический анализ состояния напряжения асбестоцементных продуктов, изготовленных на шнековых прессах. после прессования.....	173
<i>Галос, М.:</i> Оценка щебенки с точки зрения использования в качестве бетонного заполнителя.....	178
<i>Махалец, И.:</i> Некоторые теоретические вопросы вопросы дисковой обработки в тонкой керамике.....	187
<i>Хатос, Л.:</i> Энергоэкономичное изготовление продуктов с большим объемом пустот на кирпичном заводе Шопрон I.....	191
<i>Шевеньхази, Я.:</i> Характеристики расхода энергии в отечественной промышленности строительных материалов в 1970 и 1980 г.г.....	197

## INHALT

<i>Pethő, Szilveszter – Veres, György:</i> Einige Grundbegriffe und Anlagen des Klassierens bei grosser Korngrosse.....	161
<i>Verdes Sándor – Németh, Jenő – Király, László:</i> Die kinetische Analyse des Mahlens in Kugelmühle I. Mahlkinetisches Modell auf Grund der Wahrscheinlichkeitsberechnung.....	168
<i>Gömze, A, László:</i> Mathematische Analyse des Spannungszustandes des mit Schneckenpresse hergestellten Asbestzementproduktes.....	173
<i>Gálos, Miklós:</i> Gesteinauswertung des Schotters, als Betonzuschlagtoffes.....	178
<i>Mahalek, István:</i> Einige theoretische Fragen feinkeramischer Drehen.....	187
<i>Hatos, László:</i> Energiesparende Herstellung von Produkten mit hohem Hohlraumgehalt im Ziegelwerk Sopron Nr.1.....	191
<i>Sövényházi, János:</i> Charakterisierung des Energieaufwandes der ungarischen Baustoffindustrie in den Jahren 1970 und 1980.....	197

## CONTENTS

<i>Pethő, Szilveszter – Veres, György:</i> Some Basic Principles and Equipments of Classification in Large Particle Size Ranges.....	161
<i>Verdes, Sándor – Németh, Jenő – Király, László:</i> Kinetic Analysis of Ball Mill Grinding I. Model of Grinding Kinetics Based on Probability Calculation.....	168
<i>Gömze A., László:</i> Mathematical Analysis of the Post-Pressing State of Stress in Asbestos Cement Products Made in Screw Press.....	173
<i>Gálos, Miklós:</i> Rock Evaluation of Crushed Stone Concrete Aggregates.....	178
<i>Mahalek, István:</i> Some Theoretical Problems of Fine Ceramic Throwing.....	187
<i>Hatos, László:</i> Energy-Saving Production of Large Hollow Volume Products in the Sopron I. Brickworks.....	191
<i>Sövényházi, János:</i> Energy Utilisation of the Hungarian Building Materials Industries in 1970 and 1980.....	197



## A nagy szemcsenagyságnál történő osztályozás néhány alapelve és berendezései

PETHŐ SZILVESZTER-VERES GYÖRGY

Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

### 1. A nagy szemcsenagyságnál történő osztályozás berendezései

Nagyszemcsenagyságnál történő osztályozásra rácsokat és körmozgású szitákat alkalmaznak.

Álló és mozgatott rácsokat különböztetünk meg. Mindegyik berendezésre jellemző, hogy a szemcsés anyag osztályozás közben a rács síkján marad, emiatt az nem aprózódik.

Az álló rácsokat az anyag rézsúszögével közel azonos hajlásszöggel állítják fel. A rács síkját egymással párhuzamos kör, trapéz, négyszögszelvényű rudak alkotják. Az eldugulás megakadályozása érdekében a rácsok közötti hézag, a kihordás felé gyakran növekszik. Durva törőgépek előtt alkalmazzák: a feladást mentesítik a finom anyag zömétől, esetleg a túl nagy daraboktól.

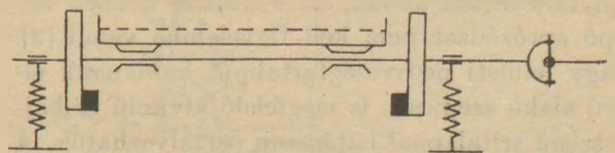
Mozgatott rácsoknál a szomszédos rácselemeket rendszerint egymástól függetlenül mozgatják. A legfontosabb típusaik a hosszanti, a keresztiradasi és a kaliberrács. Alkalmazásukkal jó szitálási hatásfok érhető el, ha a feladás elegendően száraz. Fontos feltétel az is, hogy a szemcsés anyag ne legyen túl szilárd, különben a lyukakba beülő darabok a rácselemeket szét is törhetik. Mozgatott rácsokkal szemek, nem túl kemény mészkövek osztályozhatók jól.

A körmozgású szitáknak két alaptípusa van: a ki nem egyensúlyozott tömeggel működő és az excenteres szita.

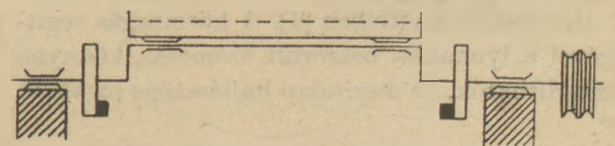
A ki nem egyensúlyozott tömeggel gerjesztett szita vázlatja az 1. ábrán látható. A szita tengelye a berendezés tömegsúlypontján halad át, a ten-

gelyre a szitaszekrényeken kívül ellensúlyos tárcsák vannak felékelve. A meghajtás rugalmas tengelykapcsoló közbeiktatásával történik. A szitaberendezés az alaphoz rugókkal csatlakozik. Az ellensúlyos tárcsával való gerjesztés és a rugalmas alátámasztás hatására a szitaberendezés, vele együtt a szitalap körmozgást ír le. A fordulatszám a meghajtó motoréval megegyezik, az amplitúdó nagyságát az ellensúly tömege és helyzete, a szita és a rajta levő anyag tömege, valamint az alátámasztó rugók erőssége határozza meg.

Az excenterrel gerjesztett körmozgású rezgőszita működési alapelve a 2. ábra segítségével ismerhető meg. A szita tömegsúlypontján átmenő tengelyre a két szitafalba csapágyazott excenter vannak felékelve. Ugyanezen tengely egyik végére ékszíjtárcsa van erősítve. A tengelyre ezenkívül az előbbi excentritás kiegyenlítésére ellensúlyos tárcsák is fel vannak ékelve. A régebbi



1. ábra. Ki nem egyensúlyozott tömeggel gerjesztett szita vázlatja



2. ábra. Az excenteres szita vázlatja



típusoknál az alátámasztást úgy oldják meg, hogy a szita mindkét végén a szitafalon áthaladó tengelyeket gumigyűrűk veszik körül, és ezeket a szitaszekrényen kívül az alapra fixen csapágyazzák. Az excenterek a berendezést kényszerpályán mozgatják, és ezt a szitafalba helyezett gumigyűrűk lehetővé teszik.

A jelenleg gyártott körmozgású rezgősziták nagy rezgésszámmal működnek, és az excentricitás is nagy. Egytömegrendszerűek, így a szita-berendezések nagy igénybevételnek vannak kitéve. Ezért erős, robusztus kivitelben készülnek, tömegük nagy. A szita-berendezés tömegét ezzel és a gyorsulás négyzetével közvetlenül arányos csapágyterhelés határolja le. Jelenlegi legnagyobb tömegük 25 t, nagyobb tömegű szita esetén túlméretezett csapágyra van szükség [3].

A ki nem egyensúlyozott tömeggel gerjesztett körmozgású rezgősziták fő alkalmazási területe a középszítályozás. Közepes szemcsenagyságnál akár lemezszítával, akár drótszövetszitalappal aprító-osztályozó körfolyamban és szemcseosztályok előállítására egyaránt alkalmas, a szitalap hajlásszöge  $10-15^\circ$ . A finom, a  $10-15$  mm-nél kisebb szemcsenagyságnál történő osztályozás területéről ezeket a berendezéseket a lineáris mozgású sziták kiszorították [4] [5]. Durva szemcsenagyságnál való szétválasztásra csak kedvező osztályozási körülmények mellett – légszáraz anyag, kubikus szemcsealak – alkalmazható. A feladható maximális szemcsenagyság is legtöbbször le van határolva. A ki nem egyensúlyozott tömeggel működő körmozgású rezgőszita legfőbb előnye az egyszerű szerkezet, beszerzési- és üzemeltetési költsége kicsi. Ezért a berendezés csaknem minden szitagyártó cég programjában szerepel, és így számottevő elterjedtségnek örvend.

Az excenterrel gerjesztett körmozgású rezgősziták nehezen szitálható anyagok nagyszemcsenagyságnál történő osztályozásánál szinte versenytárs nélkül állnak, ha a szítálás közben fel lépő aprózódást nem kell figyelembe venni [3]. Nagy felületi nedvességtartalmú, kubikustól eltérő alakú szemcsék is megfelelő kivitelű és hajlásszögű szitalappal hatásosan osztályozhatók. A szitalap lehet lemezszita, köralakú, négyzetes vagy hosszúkás nyílásokkal, lehet rács, állandó, vagy a szítálás irányában bővülő lyukbővítéssel, ill. lépcsőzetes kivitelben [1]. A körmozgás segítségével a lyukakba beszorult szemcsék könnyen kimozdíthatók, ha a szitalap hajlásszöge legalább  $12^\circ$ .

Mivel nehéz szítálási körülmények mellett nagy

szemcsenagyságnál történő osztályozásra eredményesen csak a körmozgású rezgősziták alkalmazhatók, ezért a következőkben a szítálás mérőszámait és a szitalap által eldobott szemcse mozgástörvényeit tekintjük át.

## 2. A szítálás mérőszámai

A 3. ábrán az  $\alpha$  hajlásszögű szitalapon levő egységnyi tömegű szemcsére ható  $g$  és a meghajtott mechanizmus által közvetített  $c = r\omega^2$  erők, valamint ezeknek a szitalappal párhuzamos ( $g_t$  és  $c_t$ ) és rá merőleges összetevői ( $g_n$  és  $c_n$ ) vannak feltüntetve [1] [3] [9]. A  $c$  erő a vízszintessel  $\beta$  szöveget zár be.

A Froude-számnak is nevezett

$$K = \frac{c}{g} = \frac{r\omega^2}{g} \quad 1.$$

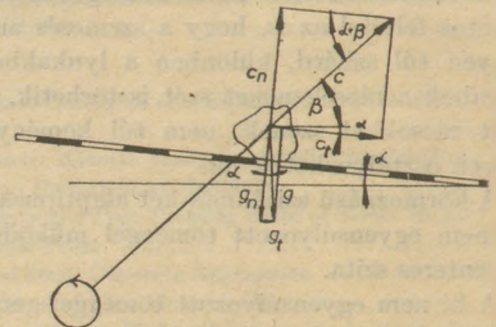
ún. gépi mérőszám a centrifugális és a nehézségi gyorsulás hányadosa. A mérőszám a szita-berendezés igénybevételét fejezi ki. Értéke 3 és 6 között van, 6-nál csak kivételes konstrukciók esetén nagyobb, mivel a szita-berendezés és csapágyai igen nagy igénybevételnek lennének kitéve.

A szitalapon levő szemcse eldobásának feltétele  $c_n \cong g_n$ . A fellazítás mérvére, tehát magára a szítálási folyamatra jellemző paraméter az előbbi, a szitalapra merőleges komponensek hányadosa

$$K_n = \frac{c_n}{g_n} = \frac{c \sin(\alpha + \beta)}{g \cos \alpha} \quad 2.$$

A szitalapon levő anyagréteg fellazítása  $K_n = 1,2$ -nél kezdődik el.  $1,5 < K_n \cong 2,5$  esetén a töré-

$$\begin{aligned} c_n &= c \sin(\alpha + \beta) \\ c_t &= c \cos(\alpha + \beta) \\ g_n &= g \cos \alpha \\ g_t &= g \sin \alpha \\ K &= \frac{c}{g} \quad (\text{Froude-szám}) \\ K_n &= \frac{c_n}{g_n} \end{aligned}$$



3. ábra. A szitalapon levő szemcsére ható erők







Különböző kezdősebességgel induló szemcsék emelkedési magassága és ideje levegőben és vízben

$\alpha$	$V$ [cm/s]	Levegőben $g_0 \sim g$					Vízben					Légüres térben	
		$x$ [cm]	$\delta$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$v_0$ [cm/s]	$s_{em}$ [cm]	$t_{em}$ [s]	$x$ [cm]	$v_0$ [cm/s]	$g_0 = g \frac{\delta-1}{\delta}$	$s_{em}$ [cm]	$t_{em}$ [s]	$t_{em} = \frac{V}{g}$ [s]	$s_{em} = \frac{1}{2} \frac{V^2}{g}$ [cm]
0°	V = 92,9947	4	2,65	5168,049	4,4023	5,4278	4	141,2975	6,1081	5,8762	7,7117	9,4744 10 <sup>-2</sup>	4,4030
		4	7,5	8695,5678	4,4027	5,4282	4	280,4460	8,502	4,8202	6,0483		
		11,3240	2,65	8695,5678	4,4027	5,4282	15,7575	280,4460	6,1081	6,7094	8,4187		
		11,3240	7,5	14630,845	4,4029	5,4284	15,7575	556,6267	8,502	5,0108	6,2063		
15°	V = 85,95	4	2,65	5168,049	3,7655	5,0200	4	141,2975	6,1081	5,1461	7,2439	8,7624 10 <sup>-2</sup>	3,7660
		4	7,5	8695,5678	3,7658	5,0203	4	280,4460	8,502	4,1532	5,6210		
		11,3240	2,65	8695,5678	3,7658	5,0203	15,7575	280,4460	6,1081	5,781	7,8240		
		11,3240	7,5	14630,845	3,7659	5,0204	15,7575	556,6267	8,502	4,2944	5,7474		
30°	V = 74015	4	2,65	51,68,049	2,7918	4,3225	4	141,2975	6,1081	3,9626	6,2954	7,5449 10 <sup>-2</sup>	2,7921
		4	7,5	8695,5678	2,2923	4,3227	4	280,4460	8,502	3,1444	4,8767		
		11,3240	2,65	8695,5678	2,7920	4,3227	15,7575	280,4460	6,1081	4,3350	6,7880		
		11,3240	7,5	14630,845	2,7921	4,3228	15,7575	556,6267	8,502	3,1935	4,9588		

ill. igen rövid idő elteltével a sebesség  $v_0$ -al gyakorlatilag állandó,

$$v_0 = \frac{4g}{3c} \sqrt{\frac{x(\delta-\gamma)}{\gamma}} = 55 \sqrt{\frac{x(\delta-\gamma)}{\gamma}} \quad 13.$$

Az előbbi egyenletben  $c$  a közegellenállási tényező:  $c = 0,43$ , ha  $600 \leq Re \leq 200\,000$ . A  $g_0$  gyorsulás [8] [9] [10]

$$g_0 = g \frac{\delta-\gamma}{\delta} \quad 14.$$

ahol  $\delta$  az anyag,  $\gamma$  a közeg sűrűsége.

Az  $r = 1,5$  cm amplitúdójú,  $n = 600$ /min fordulatszámú,  $K = 6,03$  Froude-számú,  $\alpha = 0^\circ, 15^\circ$  és  $30^\circ$ -os hajlásszöggel, tehát az (5) összefüggés szerint  $K_n = 6,03$ ; 6,24 és 6,96 szítálási jellemzőkkel üzemeltetett körmozgású rezgőszítákon a  $\varphi_K$  elválási szögek (6) szerint 9,54; 9,21 és 8,25°, a  $\varphi_D$  eldobási szögek (7) szerint 92,95; 65,79 és 51,75°, a függőleges irányú  $V$  kezdősebességek a (8) összefüggés szerint 92,94; 85,95 és 74,01 cm/s. Az 1. táblázatban kiszámítottuk levegő és víz-közeg feltételezésével  $x = 4$  cm nagyságú,  $\delta = 2,65$  sűrűségű kvarc, szintén  $x = 4$  cm átmérőjű,  $\delta = 7,5$ -ös sűrűségű galenit, ez utóbbival azonos süllyedési végsebességű, tehát az előbbieknél nagyobb átmérőjű kvarc, végül a nagy átmérőjű kvarccal megegyező nagyságú galenit  $v_0$  süllyedési végsebességeit a (13) összefüggéssel,  $g_0$  gyorsulásokat (14)-gyel, az  $s_{em}$  és  $t_{em}$  emelkedési magasságokat és időket a (10) és (11) összefüggésekkel. A táblázat utolsó oszlopában a légüres térben érvényes függőleges emelkedési magasságokat és időket is megtaláljuk.

Levegő közegben az emelkedési magasság és idő a szemcsék nagyságától, sűrűségétől, így süllyedési végsebességétől gyakorlatilag független, ezek az értékek egyedül a  $V$  kezdősebességgel vannak kapcsolatban. Az emelkedési magasságok a légüres térben megtett függőleges utakkal csaknem megegyeznek, az emelkedési idők viszont a légüres térben lényegesen kisebbek. Száraz szítáláskor tehát az azonos kezdősebességgel eldobott szemcsék együtt emelkednek, pályájuk legmagasabb pontját ugyancsak együtt érik el. Az azonos magasságból lefelé eső szemcsék közül a (12), ill. a (13) összefüggés értelmében a nagyszemű galenit éri el először a szitalapot, ezt követően az azonos süllyedési végsebességű kvarc és galenit egyidőben érkeznek, legvégül a 4 cm-es kvarc éri el a szitalapot, mivel ennek a vizsgált szemcsék közül legkisebb a süllyedési végsebessége. – Víz alatt történő szítáláskor a vizsgálatra kiválasztott szemcsék közül a durva kvarc emelkedik a legmagasabbra, és ennek emelkedési ideje a leghosszabb. A legalacsonyabbra a kisebb nagyságú galenit emelkedik, és ugyanennek az emelkedési ideje a legkisebb. A szítálás szempontjából nem kedvező, hogy a nagyszemű galenit a kisebb kvarcnál valamivel alacsonyabbra emelkedik. Ezen két utóbbi szemcse süllyedési végsebességében legnagyobb a különbség, ezért a szitalapra a durva galenit előbb megérkezik.

Abból az elméletileg bizonyított megállapításból, hogy száraz szítáláskor az azonos sebességgel induló durva szemcsék nagyságuktól és sűrűségüktől függetlenül csaknem azonos magasságra emelkednek, fontos gyakorlati következtetések adódnak. A terheléstől független azonos kezdő-

## Ki nem egyensúlyozott tömeggel gerjesztett szita

Finom	Szerkezeti méret [mm]	630 × 2000	800 × 2500	1000 × 3150	1250 × 4000	1600 × 5000
	Hajtó motor [kW]	3	3	5,5	11	15
Darabos	Szerkezeti méret [mm]	630 × 1600	800 × 2000	1000 × 2500	1250 × 3150	1600 × 4000
	Hajtó motor [kW]	7,5	11	11	15	18,5

## Excenteres szitaberendezés

A	Szerkezeti méret [mm]	630 × 1600	800 × 2000	1000 × 2500	1250 × 3150	1600 × 4000
	Hajtó motor [kW]	3	3	5,5	10	13
B	Szerkezeti méret [mm]	630 × 1600	800 × 2000	1000 × 2500	1250 × 3150	1600 × 4000
	Hajtó motor [kW]	7,5	10	10	13	17
C	Szerkezeti méret [mm]	—	—	1250 × 3150	1600 × 4000	1600 × 5000
	Hajtó motor [kW]	—	—	17	22	22

sebességet és ezzel együtt a szitaterheléstől ugyancsak független fellazítást, ami a hatásos osztályozás előfeltétele, csak excenteres rezgősziták alkalmazásával lehet biztosítani. — A ki nem egyensúlyozott tömeggel gerjesztett rezgőszitáknál a rezgés amplitúdója a szitaterhelésnek is függvénye. Nagyobb szitaterhelések esetén a rezgés amplitúdója kisebb lesz, a szükséges fellazítás ilyenkor nem következik be, a szitálás hatásossága csökken. — Darabválasztókhoz, nagy szemcsenagyságnál osztályozó szitaberendezéshez adagolót nem építenek be, ilyenkor a hatásos osztályozást, a zavartalan üzemeltetést az excenteres rezgőszitákkal lehet biztosítani.

## 4. A SKET-cég és az Ernst Thälmann művek szitaberendezései

Az NDK-beli SKET-cég (VEB Zementanlagenaubau Dessau) egyaránt gyárt ki nem egyensúlyozott tömeggel és excenterrel gerjesztett körmozgású szitákat. A cég gyártási programjáról a 2. táblázat nyújt áttekintést.

A táblázat szerint a SKET-cég finom és durva szitálásra alkalmas berendezéseket gyárt. A berendezéseket egy- és kétfedelű kivitelben szállítják. A finom osztályozást végző szitákra maxi-

málisan 50 mm-es szemcse adható fel, a legnagyobb lyukbőség 14 mm. A durva osztályozásra alkalmas szitákra feladható legnagyobb szemcsenagyság 200 mm, a legnagyobb lyukbőség 100 mm. Alapra helyezett, vagy felfüggesztett kivitelben készülnek. A körmozgás átmérőjét a tárcsán levő ellensúly helyzetének változtatásával lehet megváltoztatni. Az átmérő a finom és durva szitálásnak megfelelően 5 és 8 mm között változtatható. Üzem közben a szita hajlásszöge is állítható, így a szemcsés anyag tulajdonságainak változása esetén a legmegfelelőbb szitálási körülmények biztosíthatók.

A cég excenteres szitáit A, B és C jellel látja el. Az ezekre feladható max. szemcsenagyság 100, 200 és 500 mm, a legnagyobb lyukbőség 50, 100 és 250 mm. A szitalapok fő méretei ugyancsak a 2. táblázatban vannak feltüntetve. A változó szitálási körülményekhez a szitalap hajlásszögének és a meghajtó tengely fordulatszámának, tehát a rezgésszám változtatásával lehet alkalmazkodni.

Az Ernst Thälmann művek (VEB SCHWERMASCHINENBAU ERNST THÄLMANN, MAGDEBURG) UNIVERSAL rezgőszitája a közreadott prospektus szerint igen széleskörűen alkalmazható. A 3. táblázatban közölt gyártási program szerint a cég szitái finom, közép, durva



## Az Ernst Thälmann művek excenteres szítaberendezései

Paraméterek	Finom						Közép					
Jele	615 BF	820 BF	1025 BF	1230 BF	1336 BF	153F BF	615 BM	820 BM	1025 BM	1230 BM	1336 BM	1537 BM
Szítafelület sz: [mm] h:	600 1500	800 2000	1000 2500	1200 3000	1300 3600	1500 3750	600 1500	800 2000	1000 2500	1200 3000	1300 3600	1500 3750
Hajtó motor [kW]	1,83	2,5	3,6	5,1	5,9	6,61	1,85	2,5	3,6	5,1	5,9	6,6

Paraméterek	Durva						Darabos			
Jele	615 BG	820 BG	1025 BG	1230 BG	1336 BG	1537 BG	1230 BbT	1336 BbT	1537 BbT	1545 BbT
Szítafelület sz: [mm] h:	600 1500	800 2000	1000 2500	1200 3000	1300 3600	1500 3750	1200 3000	1300 3600	1500 3750	1500 4500
Hajtó motor [kW]	2,2	3,3	4,4	5,9	6,6	8,8	7,35	8,8	11	14,7

és darabos anyag leválasztására alkalmasak. A táblázat a szítafelületek nagyságát és azok jelét közli. A finom szemcsenagyságnál történő osztályozásra 0,3 és 15 mm közötti, közepes osztályozásra 15 és 50 mm, durva szemcsenagyságnál 50 és 100 mm és végül darabos leválasztásra 100 és 250 mm közötti lyukbőséget alkalmaznak. A különböző szemcsenagyságnál osztályozó sziták kivitele ugyanaz, csak a rezgésszám és szükség szerint a szita hajlásszöge különböző. Finom és középszítálásnál a rezgésszám 1200 és 2000, durva szítálásnál 1000 és 1600 között, darableválasztóknál 875 és 1050/min között van. Ezen paraméterek megváltoztatásával az eldobási szög és a szitán való szállítási sebesség is megváltozik.

A szitaszekrénybe csapágyazott excenter az excentricitásnak és a szita tömege szorzatának megfelelően a tengelyre, ill. ennek csapágyaira centrifugális erőt fejtenek ki. Ennek pontos kiegyenlítését szolgálják a szitaszekrényen kívül elhelyezett, ugyanezen tengelyre ékelt ellensúlyos tárcsák.

A cég különböző alakú szemcsék osztályozására különböző alakú nyílásokkal rendelkező szitalapokat ajánl. Négyzetes nyílású szitalap kubikus szemcsék esetén alkalmazandó, vagy pedig akkor, ha a lyukbőségnél durvább szemcsék laposak, vagy hasábalakúak. Rombuszalakú nyílású szitalap alkalmazása akkor helyénvaló, ha a lyukbőségnél csak valamivel kisebb szemcsék aránya nagy. Résnyílású szitalapot, ill. a szitát akkor ajánlják, ha a lyukbőségnél kisebb szemcsék hosszúkasak, laposak.

A sziták nedvesen is üzemeltethetők. Ebben az esetben lehetséges a szitán levő anyag vízzel való permetezése is.

Az excenter, vele együtt a szitalap által leírt körpálya iránya a szítálási iránnyal megegyezik, vagy azzal ellenkező. Az előbbi esetben a szitalap hajlásszöge 10–18° közötti. Az így felállított szitára bármilyen szemcsenagyságú anyag feladható. A szítálási iránnyal ellentétes irányú körpálya az anyag előrehaladását fékezi, ami teljesítmény csökkenéssel, egyidejűleg a szétválasztás élességének növelésével jár. Az ellentétes irányban mozgatott szitát 20–30°-os hajlásszöggel állítják fel, a feladás maximális szemcsenagysága 20 mm. Az így járatott berendezést tehát finom osztályozásra alkalmazzák.

## IRODALOM

- [1] Schubert: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1975.
- [2] Großsiebmaschinen in der Verfahrensstufe Vorklassierung der Steinkohlensaufbereitung (TAGUNGEN-MESSEN-KURSE) Aufbereitungs-Technik Nr. 3. 1977/3. 148–150.
- [3] Fellensiek: Die Siebklassierung von Massengütern. Aufbereitungs-Technik, Nr. 3. 1982. 151–157.
- [4] Unwuchtgetriebene Freischwingsiebe zur wirtschaftlichen Klassierung mit Siebflächen bis zu 18 Quadratmeter. Steinbruch und Sandgrube, Heft 3. 1982. 88. (Rövid közlemény Aus der Aufbereitung címszó alatt.)
- [5] Absiebung und Siebe. Steinbruch und Sandgrube. Heft 3. 1982. 89–95. Svedala-Arbra cég közleménye Aus der Siebtechnik címszó alatt.
- [6] Schlebusch: Wurfsiebmaschinen.



Aufbereitungs-Technik. Nr. 7. 1982. 347–352.

[7] *Brüderlein*: Siebklassierung mit Großsiebmaschinen. Aufbereitungs-Technik, Nr. 7. 1982. 353–358.

[8] *Finkey*: Die wissenschaftlichen Grundlagen der nas- sen Erzaufbereitung. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1924.

[9] *Tarján*: Ércelőkészítéstan. Tankönyvkiadó, Budapest, 1954.

[10] *Pethő*: Megjegyzések a statisztikus rezonancia el- méletéhez. Bányászati és Kohászati Lapok, BÁNYÁSZAT, 109. évf. 1976. 2. sz. 123–127.

*Pethő Szilveszter – Veres György*: A nagy szemcsenagy- ságnál történő osztályozás néhány alapelve és berendezései

A szerzők tanulmányukban áttekintik a durva szemese- nagyságnál történő osztályozás berendezéseit és ki- választásuk szempontjait. Részletesen foglalkoznak a nehezen osztályozható, agyagos, nagy felületi nedvesség- tartalmú, a kubikustól eltérő alakú szemcsés anyagok osztályozásának kérdéseivel. Elméletileg is bizonyítják, hogy ilyen anyagok osztályozására a rezgőhossznak és rezgésszámnak a szita terhelésétől független állandósága miatt az excenterrel gerjesztett rezgősziták valók.

*Петё, С. — Верес, Дь.*: Некоторые основные принципы и оборудование классификации, производимой при боль- ших размерах зерна

Авторы дают обзор оборудования для классификации, производимой при грубом размере зерна, а также принципы выбора соответствующего оборудования. Подробно занимаются вопросами классификации трудно классифицируемых, глиносодержащих, имеющих боль-

шую поверхностную влажность, материалов, состоящих из зерен с формой, отличающейся от кубической. Теоретически подтверждают, что для классификации таких материалов наиболее пригодны эксцентрично возбуждаемые вибросита, в связи с тем, что длина и число колебаний их не зависят от нагрузки сита.

*Pethő, Szilveszter – Veres, György*: Einige Grundbegriffe und Anlagen des Klassierens bei grosser Korngrösse

Es werden die Anlagen und Hinsichte der Auswahl des Klassierens bei grober Korngrösse überblickt.

Die Autoren beschäftigen sich ausführlich mit der Fragen des Klassierens von schwer klassierbaren, tonhaltigen, nicht kubischen körnigen Stoffen mit hohem Nassgehalt an der Oberfläche.

Es wurde auch theoretisch nachgewiesen, dass zum Klas- sieren dieser Stoffen die mit Exzenter erregten Sch- wingsiebe wegen der von der Schwinglänge und der Schwingzahl unabhängigen Dauerhaftigkeit der Sieb- belastung dienen.

*Pethő, Szilveszter – Veres, György*: Some Basic Principles and Equipments of Classification in Large Particle Size Ranges

A review of the equipments and their aspects of selection for classification in coarse particle range is given. The problems of classifying the hardly classifiable, clayey granular materials of high superficial moisture content and non-cubic shape are dealt with in details. It has been proved theoretically too, that because of the constancy of vibration length and frequency not depend- ing on the screen load the classification of these materials needs excenter-forced vibratory screens.

## Lapszemle

BAUSTOFFINDUSTRIE, Berlin, 1982. 5. sz.

Laengricht, W. – Krebs, J. – Garusch, A.: Egy cementipari, pneu- matikus tisztítású porleválasztó al- kalmazása és vizsgálata. 133–143. old.

A TGL 25608 szerinti, 45 × 3 típusú porleválasztó felső porkoncentrá- ció-értéke köbméterenként az 50 mg-ot nem lépheti túl. Maximális alkalmazási hőmérséklete 150 C- fok. Cementipari őrlőmalom mel- lett üzemeltetik. A benne levő szűrő egy újonnan kifejlesztett VEB Tetex, felülete 135 m<sup>2</sup>. A szűrőt háromlépcsős megterhelés- nek teszik ki. Az óránként átenge- dett levegő mennyisége 17 800 m<sup>3</sup>. Stabil üzemelésű. Mikroelektroni- kus vezérlésű. Az üzemeltetési tapasztalatok szerint alkalmazásá- val az előírt emisszióértékek betart- hatók.

Ilgner, R. – Hoffmann, H.: A port- landcement-hányad növelése őrlési segédanyaggal népgazdaságilag ha- tékony energiamegtakarítás. 135–136. old.

A legfontosabb frissbeton-tulaj- donság a bedolgozhatóság. Ez jelen- tősen befolyásolható a cementenyv mennyiségével és az adalékok szem- cseösszetételével. A cement-fajtá- nak kisebb a szerepe a bedolgozha- tóság befolyásolásánál, mint az őrlési segédanyag. Különösen fontos az alkalmazott adalékanyag finomfrakció-hányada. Anyag- és energiagazdaságossági követelmé- nyeknek megfelelő betongyártás esetén csökkenteni kell a technoló- giai hiányosságokat, fokozni kell a technológiai berendezések üzem- biztonságát, optimálni kell a W/Z- értéket folyósítók alkalmazásával, optimálni kell a hőkezelés módját és tartományát.

CERAMIC INDUSTRY, Chicago, 1982. 2. sz.

Ulmer, J. A.: Többcélú, energia- takarékos, növelt teljesítményű üveg- dekoráló kemence. 24–25. old.

Az amerikai Anchor Hocking cég nagy teljesítményű, kis helyiségű, több célú, üveg díszítés beégetésé- re, ill. hőkezelésére is alkalmas kemencét létesített. A kemence több szekciós, recirkulációs előme- legítő, hőszugárzásos díszítés beéget- tő, recirkulációs hőkezelő, recirku- lációs hűtő, gyors hűtő és csoma- goló szekció. Teljesen automati- zált hőmérséklet szabályozás a technológiai igény szerint. Energia megtakarítás érhető el, újszerű szalag konstrukció, kerámiai szál hőszigetelés.



# A golyósmalmi őrlés kinetikai elemzése

## I. VALÓSZÍNŰSÉGSZÁMÍTÁSON ALAPULÓ ŐRLÉS KINETIKAI MODELL

VERDES SÁNDOR\* – NÉMETH JENŐ\*\* – KIRÁLY LÁSZLÓ\*\*

\* Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

\*\* MTA Műszaki Kémiai Kutató Intézet, Veszprém

### 1. Bevezetés

Annak ellenére, hogy az őrlést régóta használják a különböző iparágakban, az őrlés időbeli folyamatainak leírása még nem megoldott.

Az őrlés kinetikai elemzése valamely őrlemény jellemző (pl. szemcseméret, maradékszázalék, fajlagos felület, stb.) időbeli változásának leírását foglalja magában [1]. Az előbbi jellemzők időbeli változását vagy tapasztalati képletek fejezik ki, vagy az anyagmérleghől kiinduló integro-differenciálegyenlet megoldásának különböző alakú összefüggéseit alkalmazzák az egyes szerzők az általuk vizsgált rendszerekre [2–6].

Az őrlési folyamat véletlentől függő tulajdonsága miatt célszerű a kinetikai folyamatot a valószínűségi számítás eszközeit felhasználó modellel leírni.

Ezért a folyamat modellezésekor célkitűzésünk volt, hogy a hangsúly a folyamat véletlenszerűségére kerüljön.

Ennek matematikai megfogalmazásakor azt a módszert követtük, hogy az őrlés különböző időpontjaihoz tartozó őrlemény eloszlások momentumainak időbeli változását írtuk le.

Az elméleti modell ellenőrzése és gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálata céljából laboratóriumi golyósmalommal őrléssorozatokat végeztünk. Kísérleti eredményeink feldolgozása alapján kapcsolatot kerestünk a modell kinetikai tényezői és az őrlés legfontosabb paraméterei között.

A több részre tervezett tanulmány I. részében az őrlés kinetikai modellt ismertetjük.

### 2. A modell kiindulása

i) Az  $x$  méretű szemcse aprításakor tételezzük fel, hogy a szemcse erőhatás (behatás) következtében történő szétesésének valószínűsége a

$$P(x) = f\left(\frac{x^3 - x_\infty^3}{x^3}\right) \quad (1)$$

összefüggéssel jellemezhető, ahol  $f$  valamilyen függvény. Az  $x_\infty$  elvben az elemi cella méretét, gyakorlatilag pedig azt a minimális méretet jelöli, amely az adott berendezéssel az aprítás során elérhető. Ez a méret az őrlendő anyag tulajdonságainak és az őrlendőszer paramétereinek a függvénye. Az  $x_\infty$  a  $t = \infty$  időponthoz rendelhető mérettel is megegyezik, ha a rendszerben az őrlés során nem lép fel agglomeráció.

A golyósmalmi őrlés esetében a szétesés valószínűségét az (1) összefüggéssel jellemezni azért is indokolt, mert a KICK-féle (térfogati) elmélet értelmében a törés energiaigénye a szemcsék térfogatával arányos.

Megjegyzés: A  $P(x)$  definíciójával kapcsolatban meg kell említeni, hogy az  $f$ -re csak olyan függvény engedhető meg, amelyre a valószínűséggel kapcsolatos axiómák teljesülnek.

Első közelítésben tételezzük fel, hogy az  $f$  függvény lineáris, vagyis az (1)

$$P(x) = \hat{a} \frac{x^3 - x_\infty^3}{x^3} \quad (2)$$

lesz, ahol az  $\hat{a}$  tényező – az előbbi megjegyzés értelmében – 0 és 1 közé eső konstans.

ii) Tételezzük fel  $N_1$  darab  $x_1$  méretű szemcse aprításakor, hogy  $N_2$  darab  $x_2$  méretű szemcsét kapunk. Ekkor a szemcsék mérete és száma között fennáll az

$$N_1 x_1^3 = N_2 x_2^3 = \text{állandó} \quad (3)$$

összefüggés.

Ezt a feltételezést az általánosság sérelme nélkül megtehetjük, amennyiben az  $x_1$  és az  $x_2$  méretek két különböző időpillanatban a szemcsehalmozatokhoz térfogat egyenlőség szerint rendelhető ek-



vivalens gömbátmérőket,  $N_1$  és  $N_2$  pedig az azoknak megfelelő szemcse számokat jelölik. Ilyen formában a (3) összefüggés a térfogat-, illetve a tömegmegmaradást fejezi ki az őrlés során.

iii) Az első két feltevés egybevetéséből a (2)-re a

$$P(x) = \hat{a} \frac{N_\infty - N}{N_\infty} \quad (4)$$

összefüggést kapjuk. Az  $N_\infty$  az  $x_\infty$  értékéhez tartozó számosságértéket jelöli, mindkettő asszimptotikus érték.

### 3. A kinetikai modell mérlegegyenletei

A műszaki kémiai rendszerek elemzésénél egyre gyakrabban alkalmazzák a mérlegegyenletes leírásmodot, amely a műveleti egységek működésének mennyiségi leírását adja.

Egy elemi rendszer valamely  $\psi$  extenzív mennyisége az időben két okból változhat meg, egyrészt a rendszer belsejében lejátszódó folyamat okozta változásból (termelés és fogyás), másrészt a környezettel való kölcsönhatásból származó változásból (betáplálás vagy elvétel). Ennek megfelelően a  $\psi$  extenzív mennyiség mérlegét a

$$\frac{d\psi}{dt} = \pi_\psi + \delta_\psi \quad (5)$$

alakban írhatjuk fel, ahol  $\pi_\psi$  a  $\psi$  mennyiség termelési (forrási) és fogyási (nyelési) sebességének,  $\delta_\psi$  pedig a betáplálási és elvételi sebességének algebrai összege.

A  $\pi_\psi$ -t nettó termelési sebességnek,  $\delta_\psi$ -t pedig nettó betáplálási sebességnek nevezhetjük.

Méretváltozási folyamatoknál extenzív mennyiségként jól alkalmazhatók a diszperziós jellemzők, amelyek az irodalmi közleményeknek megfelelően a következők [7, 8]:

- számosság ( $N_0$ ) – az egyedi részek száma [–];
- méret ( $D_0$ ) – az egyedi részek jellemző lineáris méretének összege [m], (szemléletes megfelelője az egyedi részekből „felfűzhető gyöngysor hossza”);
- felület ( $S_0$ ) – az egyedi részek felületének összege [m<sup>2</sup>].

Az említett extenzív mennyiségek sűrűség jellegű intenzív megfelelői a következők:

- fajlagos számosság –  $N = \frac{N_0}{V}$  [m<sup>-3</sup>];
- fajlagos méret –  $D = \frac{D_0}{V}$  [m m<sup>-3</sup>];
- fajlagos felület –  $S = \frac{S_0}{V}$  [m<sup>2</sup> m<sup>-3</sup>].

(A  $V$  viszonyítási alap helyett szerepelhet a  $V$ -nek megfelelő tömeg is, ekkor a mértékegységekben m<sup>-3</sup> helyett értelem szerűen kg van, vagyis [kg<sup>-3</sup>], [m kg<sup>-3</sup>] és [m<sup>2</sup> kg<sup>-3</sup>].)

A felsorolt sűrűség jellegű intenzív mutatók a szemcseméret-eloszlási adatokból három különböző módon határozhatók meg [1, 8]

- a) a mérési, ill. a vizsgálati adatokból számítással;
- b) a mérési adatokból eloszlásfüggvény illesztés útján analitikusan;
- c) amennyiben a mérési adatokra olyan ismert eloszlásfüggvény illeszthető, amelynek momentumai zárt alakban megadhatók, akkor a momentumok felhasználásával.

Az a) alatt említett módszerre szemléltetésként bemutatjuk az alábbi összefüggéseket:

$$N = \frac{6}{\rho\pi} \sum \frac{\Delta P_i}{x_i^3}, \quad (6)$$

$$D = \frac{6}{\rho\pi} \sum \frac{\Delta P_i}{x_i^2}, \quad (7)$$

$$S = \frac{6}{\rho} \sum \frac{\Delta P_i}{x_i}, \quad (8)$$

ahol  $P = 1 - R$ , az  $x$  méretnél kisebb hányad (áthullás).

Az előző összefüggések a szemcséket gömbalakúaknak tételezve érvényesek. Amennyiben ismertek a formatényezők, a számításoknál értéküket figyelembe vesszük [9].

Véleményünk szerint a felsorolt diszperziós jellemzők (számosság, méret, felület) realisabb képet adnak az őrléményről, mintha csak egy szítálási mérettel, vagy alaki tényezővel módosított átmérővel jellemeznénk a szilikátipari technológiában előforduló alakatlan szemcsehalmozatot. A diszperziós mutatók, és általában a momentumok számításával kapcsolatban megjegyezzük, hogy a felsorolt három mód közül az első (a)/ mindig alkalmazható, függetlenül attól, hogy a vizsgálati adatokra illeszthető ismert eloszlásfüggvény. A b) alatti módszer alkalmazható akkor is, ha a mérési adatokra nem illeszthető ismert eloszlásfüggvény, hanem valamilyen más függvénnyel (polinom, spline) közelítjük az

eloszlást. Ez a módszer, ha az integrálás numerikus módszerrel történik, általában már számítógép alkalmazását igényli. Természetesen a legegyszerűbb a c) eset, amennyiben az alkalmazható. Ráadásul ilyen esetben csak annyi momentum számítása szükséges, ahány paramétert tartalmaz az eloszlásfüggvény.

Szakaszos üzemű rendszerekben betáplálás és elvétel nincs, vagyis az (5) egyenletben a

$$\delta\psi = 0,$$

így az (5) a

$$\frac{d\psi}{dt} = \pi\psi \quad (9)$$

alakra egyszerűsödik.

Megjegyzés: Szakaszos üzemű esetben a (9) összefüggés extenzív és a sűrűség jellegű intenzív mennyiségekre egyaránt felírható.

A (9) összefüggésben a  $\psi$  helyébe a fajlagos számosságot, a fajlagos méretet és a fajlagos felületet helyettesítve három mérlegegyenletet írhatunk fel. Az egyenletek jobboldalán szereplő nettó termelési sebességek a kinetikai modell értelmében nemcsak az extenzív (illetve a sűrűség jellegű intenzív) mennyiségekkel arányosak — az irodalomban tapasztaltaknak megfelelően — hanem a szétesés  $P(x)$  valószínűségével is. Ennek megfelelően az őrlés sztochasztikus jellegét is figyelembe vevő kinetikai modell mérlegegyenletei a következők:

$$\frac{dN}{dt} = K_N NP(x), \quad (10)$$

$$\frac{dD}{dt} = K_D DP(x), \quad (11)$$

$$\frac{dS}{dt} = K_S SP(x), \quad (12)$$

ahol  $K_N$ ,  $K_D$  és  $K_S$  állandók.

Megjegyezzük, hogy a (11) és a (12) összefüggésben a  $D$  és az  $S$  szorzók az egy szemcsére vonatkoztatott szétesési valószínűség miatt tulajdonképpen a  $\left(\frac{D}{N} N\right)$  illetve az  $\left(\frac{S}{N} N\right)$  művelet összevonásából adódtak.

Vegyük észre, hogy a (10)–(12) összefüggések egy-egy momentum időbeli megváltozását írják le. Ezekhez az összefüggésekhez hasonló kapcsolat tételezhető fel az eloszlások tetszőleges (pl. 4., 5., ...) momentumaira, vagyis általános megfogalmazásban

$$\frac{dM_i}{dt} = K_i M_i P(x), \quad (13)$$

ahol  $M_i$  — a (számszerinti eloszlás  $i$ -edik momentuma),

$K_i$  — állandó,

és az  $i \dots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$  értékeket vehet fel.

Megjegyzés: — Az általános megfogalmazású (13) egyenletben az  $M_i$  tényező az  $\left(\frac{M_i}{N} N\right)$  művelet összevonásából adódott (az egy szemcsére vonatkozó szétesési valószínűség miatt);

— a (13) összefüggés alkalmazásakor pl. az  $i=0$  a számosságra, az  $i=1$  a méretre és az  $i=2$  a felületre vonatkozó változást adja meg, de a fizikai tartalom hozzárendelésekor nem szabad megfeledkezni a gömbi-geometriára utaló  $\frac{6}{\rho\pi}$  ill.  $\frac{6}{\rho}$  szorzótényezőkről (lásd pl. a (6)–(8) egyenleteket).

A szétesés valószínűségére felhasználva a (4) kifejezést és a (10) képletben szereplő  $K_N$  és  $\hat{a}$  állandókat egy  $\varphi_N$  tényezőbe összevonva a számosság megváltozására a

$$\frac{dN}{dt} = \varphi_N N \frac{N_\infty - N}{N_\infty} \quad (14)$$

összefüggést kapjuk, illetve a másik két diszperziós jellemzőre és az általánosan felírt momentumokra a

$$\frac{dD}{dt} = \varphi_D D \frac{N_\infty - N}{N_\infty}, \quad (15)$$

$$\frac{dS}{dt} = \varphi_S S \frac{N_\infty - N}{N_\infty}, \quad (16)$$

$$\frac{dM_i}{dt} = \varphi_i M_i \frac{N_\infty - N}{N_\infty} \quad (17)$$

differenciálegyenletek adódnak. Az egyenletek baloldala az egyes mennyiségek időbeli változását jelöli, a jobb oldalon szereplő összefüggések értelmében a megváltozások arányosak a szétesési valószínűséggel és a vonatkozó mennyiséggel. Megjegyezzük, hogy ugyancsak a mérlegegyenletes felírásból kiindulva Blickle–Szentmarjay hasonló kinetikai egyenletekhez jutottak [10–11], de mivel a szerzők kinetikai modell felállítása heurisztikus volt, adások maradtak a kiindulási feltételek részletezésével és az egyes tényezők fizikai tartalmának kifejtésével. Ilyen értelemben a (14)–(17) differenciálegyenletek levezetése egzaktabb és a tényezők fizikai tartalmának kifejtése pontosabb.

Az ismertetett kinetikai modellben a valószínűség-számítás nemcsak a szétesés valószínűségének



megadásánál kap szerepet, hanem – éppen a (17) általánosítás révén – az egész leírás lényege. Hiszen a modell tetszőleges momentumokra való kiterjesztésével, a diszperziós jellemzők időbeli változásának leírásán túl, az örleményekhez rendelhető eloszlás bármelyik jellemzőjének (pl. várhatóérték, szórás, különböző átlagok stb.) időbeli változására összefüggést kapunk, sőt – kedvező esetben – az eloszlás változására is.

A modell megoldása előtt a (14) képlettel kapcsolatban rá kell mutatnunk arra, hogy a számosság megváltozásának a sebességét az  $N$  növekedése egyrészt növeli, másrészt pedig, a törtekifejezésben szereplő  $N$  hatására, csökkenti. A két hatás szuperponálódik, s az összefüggés vizsgálatából megállapítható, hogy létezik egy maximális sebesség és ez akkor adódik, amikor az

$$N = \frac{N_\infty}{2}. \quad (18)$$

A számosság-változás maximális sebessége a

$$\left(\frac{dN}{dt}\right)_{\max} = \frac{\varphi_N N_\infty}{4} \quad (19)$$

összefüggéssel számítható [12].

#### 4. A kinetikai modell megoldása

Rendeljük a  $t = 0$  időponthoz az

$$\begin{aligned} N(0) &= N_0, \\ D(0) &= D_0, \\ S(0) &= S_0, \\ M_i(0) &= M_i(0) \end{aligned} \quad (20)$$

kezdeti értékeket.

A modell megoldásakor nézzük először a (17)-el megadott általános momentumokra felírt differenciálegyenlet megoldását. A (17)-et osszuk el a (14)-el, azt kapjuk, hogy

$$\frac{dM_i}{dN} = \frac{\varphi_i}{\varphi_N} \frac{M_i}{N}, \quad (21)$$

vagy

$$\frac{dM_i}{M_i} = \xi_i \frac{dN}{N}, \quad (22)$$

ahol a

$$\xi_i = \frac{\varphi_i}{\varphi_N} \quad (23)$$

arányossági tényező, az  $i$ -edik momentumhoz tartozó kinetikai tényező viszonya a számosság-változás kinetikai tényezőjéhez.

A (22) differenciálegyenlet a számossághoz

viszonyított (tetszőleges) momentum változását fejezi ki, a megoldása a kezdeti feltételeket figyelembevéve:

$$M_i(t) = M_i(0) \left[ \frac{N(t)}{N(0)} \right]^{\xi_i}. \quad (24)$$

Ennek alapján felírhatjuk a méret ill. a felület időbeli változását, amikor is a

$$D(t) = D_0 \left[ \frac{N(t)}{N(0)} \right]^{\xi_D}, \quad (25)$$

illetve az

$$S(t) = S_0 \left[ \frac{N(t)}{N(0)} \right]^{\xi_S} \quad (26)$$

összefüggést kapjuk.

Természetesen a megoldáshoz ismerni kell még az  $N(t)$  függvényt, ami nem más, mint a (14) differenciálegyenlet megoldása.

A (14) differenciálegyenlet megoldása a kezdeti feltételek figyelembevételével formailag hasonló az említett heurisztikus modell megoldásához, vagyis az  $N$ -re kifejezve – az itt bemutatott modell jelöléseivel – a számosság időbeli változását az

$$N(t) = \frac{N_\infty}{\frac{N_\infty - N_0}{N_0} e^{-\varphi_N t} + 1} \quad (27)$$

összefüggés adja meg.

Megjegyzés: – A (21) és a (22) összefüggésekből látható, hogy a méretnek ill. a felületnek (és általában az  $M_i$ -nek a számossággal képzett differenciálhányadosa már nem függ a  $P(x)$  szétesési valószínűségtől, hanem a számszerinti átlag-mérettől  $\frac{D}{N}$  ill. számszerinti átlag-felülettől  $\frac{S}{N}$  (és általában az  $\frac{M_i}{N}$ -től);

– Amikor az előző összefüggéseket közösleges differenciálegyenletekkel írtuk le, feltételeztük, hogy a vizsgálati körülményeink között nincs a térnek kitüntetett helye, illetve nincs megkülönböztetett szemese.

Az előbbieken megadtuk, hogy a számosság-változás sebessége akkor maximális, amikor az  $N = \frac{N_\infty}{2}$ . Most, hogy már ismerjük az  $N$ -nek időtől való függését, választ kaphatunk arra a kérdésre is, hogy mekkora az az idő, ameddig a számosság-változás sebessége eléri a maximumot. A keresett időt a

$$t = \frac{1}{\varphi_N} \ln \left( \frac{N_\infty}{N_0} - 1 \right) \quad (28)$$

összefüggéssel tudjuk kiszámítani. Az így meghatározott idő hasznos információt ad az őrlés üzemvitelére.



Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a Blickle – Szentmarjay-féle kinetikai modell kiindulási feltételeit módosítottuk, a módosított feltételezésekhez fizikai ill. őrléstechnikai magyarázatot rendeltünk.

A kinetikai modell megoldása – a korábbiakhoz hasonlóan – az őrlemények diszperziós jellemzőinek időbeli változását írja le. Az itt bevezetett általánosítás révén tetszőleges momentum időbeli változása is számítható. Ezáltal az őrleményekhez rendelhető valamilyen változó szerinti eloszlás különböző mutatóinak (pl. átlag, szórás) időbeli változását a (24) összefüggés ismeretében tudjuk meghatározni.

A modell gyakorlati alkalmazása a következő lépéseket tartalmazza:

1. Az egyes időpontokhoz tartozó szemcseméret-eloszlási adatokból a momentumok számítása;
2. A  $\varphi_N$ ,  $N_\infty$ ,  $N_0$  meghatározása paraméter-illesztéssel a (27) összefüggés alapján;
3. A  $\xi_i$ -k számítása a (24) összefüggésből;
4. A  $\xi_i$ -kből és a  $\varphi_N$ -ből a  $\varphi_i$ -k meghatározása.

A következő cikk részletesen ismerteti ezeket a számítási lépéseket szakaszos üzemű golyósmalommal végzett kísérletek vizsgálati adatait felhasználva.

## JELÖLÉSJEGYZÉK

Latin betűk

$\hat{a}$	– állandó	
$D$	– fajlagos méret	(m kg <sup>-1</sup> )
$D_0$	– összméret	(m)
$f /$	– valamilyen függvény	
$K, K_D, K_N, K_S$	– konstans	
$M_i$	– számszerinti elosztás $i$ -edik momentuma	
$N$	– fajlagos számosság	(kg <sup>-1</sup> )
$N_0$	– számosság	(–)
$P, p(x)$	– valószínűség	
$P$	– méretnél kisebb hányad (tömeg szerinti), áthullás	(– vagy %)
$R$	– méret fölötti hányad (tömeg szerinti), maradék	(– vagy %)
$S$	– fajlagos felület	(m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> , m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
$S_0$	– összfelület	(m <sup>2</sup> )
$t$	– idő	(s)
$V$	– térfogat	(m <sup>3</sup> )
$x$	– szemcseméret	(m, mm, $\mu$ m)

Görög betűk

$\delta_\psi$	– nettó betáplálási sebesség	
$\xi_i$	– $\xi_i = \frac{\varphi_i}{\varphi_N}$ kinetikai tényezők viszonya	
$\pi_\psi$	– nettó termelési sebesség	
$\rho$	– sűrűség	(kg m <sup>-3</sup> )
$\varphi_i$	– $i$ -hez tartozó jellemző kinetikai tényezője	(g <sup>-1</sup> )
$\varphi_N$	– számosságváltozás kinetikai tényezője	(s <sup>-1</sup> )
$\psi, \psi(t)$	– extenzív mennyiség	

Indexek

$D$	– méretre
$N$	– számosságra
$S$	– felületre
$i$	– $i$ -edik momentumra (számszerinti eloszlásból)

$\ddot{o}$	– összesre (összegre)
$o$	– $t = 0$ -hoz tartozó értékre (kezdeti érték)
$\infty$	– egyensúlyi értékre ( $t = \infty$ -hez) utal.

## IRODALOM

- [1] *Beke, B.*: Aprításelmélet. Akadémiai Kiadó Budapest, 1963.
- [2] *Tarján, G.*: Mineral Processing, Vol. I. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981.
- [3] *Harris, C. C.*: Powder Technol., 3, 309 (1969/70).
- [4] *Tamura, K., Tanaka, T.*: Ind. Eng. Chem. Process. Des. Develop., 9, 165 (1970)
- [5] *Gardner, R. P., Austin, L. G.*: Symp. Zerkleinern. Verlag Chemie, Weinheim, VDI. Verlag Düsseldorf, 1. (1962) Part I. p. 217, Part II. p. 232.
- [6] *Austin, L. G.*: Powder Technol. 5, 1 (1971/72).
- [7] *Fáy Gy., Zselev B.*: Építőanyag, 13, 382 (1961)
- [8] MTA Műszaki Kémiai Kutató Intézet tudományos eredményei IV. A műszaki kémia mérlegegyenleteiről I. köt. Veszprém 1976.
- [9] *Blickle, T., Csukás, B., Pataki, K.*: Hung. J. Ind. Chem. 5, 339 (1977)
- [10] *Blickle, T., Szentmarjay, T.*: Műszaki Kémiai Rendszerek '79. Keszthely, 1979, Preprint A. 10.
- [11] *Blickle, T., Szentmarjay, T.*: Diszperziós jellemzők felhasználása őrlési művelet modellezésére Hung. J. Ind. Chem. (Megjelenés alatt)
- [12] *Verdes, S.*: Golyósmalmi őrlés kinetikai modellje, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1982.

*Verdes Sándor – Németh Jenő – Király László: A golyósmalmi őrlés kinetikai elemzése*

I. Valószínűségszámításon alapuló őrléskinetikai modell

Az őrléskinetikai modell valószínűségi feltevésekből indul ki és a mérlegegyenletes leírás mód alkalmazásával összefüggést ad meg az őrleményekhez rendelhető szemcseméreteloszlás tetszőleges  $M_i$  momentumának időbeli változására. Ezáltal egyidejűleg számítható az őrlemények diszperziós jellemzőinek (számosság, méret, felület) időfüggése is.

*Вердеш, Ш. – Немет, Е. – Кирай, Л.: Кинетический анализ помола в шаровых мельницах*

I. Кинетическая модель помола, основанная на расчете вероятности

Кинетическая модель помола исходит из предположения вероятности и использует метод описания уравнений равновесия. Предложенная модель дает зависимость изменения во времени любых моментов  $M_i$  распределения зернового состава какого-либо продукта измельчения. На основании этой модели одновременно могут быть рассчитаны дисперсные характеристики (число зерен, размеры, поверхность) продуктов измельчения в зависимости от времени измельчения.

*Verdes, Sándor – Németh, Jenő – Király, László: Die kinetische Analyse des Mahlens in Kugelmühle*

I. Mahlkinetisches Modell auf Grund der Wahrscheinlichkeitsberechnung.

Das Mahlkinetische Modell geht aus einer Wahrscheinlichkeitsannahme aus, und gibt einen Zusammenhang für die zeitliche Änderung des beliebigen  $M_i$ -Moments der Kornverteilung des Mahlgutes. Gleichzeitig kann auch die Zeitabhängigkeit der Dispersionsparameter (Vielfalt, Ausmass, Oberfläche) berechnet werden.

*Verdes, Sándor – Németh, Jenő – Király, László: Kinetic Analysis of Ball Mill Grinding*

I. Model of Grinding Kinetics Based on Probability Calculation

Starting from probability condition and applying the balance-equation way of description the model of grinding kinetics gives relationship to follow the change with time of the arbitrary  $M_i$  moment of particle size distributions in the ground products. Thus the dependence upon time of the dispersity characteristics (number, size, surface) of ground products can simultaneously be calculated.



# Csigasajtóval előállított azbesztcement-termékek préselés utáni feszültség-állapotának matematikai elemzése

GÖMZE A. LÁSZLÓ

Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

## 1. A vizsgálatok célja

A japán DE-650 típusú TOSHIBA csigasajtóval készített tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a nagy üreg-térfogatú azbesztcement falpanelek és egyéb épületelemek sajtolásakor a késztermék minőségét a farkasfogképződés, a struktúra-képződés, az S-repedés és más felületi repedések nagysága határozza meg. A kis falvastagságú, nagy üreg-térfogatú termékek gyártásakor különösen veszélyes a struktúra-képződés és az S-repedés (1. ábra), mivel hatásukra a mechanikai tulajdonságok, a nyomó és a hajlító szilárdság valamint a fagyállóság nagymértékben lecsökken.

A kerámiaiparban jelentkező hasonló problémákat elemezve [1] arra a következtetésre jutottunk, hogy a farkasfogképződés elkerülhető, ha a szájnnyílás teljes keresztmetszetében azonos az áramlási sebesség. Valóban, megfelelő áramlási viszonyok kialakításával a fenti nemkívánatos jelenségek az extrudált azbesztcement termékek gyártásakor is jelentősen csökkenthetők.

Vizsgálataink ugyanakkor azt mutatták, hogy a pasztifikált azbesztcement csigasajtón történő átgyúrásakor a masszában kialakuló áramlási viszonyok és a kiáramlás sebessége nem csak a présgép geometriai és műszaki paramétereitől függ. Adott prés-konstrukció mellett az áramlási viszonyokat elsősorban a feldolgozásra kerülő nyersanyag fiziko-mechanikai tulajdonságai ha-

tározzák meg. Ezzel magyarázható a pasztifikált azbesztcement massa nedvességtartalmának közvetlen hatása az extrudált termék minőségére. Vagyis: adott konstrukciós paraméterekkel bíró csigasajtó esetén a szájnnyílásban kialakuló áramlási viszonyokat, és a massa szájnnyílás utáni feszültségi állapotát a nyersanyag reológiai paraméterei alapvetően befolyásolják.

A fenti jelenségek elemzése alapján a késztermék minőségi mutatóinak javítása érdekében szükségesnek tartjuk a csigasajtóval préselt azbesztcement termékek szájnnyílás utáni viselkedésének – konkrétan feszültségi állapotának, a belső feszültségek relaxációjának vizsgálatát.

Ennek megfelelően célul tűztük ki az azbesztcement massa reológiai modelljének, reológiai egyenletének és „effektív” viszkozitásának kísérleti úton történő meghatározását; valamint a présszájnnyílás elhagyásakor a masszában meglévő belső feszültség várható alakulásának exakt, matematikai leírását.

## 2. Laboratóriumi vizsgálatok

### 2.1. A reológiai egyenlet és a reológiai modell meghatározása

A reológiai modellt a Mengyelejev nevét viselő Moszkvai Kémiai-technológiai Egyetem Kerámia és Tűzállóanyagok Tanszékén határoztuk meg Tolsztoj-féle készüléken. A készülék elvi vázlatát a 2. ábra szemlélteti.

Méréseinkhez az extruder technológiáknál használt

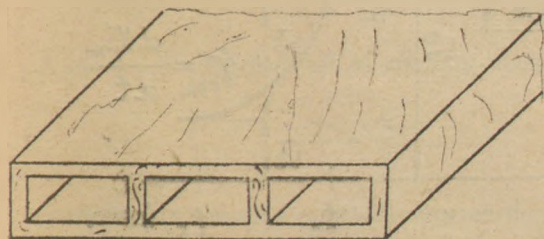
$$W = 20 \dots 30\% \quad (1)$$

nedvességtartalmú azbesztcement masszát használtunk

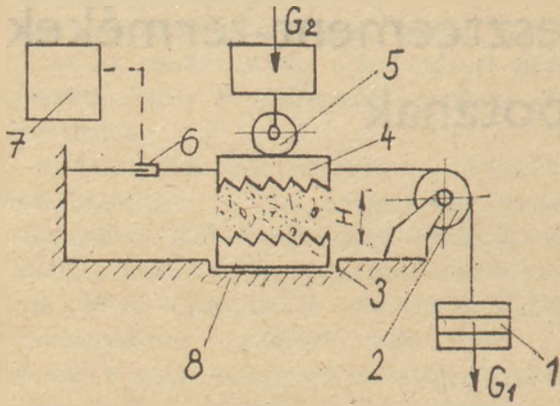
$$M = 0,5 \dots 1,1\% \quad (2)$$

metilcellulóz folyósítószer hozzáadásával.

Arra az esetre, amikor a  $G_1$  teher által előállí-



1. ábra. Strukturaképződés és S-repedés extrudált ac. panelekben



2. ábra. Tolsztoj-féle készülék elvi vázlata  
1 - terhelő súly, 2 - fordítócsiga, 3 - alsó pofa, 4 - felső pofa, 5 - leszorító görgő, 6 - elmozdulás érzékelő, 7 - kiíró, 8 - vizsgált massa

tott csúsztatófeszültség kisebb volt, mint a massa statikus folyáshatára  $\tau_0$ , vagyis

$$\tau < \tau_0 \quad (3)$$

a 3. ábra szerinti, míg a

$$\tau > \tau_0 \quad (4)$$

esetre a 4. ábra szerinti deformáció-idő görbét kaptuk.

A 2...4. ábrák jelöléseinek felhasználásával a pillanatnyi rugalmassági modulus az

$$E_1 = \frac{\tau}{\gamma_r}; \quad (5.1)$$

az elasztikus (huzamosabb ideig tartó) rugalmassági modulus az

$$E_2 = \frac{\tau}{\gamma_0 - \gamma_r}; \quad (5.2)$$

a „roncsolt” anyagszerkezet plasztikus viszkozitása az

$$\eta_1 = \frac{\tau - \tau_0}{\dot{\gamma}_{pl}} \quad (5.3)$$

a „roncsolás-mentes” anyagszerkezet viszkozitása az

$$\eta_2 = \frac{\tau - \tau_0}{\dot{\gamma}_{rm}} \quad (5.4)$$

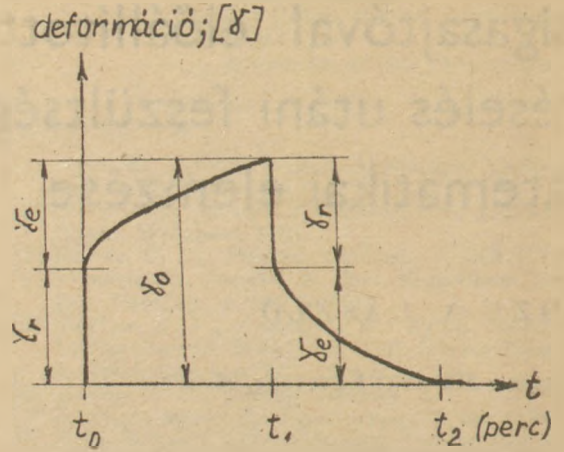
a „roncsolt” anyagszerkezet deformációs sebességének gradiense a

$$\dot{\gamma}_{pl} = \frac{d\gamma_{pl}}{dt} \quad (5.5)$$

a „roncsolás-mentes” anyagszerkezet deformációs sebességének gradiense a

$$\dot{\gamma}_{rm} = \frac{d\gamma_{rm} - d\gamma_{pl}}{dt} \quad (5.6)$$

összefüggések alapján határozhatók meg.



3. ábra. A  $W = 20 \dots 30\%$  nedvességtartalmú ac. massa deformáció-idő függvénye  $\tau < \tau_0$  esetén;  $t_0$  - a terhelés kezdete,  $t_1$  - a terhelés időtartama,  $t_2$  - a deformáció megszűnéséig eltelt idő ( $t_0 = 0$  perc,  $t_1 \approx 20$  perc,  $t_2 \approx 40 \dots 45$  perc)

Azok az anyagok, amelyeknek deformáció-idő görbéi jellegüket tekintve megegyezik a 4. ábrán megadott görbe jellegével, az irodalomban mint SCHOFIELD-SCOTT-BLAIR anyagok ismeretek. Ennek megfelelően a plasztifikált azbeszt-cement massa az (1), (2) és (4) feltételek mellett; vagyis a csigasajton történő átgúráskor a következő reológiai egyenlettel adható meg:

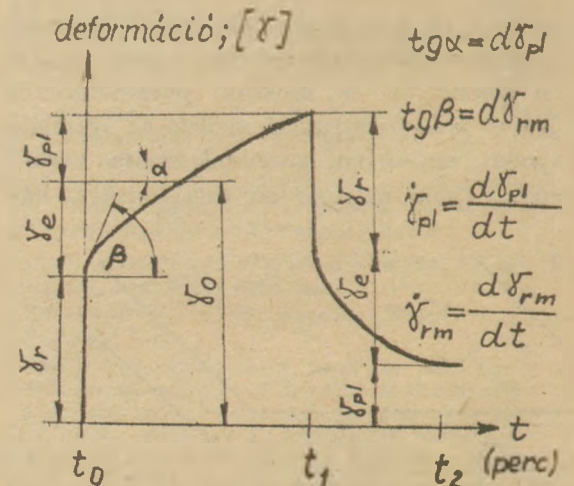
$$\tau = \tau_0 + \eta_1 \dot{\gamma} + \eta_2 n_\gamma \ddot{\gamma} - \left[ n_\tau - n_\gamma \left( 1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \right] \tau - n_\tau n_\gamma \dot{\tau}, \quad (6)$$

ahol  $n_\gamma$  - a rugalmas deformáció „késési” ideje:

$$n_\gamma = \frac{\eta_2}{E_2}; \quad (6.1)$$

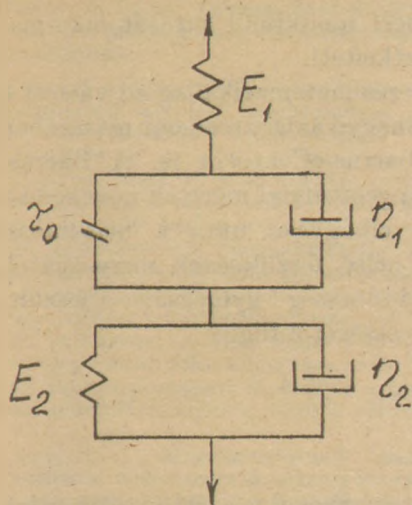
$n_\tau$  - a feszültség-relaxáció ideje

$$n_\tau = \frac{\eta_1}{E_1} \quad (6.2)$$



4. ábra. A  $W = 20 \dots 30\%$  nedvességtartalmú ac. massa deformáció-idő függvénye  $\tau > \tau_0$  esetén





5. ábra. A  $W = 20 \dots 30\%$  nedvességtartalmú ac. massa mint SCHOFIELD-SCOTT-BLAIR anyag

A (6) kifejezés alkalmazásával figyelembe vehető az azbesztcement termékek gyártástechnológiáját befolyásoló anyagtulajdonságok és deformációs sebességviszonyok. Az extruder-technológiáknál használható ac. massa teljes mechanikai (reológiai) modelljét az 5. ábra szemlélteti.

Ez a reológiai modell és reológiai egyenlet bonyolultsága miatt nem alkalmas a formázó csigasajtók geometriai méreteinek és műszaki paramétereinek meghatározására. Önmagában a (6) szerinti kifejezés a prészajnyílást elhagyó massa belső feszültségállapota alakulásának elemzésére sem alkalmas [2, 3].

### 2.2. Az effektív-viszkózitás meghatározása

A plasztifikált azbesztcement reológiai vizsgálatának elvégzéséhez a Moszkvai Építőmérnöki Egyetem Gépi Berendezések Tanszékén olyan „univerzális rotoviszkozót” fejlesztettünk ki, amely lehetővé tette a deformációs sebesség gradiens közvetlen mérését [4]. Ennek megfelelően bevezettük az effektív-viszkózitás ( $\tau_e$ ) fogalmát úgy, hogy a mért csúsztatófeszültség és sebesség gradiens, valamint az effektív-viszkózitás között teljesüljön a következő, viszonylag egyszerű függvénykapcsolat:

$$\tau = \tau_e \dot{\gamma} \quad (7)$$

A mért  $\tau$  és  $\dot{\gamma}$  értékekből az effektív-viszkózitás az

$$\tau_e = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (8)$$

összefüggés alapján nagyon egyszerűen számítható.

Könnyen belátható, hogy a teljes reológiai

egyenlet (6-os kifejezés) figyelembevételével (8) a következők szerint írható fel:

$$\tau_e = \frac{\tau_0 + \eta_1 \dot{\gamma} + \eta_1 n_\tau \ddot{\gamma}}{\dot{\gamma} + n_\tau + n_\tau \ddot{\gamma} + \dot{\gamma} \left[ n_\tau - n_\tau \left( 1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \right]} \quad (9)$$

Az effektív-viszkózitás, a Tolsztoj-féle készülék és az univerzális rotoviszkozó együttes alkalmazása a plasztifikált ac. massa reológiai paramétereinek meghatározásán túl lehetővé teszi a csigasajtó szájnnyílását elhagyó termék belső feszültségállapotának tanulmányozását is.

### 3. Az ac. masszában levő csúsztatófeszültség matematikai leírása

A prészajnyílás elhagyásának pillanatában a masszában levő csúsztatófeszültség alakulásának matematikai vizsgálatához a (6) kifejezést célszerű a

$$\tau_0 + \eta_1 \dot{\gamma} + \eta_1 n_\tau \ddot{\gamma} - \tau \left[ 1 + n_\tau - n_\tau \left( 1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \right] - n_\tau n_\tau \ddot{\tau} = 0 \quad (10)$$

alakban, míg a (7) kifejezést a

$$\dot{\gamma} = \frac{\tau}{\tau_e} \quad (11)$$

alakban átírni.

Mivel univerzális rotoviszkozó alkalmazásakor a massa effektív viszkózitásának értéke független az időtől, felírható, hogy:

$$\ddot{\tau} = \frac{\dot{\tau}}{\tau_e} \quad (12)$$

Felhasználva a (7), (11) és (12) kifejezéseket, a (10) összefüggés a következő alakot veszi fel:

$$\tau_0 + \frac{\eta_1}{\tau_e} + \frac{\eta_1 n_\tau}{\tau_e} \dot{\tau} - \tau \left[ 1 + n_\tau - n_\tau \left( 1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \right] - n_\tau n_\tau \dot{\tau} = 0 \quad (13)$$

ahonnan:

$$\tau_0 - \tau \left[ \frac{\eta_1}{\tau_e} + 1 + n_\tau - n_\tau \left( 1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \right] + \frac{\eta_1 n_\tau}{\tau_e} \dot{\tau} - n_\tau n_\tau \dot{\tau} = 0 \quad (14)$$

A (14)-ben szereplő „konstansok” a következő szimbólumokkal helyettesíthetők:

$$A = -n_\tau n_\tau \quad (15.1)$$

$$B = \frac{\eta_1 n_\tau}{\tau_e} \quad (15.2)$$

$$C = - \left[ \frac{\eta_1}{\eta_2} + 1 + n_\tau - n_\tau \left( 1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \right] \quad (15.3)$$

$$D = \tau_0 \quad (15.4)$$

Ha bevezetjük a csúsztatófeszültségre a

$$\tau = x \quad (16)$$

jelölést, akkor a (14) összefüggés az

$$A\ddot{x} + B\dot{x} + Cx + D = 0 \quad (17)$$

általános alakban írható fel. Az így kapott másodfokú lineáris differenciál egyenlet a rezgéstől már jól ismert, és a következők szerint oldható meg.

$$A\ddot{x} + B\dot{x} + Cx = -D, \quad (18.1)$$

$$A\ddot{x} + B\dot{x} + Cx = 0, \quad (18.2)$$

$$\bar{x} = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t}, \quad (18.3)$$

ahol

$$\lambda_{1,2} = -\frac{B}{2A} \pm \sqrt{\frac{B^2}{4A^2} - \frac{C}{A}} \quad (18.4)$$

A massa statikus folyáshatárát figyelembe vevő D konstans tagból származó gyök pedig:

$$x^* = -\frac{D}{C} \quad (18.5)$$

Így tehát (17) általános megoldása:

$$= C_1 e^{\left(-\frac{B}{2A} + \sqrt{\frac{B^2}{4A^2} - \frac{C}{A}}\right)t} + C_2 e^{\left(-\frac{B}{2A} - \sqrt{\frac{B^2}{4A^2} - \frac{C}{A}}\right)t} - \frac{D}{C} \quad (19)$$

A prösszajnyílást elhagyó azbesztcement termékben „visszamaradó” belső csúsztatófeszültség értékére az A, B, C, D és x szimbólumok visszahelyettesítése után kapjuk, hogy

$$\begin{aligned} \tau = & C_1 e^{\left(\frac{\eta_1}{2\eta_0 n_\tau} + \sqrt{\frac{\eta_1^2}{4\eta_0^2 n_\tau^2} - \frac{\eta_1 + 1 + n_\tau - n_\gamma \left(1 + \frac{\eta_1}{\eta_2}\right)}{n_\tau \cdot n_\gamma}}\right)t} + \\ & + C_2 e^{\left(\frac{\eta_1}{2\eta_0 n_\tau} - \sqrt{\frac{\eta_1^2}{4\eta_0^2 n_\tau^2} - \frac{\eta_1 + 1 + n_\tau - n_\gamma \left(1 + \frac{\eta_1}{\eta_2}\right)}{n_\tau \cdot n_\gamma}}\right)t} + \\ & + \frac{\tau_0}{\frac{\eta_1}{\eta_2} + 1 + n_\tau - n_\gamma \left(1 + \frac{\eta_1}{\eta_2}\right)} \quad (20) \end{aligned}$$

A fenti kifejezés közvetlenül figyelembe veszi a roncsolás és a roncsolás-mentes massa plasztikus viszkozitását ( $\eta_1$  és  $\eta_2$ ) valamint az effektív-viszkozitás ( $\eta_0$ ) értékeit. Ugyanakkor az  $n_\tau$  és  $n_\gamma$  faktorok közvetve tartalmazzák a rugalmassági modulusokat is. Látható, hogy mindezek a paraméterek a hatvány kitevőben szerepelnek. Ezért a kapott (20)-as összefüggés a massa reológiai tulajdonságainak a technológiai műveletekre a

gyakorlatból ismert rendkívüli hatását matematikailag is jól érzékelteti.

A (20)-as kifejezés matematikailag ad választ a prösszajnyílást elhagyó azbesztcement massa megfigyelt [2] Barrus-effektusra is. A Barrus-effektus, vagyis a geometriai méretek növekedése a prösszajnyílás elhagyása után a massa „visszamaradó” belső feszültségek nagyságától, míg a „duzzadási-sebesség” gyorsasága e feszültség relaxációs sebességétől függ.

#### 4. Összegzés

Az univerzális rotoviszkozóval végzett vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy adott nyersanyag-összetétel és hőmérsékleti viszonyok mellett a plasztifikált azbesztcement massa effektív-viszkozitása elsősorban a deformációs sebesség gradiensétől és a csigapréssel előállított nyomófeszültség nagyságától függ.

E tapasztalatok alapján a Tolsztoj-féle készüléken és az univerzális rotoviszkozón mért reológiai paraméterek felhasználásával sikerült matematikailag levezetni egy olyan kifejezést, amely biztosítja a feszültségviszonyok változásának – relaxációjának – meghatározását a massa reológiai paraméterei, az extrudálás során kialakított deformációs sebességviszonyok, valamint a prösszajnyílás elhagyásának pillanatától eltelt idő függvényében.

#### 5. Köszönetnyilvánítás

Itt is köszönet illeti BALKEVICS V. L. professzort, a kémiai tudományok doktorát és MOSZIN Ju. M. kandidátust, a Moszkvai Kémiai-technológiai Egyetem (MHTI) Kerámia és Tűzállóanyagok Tanszéke munkatársait a Tolsztoj-féle készüléken végzett kísérletek feltételeinek biztosításáért, a vizsgálatok során nyújtott önzetlen segítségért.

#### IRODALOM

- [1] Péter, Gy.: Kerámiaipari gépek, Budapest (1974)
- [2] Gömze, A. L. – Eller, E. A. – Szilénok, Sz. G.: Azbesztcement massa extrudálhatóságának reológiai alapjai, ÉPÍTŐANYAG, v. 34. N. 1. p. 17...22. (1982)
- [3] Gömze, A. L. – Eller, E. A.: Isszledovanie reologiceszkih i frikcionnih szvojsztv plasztificirovannuh azbesztcementnuh massz; Teziszü dokladov, XLI naucsno-techniceszskaja konferencija po itogam naucsno-isszledovatel'szkih robot insztituta MISZ, p. 72. (1982)
- [4] Gömze, A. L. – Eller, E. A.: Univerzális rotoviszkozó szilikátipari anyagok reológiai vizsgálatához, SZILIKÁTTECHNIKA (1983)



Gömze, A. László: Csigasajtóval előállított azbesztcement-termékek préselés utáni feszültség-állapotának matematikai elemzése

A szerző a Tolsztoj-féle készüléken végzett vizsgálatok eredményei alapján meghatározta a  $W = 20 \dots 30\%$  nedvességtartalmú azbesztcement masszaja reológiai egyenletét és modelljét. A kifejlesztett univerzális rotoviskó segítségével, és az effektív viszkozitás fogalmának alkalmazásával olyan matematikai összefüggésekhez jutott, amelyek leírják az extruder-technológiáknál használt azbesztcement masszákban ébredő csúsztatófeszültségek értékét befolyásoló tényezők hatását.

A kapott összefüggések előnye, hogy segítségükkel elvégezhető a különböző extruder-technológiáknál használt valamennyi SCHOFIELD – SCOTT – BLAIR típusú anyag prészájnyílás elhagyása utáni feszültség-állapotának tanulmányozása: és ezáltal a gyártás technológiai paramétereinek szükség szerinti változtatása.

Гемзе, А. Л.: Математический анализ состояния напряжения асбестоцементных продуктов, изготовленных на шнековых прессах, после прессования

Автор на основании результатов испытаний, проведенных на приборе Толстого, определил реологическое уравнение и модель асбестоцементной массы с влажностью  $W = 20 - 30\%$ . С помощью созданного универсального ротовискометра, применяя понятие эффективной вязкости, были получены такие математические зависимости, которые описывают влияние факторов, которые влияют на значения напряжений скольжения, возникающих в асбестоцементных массах, используемых при экструзионных технологиях. Преимуществом этих зависимостей является то, что с их помощью может быть изучено состояние напряжений различных, используемых при экструзионной технологии материалов типа ШОФИЕЛЬД—СКОТТ—БЛАЙР, после их выхода из отверстия пресса, и за счет этого может быть проведено — по необходимости — изменение технологических параметров производства.

Gömze, A. László: Mathematische Analyse des Spannungszustandes des mit Schnecke-Pressen hergestellten Asbestzementproduktes

Der Autor hat die rheologische Gleichung und das Modell der Asbestzementmasse mit einem Wassergehalt von  $20 - 30\%$  auf Grund der Untersuchungen mit dem Tolstoj-schen Gerät bestimmt.

Mit der Hilfe des entwickelten universalen Rotovisko, und mit der Anwendung des Begriffes der effektiven Viskosität kam der Autor zu mathematischen Gleichungen, die die Wirkung der die Gleitspannung beeinflussender Koeffizienten in den bei Extrudertechnologie angewandten Asbestzementmassen beschreiben.

Die erhaltenen Zusammenhänge ermöglichen das Studieren des Spannungszustandes nach dem Presse-mund bei den verschiedenen Extrudertechnologien für die Materialien des Types Schofield-Scott-Blair. Dadurch kann nach Bedarf die Parameter der Herstellungstechnologie verändert werden.

Gömze A., László: Mathematical Analysis of the Post-Pressing State of Stress in Asbestos Cement Products Made in Screw Press

The rheological equation and model of an asbestos cement body of  $W = 20 \dots 30\%$  moisture content have been determined on the basis of the examination results obtained on the Tolstoj-device. With the help of the developed universal rotovisco and applying the concept of effective viscosity such mathematical relationships were obtained which describe the effect of factors influencing the values of shear stresses occurring in the asbestos cement bodies used in the extrusion technologies. An advantage of the obtained relationships is that by using them the state of stress occurring after passage through the press orifice of all SCHOFIELD – SCOTT – BLAIR type materials used in the different extrusion technologies can be studied, consequently the necessary modifying of the technological parameters of production can be carried out.

## Lapszemle

BETON, Düsseldorf, 1982. 9. sz.  
Zantz, E.: A beton utótömörítése. 351 – 352. old.

A vízszintes beton épületelemek felső felületét rendszerint zsaluzat nélkül alakítják ki, és belső tömörítéssel tömörítik. Ennek következtében a felület porózusabb, és rövidül az élettartam. A vákuum eljárás segítségével statikus tömörítés lép fel, miáltal nő a tömörség, csökken a pórustartalom. A vákuum utókezelés hatására csökken a fiatal beton repedezési hajlama. A tapasztalatok szerint a kezdeti szilárdság növekedése mellett a végszilárdság  $30\%$ -kal nő, javul a vízzáróság, a kopásállóság, az olvadás-fagyással szembeni ellenállás, a zsugorodás. A vákuumkezelés berendezései, alkalmazásuk.

Triede, H.: Könnnyűbeton téglák fejlődése. 355 – 356. old.

A könnyűbeton téglák kis hővezetőképessége jobban kihasználható, ha megfelelő, könnyűadalékkal kevert falazóhabarcsokkal alakítják ki a falakat. A keskeny légrésekkel ellátott könnyűbeton falazóblokkokban a légrések szélessége  $11$  mm-nél kisebb. A hővezetési tényező  $0,15W/mK$ , a testsűrűség  $0,5$  kg/dm<sup>3</sup>. A kísérletek azt mutatják, hogy a keskeny légrések a könnyűbeton hővezetőképességét  $10\%$ -kal javítják. Rosszabb hővezetőképességű anyagoknál az a javulás a  $20\%$ -ot is meghaladja. A könnyűadalékok fajtájának hatása a késztermék tulajdonságaira. A szárítási technológia módosításai lehetőségei.

MAGAZINE OF CONCRETE RESEARCH, Slough 1982. 120. sz.

Palmer, A.C.: Beton bevonatok tengeralatti csővezetéseken. 119 – 129. old.

A tengeralatti csővezetéseket külsőleg rendszerint vasalt betonnal vonják be, amelynek feladata a korrózió elleni belső bevonat védelme a károsodással szemben, a csővezeték tömegének növelése a vezeték tengeralatti stabilizálására. A tervezés és alkalmazástechnológia különleges követelményei. Vasalások megoldása. Az Északi-tengeri építési tapasztalatok alapján szigorú előírások. A tervezési módszerek és a beton bevonatok további fejlesztése ütéssel, kopással és hajlítással szemben.



# A zúzottkő betonadalékanyag közetértékelése

GÁLOS MIKLÓS

Budapesti Műszaki Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék

A közet minden tulajdonsága kialakulásának és a kialakulása óta elszenvedett hatásoknak a függvénye. Ennek megfelelően a közet, mint anyag, számtalan tulajdonság hordozója. A megismerésre vonatkozó filozófiai kategória szerint a tulajdonságok feltárhatóak, közülük nekünk kell a felhasználási cél alapján kiválasztanunk mindazokat, amelyek a minősítés – az alkalmazásra vonatkozó döntés – szempontjából meghatározóak.

Tulajdonság, felhasználási cél, minősítés – összetartozó, egymástól elválaszthatatlan fogalomsor. Elemei egymással szoros kölcsönhatásban vannak, bármelyiket ragadjuk is ki, nem lehet a többiek mellékesként kezelni.

Amikor a közetek betonadalékanyagkénti alkalmazásának megítéléséről elmélkedünk, fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a közettulajdonság (T) a feldolgozási folyamat során módosul és kialakul a közettulajdonságot is magába foglaló adalékanyag, vagy terméktulajdonság ( $T_t$ ).

A terméktulajdonság függ a közet közettulajdonságától, valamint a fejtés, aprítás, osztályozás technológiai hatásától.

A végső eredmény szempontjából az adalék-tulajdonság meghatározó, de valójában mi a közetnek arra a tulajdonságára („létesítményi tulajdonság”) ( $T_t$ ) vagyunk kíváncsiak, ami a betonkészítés után, tehát vízzel, kötőanyaggal, különböző kezelőszerekkel, stb.-vel – magán viselve a betonkészítés, bedolgozás, érlelés hatását – új szerkezeti anyag alkotó elemeként jön létre.

A fentiekből következik, hogy a közetek betonadalékanyagkénti alkalmazásának megítélése bonyolult feladat, hiszen előszerűen kiválasztott és meghatározott közettulajdonságok ismeretében kell megmondani, hogy a közet

- alkalmas, vagy alkalmatlan betonkészítésre;
- ha alkalmas, milyen minősítési értékű és milyen fajtájú beton készíthető felhasználásával.

Tehát a közetre vonatkozóan egy, külön nem vizsgálható, létesítményi tulajdonságot kell a közettömb tulajdonságából leszűrni és az alkalmazást előkészítő döntés számára, kezelhető

formába, a közettömb meghatározható tulajdonságához rendelni.

A közettulajdonság hordozói a döntési folyamathoz kiválasztott konkrét közettulajdonságok. Mivel a számtalan tulajdonság közül a konkrét közettulajdonságok kiválasztása szubjektív megítélés eredménye lehet, célszerűnek látszott az egységes szemléleti mód kialakítása. Erre hivatottak az építési kőanyagok szabványsorában az MSZ 18282/2. „Mintavétel és vizsgálati terv közetértékeléshez” és az MSZ 18282/3. „Mintavétel és vizsgálati terv magfúrásos értékeléshez” szabványok.

A szabványok szerinti közetértékelés  
közettani  
tömegeloszlási  
szilárdsági  
halmazszilárdsági és  
időállósági  
vizsgálati csoportokhoz kötött.

A vizsgálati eredményekkel számszerűsített közettulajdonságok természetesen egymással összefüggenek, de ezek mindegyike az alkalmaság valamely kritériumát hordozza.

Az 1. táblázat összefoglalva tartalmazza a szabványokra támaszkodó és a gyakorlati tapasztalatok alapján javasolt vizsgálati tervet, amely az összeálló közetek betonadalékanyagkénti alkalmazhatóságának megítélésére használható.

## Közzettani szempontok az alkalmazás megítélésénél

Közzettani szempontból azok a közetek felelnek meg betonkészítés céljára, amelyeknél a közetalkotókból és kötésekből álló rendszer minden eleme az adalékanyag előállításával, valamint a betonkészítéssel kapcsolatos hatásokat elviseli és a kész betonban, a létesítmény rendeltetészerű ideje alatt, a szerkezet igénybevételeiből, benne károsodás nem keletkezik.

Összeálló közetknél a közetalkotókból és a kötésből álló szöveti rendszer a számunkra fontos



Javasolt vizsgálati terv összeálló kőzetek megítéléséhez betonadalékanyagként történő felhasználás esetén

	Vizsgálati csoportok	Kőzet-tani	Tömeg-eloszlási	Szilárdsági	Halmaz-szil.	Idő-állósági	
	Az egyes vizsgálatok megnevezése	Közeltő Elemző	Anyagsűrűség Testsűrűség Víztartalom Vízfelvétel	Egytengelyű nyomó Közvetett húzó Maghasító	Los Angeles Hummel	Fagyasztási Na-kristályosítás Mg-kristályosítás	Long. ultrahang
	A vizsgálatokat leíró szabvány MSZ	18283	18284/2 18284/3	18285/1 18285/2 18285/4	18287/1 18287/3	18289/2 18289/3	18286/1
Kőzetfizikai állapot	légszáraz kiszáritott vízzel telített 25 fagyasztás utáni 6 kristályosítás utáni	□ □	□ □ □ □ □ □	+ + ● + + -	□ × × ×	□ □ □ -	+ + -
	Változási tényező MSZ 18289/1			+ +	× ×		

– ha nincs beton kísérlet elvégzendő munkát; □ minden esetben elvégzendő vizsgálat; + ha szabályos próbatest kialakítható; × ha nem alakítható ki szabályos próbatest; ● fúrómagon végzendő vizsgálat.

tulajdonságok hordozója. Ezen belül külön kell kitélt tennünk a

kőzetalkotókra és a  
kötésre.

Kőzetalkotókhoz soroljuk a kristályos, vagy alkattan szilárd kőzetalkotó ásványokat, valamint a pórusokat mint kőzetalkotókat; a póruskitöltő folyékony (víz), illetve gáznemű (levegő) póruskitöltő anyagokkal.

Ezek szerint a kőzet olyan kőzetalkotó ásványt nem tartalmazhat, amely a kötés, vagy szilárdu-lás folyamatát megzavarja, illetve a megszilárdu-lás után benne olyan folyamatok mennek végbe, amelyek a beton tönkremenetelének okozói lehet-nek. Továbbá pórusai, pórusrendszerei oly módon legyenek zártak, hogy a rideg törés potenciális hibahely feltételének legkevésbé feleljenek meg.

Szviridov (1965) felhívja a figyelmet az alkattan (amorf) kovagél jelenlétének veszélyére, a nem kristályos  $\text{SiO}_2$  érintkezésbe léphet a beton lúg feleslegével és duzzadó gömbszerű  $\text{CaSiO}_3$  gélek keletkezhetnek. Ez a jelenség az üveges szövetű savanyú kiömlési kőzeteknél fordulhat elő. Veszélye mégis kisebb kőzetadalékanyagok-nál, mint homokos kavicsnál, mivel a kavicsban feldúsuló opál és kalcedon ugyanezt a jelenséget eredményezheti.

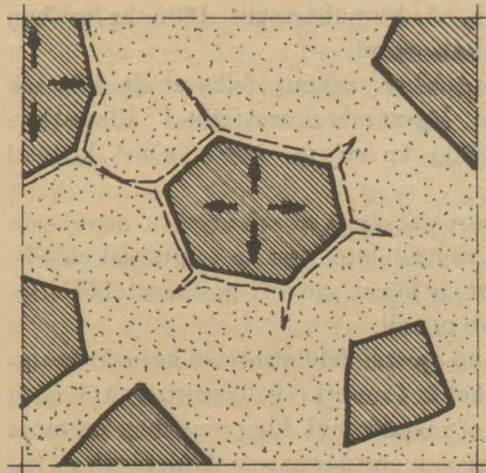
Köztudott, hogy a pirit duzzadó szulfát

– sóvegyületek formájában több léposóban oxi-dálódik és gipsz, ferro-, illetve ferriszulfid kelet-kezik.

Nem kívánatosak a plagioklász – ortoklász zárványok, ha azokból az alkália ki tud oldódni, mert akkor megmarad a veszélyt jelentő kovagél.

A cementkőbe ágyazott duzzadó szemcsék mikrorepedést előidéző hatását az 1. ábra szem-lélteti.

A vegyi üledékes kőzetek csoportjába tartozó dolomitoknál merül fel az alkáli – karbonát reakció veszélye, mivel a magnézium ionok aktí-vabbak és így bizonyos feltételek mellett a ce-



1. ábra. A szemcse duzzadásának repedésképző hatása



menttel sugaras repedések mellett széttörő magnéziumszilikátok képződhetnek. Ezért az MI-04. 19-81 Beton és vasbeton készítése című irányelv 1.2.1.4 szakasza előírja, hogy dolomit zúzottkő, vagy murva esetén, ha a beton cementtartalma nagyobb, vagy egyenlő mint  $400 \text{ kg/m}^3$ , úgy a kőzetfizikai csoporttól függetlenül meg kell vizsgálni, hogy a kőzet a felhasználásra kerülő cementtel nem okoz-e alkáli-karbonát reakciót.

Általános érvényűen kimondhatjuk, hogy a kőzet szövetében levő mállott – agyagos, csillámos – ásványok a betonadalékanyagként beépítésre kerülő kőzeteknél károsak. Jelenlétük gyengíti a kőzetalkotók közötti kötéseket. A gyengébb kötési helyek a tönkremenetel kiinduló pontjai lehetnek.

A kőzetalkotók közötti kötés gyengése, vagy a kötés fellazulása azt eredményezi, hogy a beton nem úgy megy tönkre, hogy az adalékanyagcsémák felületén megszűnik a kötés és a szemcsék kihúzódnak, hanem úgy, hogy a tönkremenetel az adalékanyagcsémák belüli elválási felületet eredményez.

A kötések fellazulásának hatását jól mutatja az 5. ábra, ahol a két dunabogdányi andezittal készült beton húzószilárdsága nagy mértékben különbözik a kőzetek mállottsági mértéke miatt.

### Tömegeloszlási jellemzők az alkalmasság megítélésénél

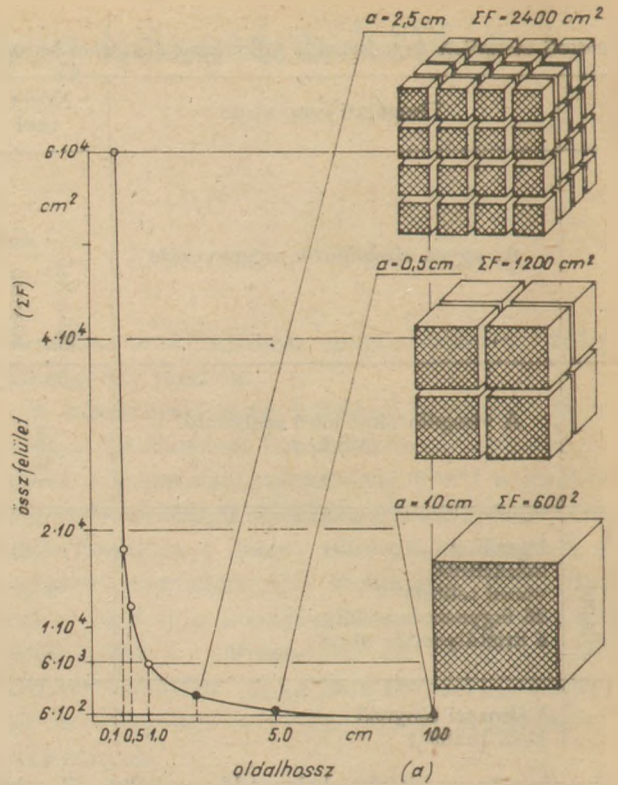
Tömegeloszlási jellemzőkkel a kőzet fázisállapotát tudjuk kezelhető formában megadni. Betonkészítés szempontjából mind a sűrűségi, illetve a tömörségi, mind pedig a víztartalmi jellemzők fontosak.

A kőzet testsűrűsége alapján soroljuk az adalékanyagokat beton, vagy könnyűbeton készítésre alkalmasnak. A küszöbértéket  $1300 \text{ kg/m}^3$ -ben szokás megválasztani.

A betonadalékanyagként felhasznált kőzetek testsűrűsége légszáraz kőzetfizikai állapotban általában  $2500 \text{ kg/m}^3$  és  $2900 \text{ kg/m}^3$  közötti értékű.

A kőzet porozitásának növekedésével növekszik az adalékanyag felülete, ami az aprítással előállított felületet, a kőzet szöveti szerkezetéből adódóan, tovább növeli.

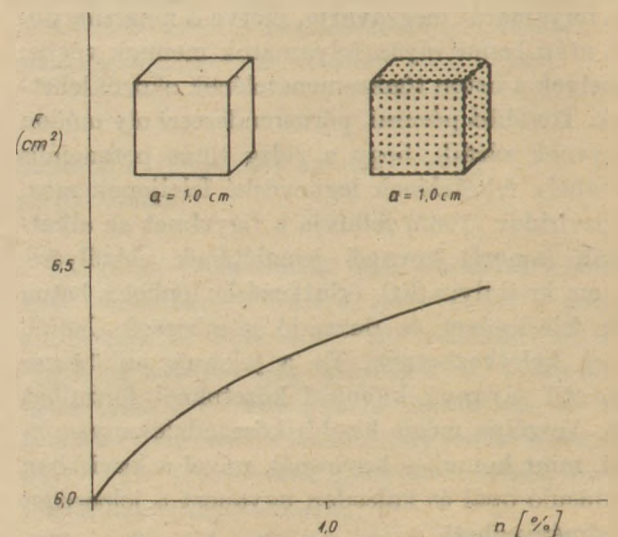
A 2. ábra az aprítás felületnövelő hatását szemlélteti, Reichel és Conrad (1980) szerint. A 3. ábra a porozitás növekedésének függvényében mutatja be az egységnyi méretű szemcse felületének növekedését azzal a feltételezéssel, hogy a porozitás



2. ábra. Az aprítás felületnövelő hatása

egyenletesen eloszlott gömb alakú szemcsékből adódik.

A porozitás növekedésével ugyanazon kőzetfajtánál a betonszilárdság bizonyos mértékig növekszik. Ezt bizonyítja a 4. ábra, amely különböző porozitású tömött mészkövek és a velük készült beton húzószilárdságának értékeit szemlélteti. A kis porozitású eplényi tömött mészkő betonjának húzószilárdsága a nagyobb porozitású többi mészkőre kapott érték mintegy 20%-át érte csak el.



3. ábra. A porozitás felületnövelő hatása



A porozitás növekedése egy határon túl már a kőzet szilárd vázszerkezetének gyengéit mutatja. Ez a határérték kőzeteknél eltérő. Tömött mészköveknél és dolomitoknál  $n = 2\%$  körüli.

Wagenbreth (1977) márga, porózus homokkő és kvarcporfir esetén a  $2\%$ -nál nagyobb porozitást károsnak ítéli.

A vízfelvételt egyes külföldi előírások a zúzott-kő felhasználás egyik kritériumának tekintik időállósági, illetve fagyállósági szempontból. A határértéket max. 1,0 tömegszázalékban adják meg és csak az úsztatott kőként felhasznált mészkövekre engednek meg max. 4,0 tömegszázalék vízfelvételt mutató kőzetet beépíteni [9].

### Szilárdsági jellemzők az alkalmasság megítélésénél

Szilárdsági jellemzők közül korábban csak a kőzet nyomószilárdsági értékét figyelték és megkövetelték, hogy az haladjon meg a kívánt beton kétszeres kockaszilárdságát. A kőzet nyomószilárdsága közvetlenül ugyan nem hozható regressziós összefüggésbe a beton próbatest szilárdsági értékével, de a kőzetre vonatkozó szilárdsági elvárások rögzítése mégis fontos.

A beton cementkő-adalékanyag kettős rendszerében a fellépő feszültség a merevebb alkotóelemben – ami ez esetben a magasabb rugalmassági modulusú kőzet – az átlagfeszültségnél nagyobb, a kevésbé merev alkotóelemben az átlagfeszültségnél kisebb lesz (Kertész 1974).

A levezethető összefüggések szerint

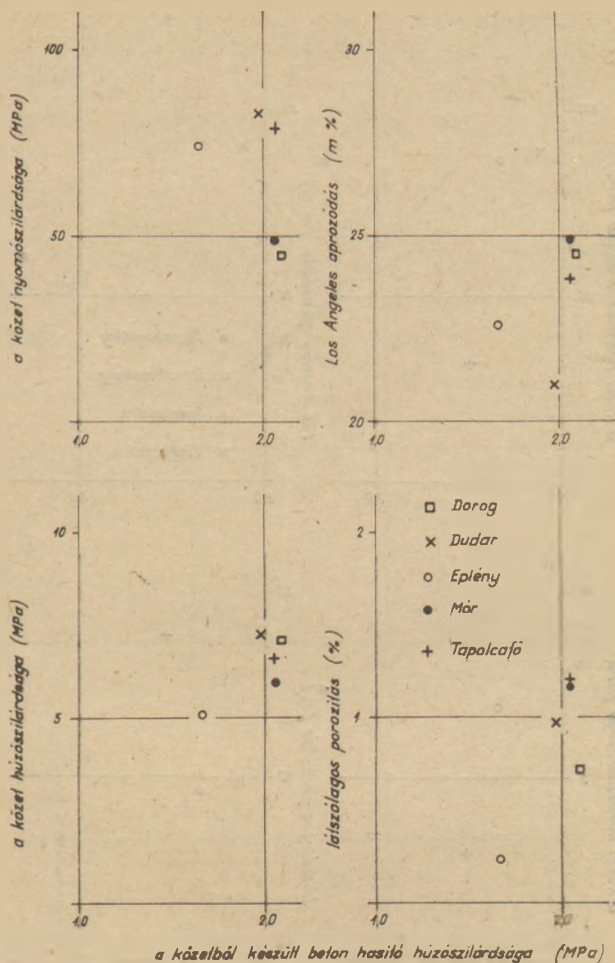
$$\sigma_{\text{cementkő}} = \frac{\sigma_{\text{átlag}}}{f_1 + f_2} \frac{E_{\text{kőzet}}}{E_{\text{cementkő}}}$$

$$\sigma_{\text{kőzet}} = \frac{\sigma_{\text{átlag}}}{f_1 \frac{E_{\text{cementkő}}}{E_{\text{kőzet}}} + f_2}$$

ahol az E-vel jelölt rugalmassági modulusok mellett a két alkotó gyakorisága szerepel ( $f_1$  a cementkő,  $f_2$  a kőzetadalék gyakorisága;  $f_1 + f_2 = 1,0$ ).

Ha  $\frac{E_{\text{kőzet}}}{E_{\text{cementkő}}} = 2$  és  $f_1 = f_2 = 0,5$  (6. ábra),

akkor a kőzetadalékszemesében fellépő feszültség kétszerese az átlagfeszültségnek ( $\sigma_{\text{kőzet}} = 2\sigma_{\text{átlag}}$ ) A fentiek is bizonyítják, hogy a kőzetadalékanyaggal készült betonok kedvezőbb szilárdsági



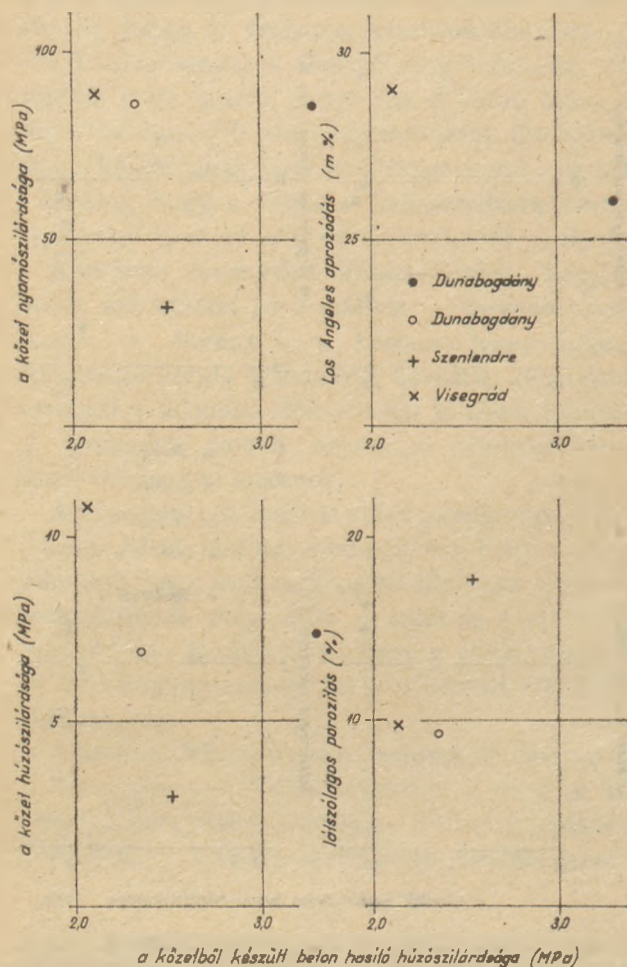
4. ábra. Tömött mészkövek köztérfizikai tulajdonságai és a velük készült beton hasító-húzószilárdsága közötti összefüggés

tulajdonságúak, mivel bennük kisebbek a feszültségcsúcsok, mert a kőzetek rugalmassági modulusa kisebb mint kavicsban megjelenő kvarc. Ebből a szempontból is jók a karbonátos adalékanyagok közül a tömött mészkövek, mivel ezek rugalmassági modulusa áll legközelebb a cementkőéhez.

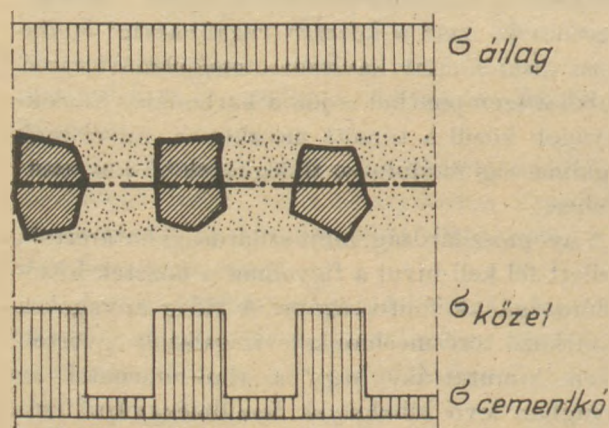
A nyomószilárdság, mint szilárdsági határérték, mellett fel kell hívni a figyelmet a kőzetek húzószilárdságának fontosságára. A rideg anyagokra vonatkozó törésmechanikai vizsgálatok egyértelműen kimutatták, hogy a tönkremenetel az anyagban levő hibahelyek feszültséggyűjtő csúcsából helyi húzóigénybevétel hatására alakul ki.

Ha a kőzet és a belőle készült beton húzószilárdságát vizsgáljuk, akkor jól láthatjuk, hogy kőzetcsoportonként közöttük jó regressziós kapcsolat van (4. és 5. ábra). A kőzet hasító-húzószilárdsági vizsgálata egyre inkább elfogadott minősítő érték, amely a szilárdsági határérték mellett a kőzet homogenitására és a homogenitás szerinti minősítésre is alkalmas.





5. ábra. Andezitek közetfizikai tulajdonságai és a velük készült beton hasító-húzószilárdsága közötti összefüggés



6. ábra. Cementkő és adalékanyag közötti feszültségmegoszlás, ha elfordulási gyakoriságuk  $f = 0,5$

### Halmazszilárdsági szempontok az alkalmasság megítélésénél

A halmazszilárdsági vizsgálatok (Los Angeles és Deval vizsgálat) az építési kőanyag szabvány szerint az adalékanyag termékminősítő kőzet-

fizikai vizsgálatként szerepelnek. A kőzetértékelésnél olyan mennyiségű anyag nem áll rendelkezésünkre, hogy a tényleges termékfrakciókon végezzük el ezeket a vizsgálatokat, ezért a halmazszilárdsági vizsgálatot laboratóriumi körülmények között kétszer tört 5/8-os próbahalmaz Los Angeles vizsgálatához kötjük. Az esetben, ha az anyagmennyiség még erre a vizsgálatra sem elegendő, úgy az 5/8-os próbahalmaz Hummel vizsgálatát alkalmazhatjuk.

A különböző kőzeteken végzett Los Angeles és Hummel vizsgálat közötti regressziót a 7. ábrán mutatom be.

Az eredmények között egy elsőfokú és egy jobb regressziós kapcsolatot felmutató másodfokú összefüggés írható fel.

Mivel a Los Angeles vizsgálat eredménye elvben független a vizsgált frakció méretétől, a kőzetek minősítését a termékekre vonatkozó határértékek figyelembevételével végezzük.

Amikor a halmazszilárdsági vizsgálatához töréssel előkészítjük a próbahalmazt, már olyan információk birtokába jutunk, ami a vizsgált kőzet alkalmasságát, vagy alkalmatlanságát eldöntheti. Nevezetesen meg kell mérni azt az anyagmennyiséget, amelyből a próbahalmazt előállítjuk. Így meghatározható a kiindulási és a nyert anyagmennyiség hányadosa. Ha ez túl nagy szám ( $> 3,0$ ), akkor ez azt jelenti, hogy a vizsgált kőzet aprítástechnológiailag alkalmatlan zúzottkő előállítására, mivel nagy mennyiségű meddő keletkezik.

Bizonyos összefüggés mutatható ki (10.) alapján 5/8 próbahalmazon végzett Los Angeles aprózódás és a kőzet egyirányú nyomószilárdsága között. A regressziós összefüggés számítása nélkül a kapcsolatot kőzetsoportonként a 8. és 9. ábra szemlélteti.

### Időállósági szempontok az alkalmasság megítélésénél

Amikor időállósági szempontokról beszélünk, az időállóságot általános értelemben használjuk és arra vagyunk kíváncsiak, hogy a kőzet általunk megválasztott tulajdonsága, vagy tulajdonságai, az idő ( $t$ ) függvényében a

$$H = f(t)$$

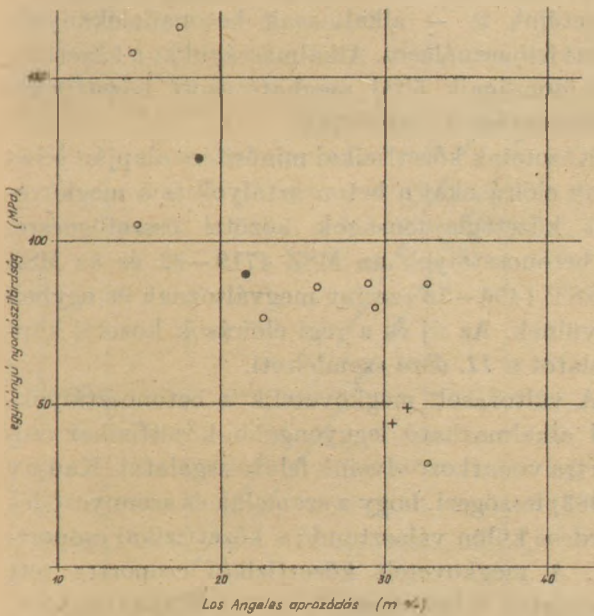
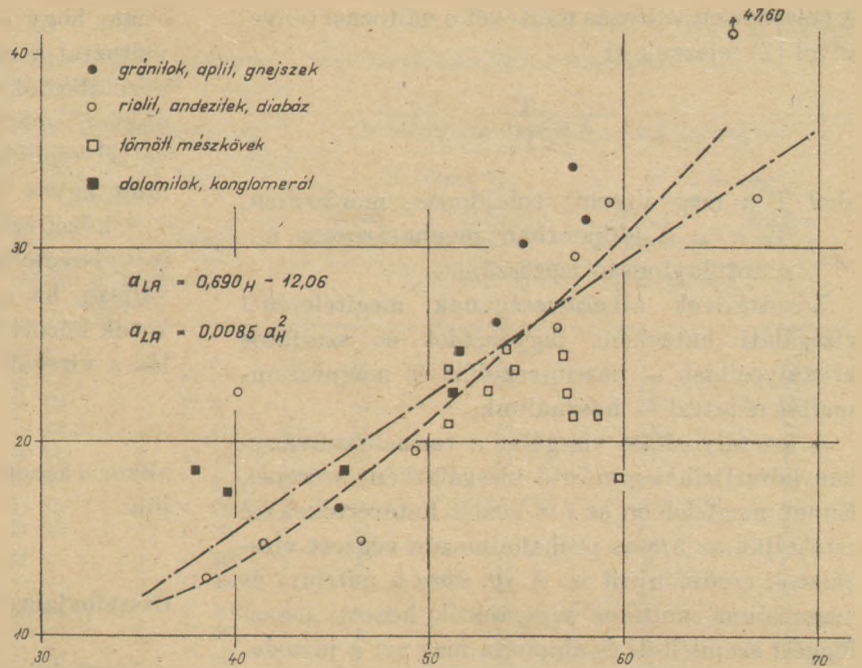
tényleges hatást modellező (leképző) vizsgálati idő ( $t_v$ ) alatti,

$$H_v = f(t_v)$$

vizsgálati hatásra hogyan változnak meg.

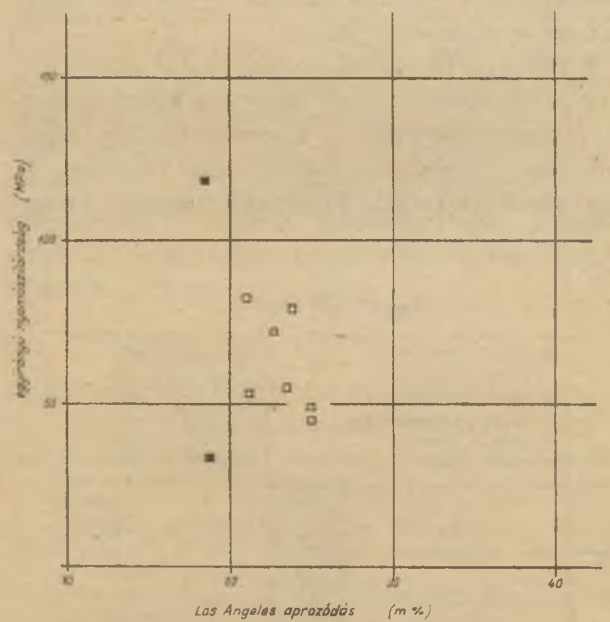


7. ábra. Los Angeles és Hummel aprózódás közötti regresszió 5/8 próbahalmaz esetén. (10)-ben közölt eredmények alapján



- mélysegi kőzetek
- metamorf kőzetek
- + atípusú kőzetek

8. ábra. Összefüggés az egyirányú nyomószilárdság és a Los Angeles aprózódás között magmás és átalakult kőzeteknél (gránit; Erdősmecske, Sukoró – fonolit, andezit, bazalt; Szentendre, Sárospatak, Gönc, Dunabogdány I. II, Visegrád, Karancslapujtő, Zalahaláp, Hosszúhetény – gnejsz, kvarcfillit, Kópháza, Kőszeg az emelkedő nyomószilárdság sorában kőzetcsoportonként)



- tömött mészkővek
- dolomitok

9. ábra. Összefüggés az egyirányú nyomószilárdság és a Los Angeles aprózódás között vegyi üledékes kőzeteknél (tömött mészkő; Dorog, Mór, Máriagyűd, Polgárdi, Eplény, Tapolcafő, Duda – dolomit; Csákvár, Gánt az emelkedő nyomószilárdság sorában)



A tulajdonságváltozás mértékét a változási tényezővel ( $\lambda$ ) fejezzük ki

$$\lambda = \frac{T}{T_0}$$

ahol  $T$  a megváltozott tulajdonság mérőszáma,  $T_0$   $t = 0$  időpontban meghatározott ún. alaptulajdonság mérőszáma.

Zúzottkövek alkalmazásának megítélésénél vizsgálati hatásként fagyasztást és szulfátos kristályosítást – nátriumszulfát és magnéziumszulfát oldattal – használunk.

A kristályosítási vizsgálat a termékszabványban kőzetfizikai minősítő vizsgálatként szerepel. Ennek megfelelően az ott közölt határértékekkel értékeljük az 5/8-as próbahalmazon végzett vizsgálatok eredményeit is. A 10. ábra a nátrium és magnézium szulfátos vizsgálatok közötti összefüggést szemlélteti és alapozza meg azt a javaslatot, hogy az alkalmazás megítéléséhez elégséges a nátriumszulfátos vizsgálatot elvégezni, mivel a kőzetfizikai csoportba sorolás ez alapján szinte minden esetben elvégezhető.

A ciklikus fagyasztási vizsgálatnál elsősorban nem a tömegvesztés, hanem a kőzet szilárdsági tulajdonságainak – nyomószilárdság, húzószilárdság, kőzetfizikai rugalmassági modulusz – változását értékeljük. Tehát arra vagyunk kíváncsiak,

hogy a fagyasztás ciklikus hatása miként változtatja meg a kőzet szöveti rendszerében a kőzetalkotók és a kötés minőségét. E két tényezőt nagyon nehéz külön választottan értékelni, de veszélyesebbnek ítélnék a kötések fellazulását, mint egyes kőzetalkotók esetleges károsodását.

A kőzet szövetszerkezete, mint vázszerkezet az igénybevételből adódó feszültségeket ki tudja váltani, ha a teherviselésben résztvevő kőzetalkotók között a kötések épek.

Ha a vizsgált hatásra a változási tényező

$$\lambda < 0,5$$

akkor a kőzetet tönkremenetelre veszélyesnek ítélnék.

## Összefoglalás

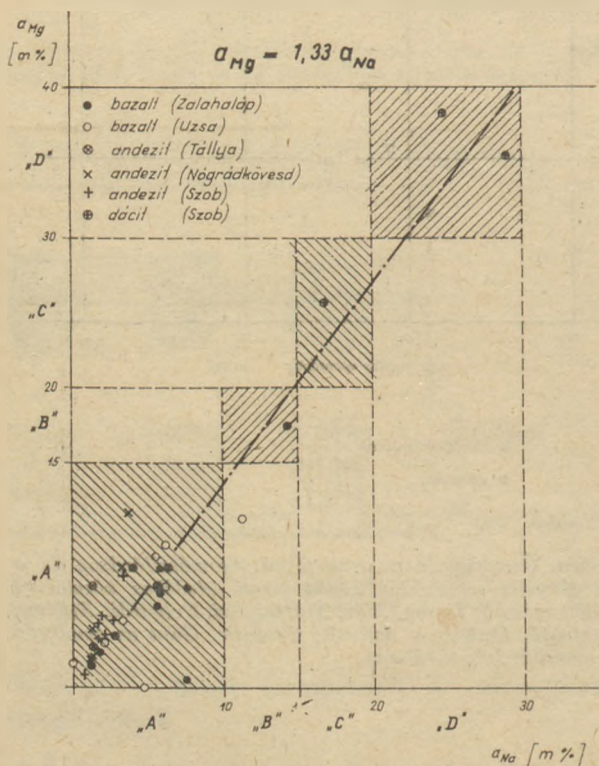
Hazánkban a nagy tömegben előforduló vegyi üledékes és kiömlési kőzetek – ehhez járulva helyi felhasználásra mélységi és egyes átalakult kőzeteink is – alkalmasak betonadalékanyagkénti felhasználásra. Alkalmasságukat a kőzettani tulajdonságaik által meghatározott kőzetfizikai tulajdonságaik biztosítják.

Kőzeteink kőzetfizikai minősítése alapján tehetünk előírásokat a betonosztályok és a megkövetelt kőzettulajdonságok közötti összefüggésre. A betonosztályok az MSZ 4719–82 és az MSZ KGST 1406–78 szerint megváltoznak és egyben bővülnek. Az új és a régi előírások közötti kapcsolatot a 11. ábra szemlélteti.

A változások megkövetelik a betonosztályoknál alkalmazható leggyengébb kőzetfizikai csoportra vonatkozó elveink felülvizsgálatát. Kausay (1983) leszögezi, hogy a szemalak és szennyeződés kérdése külön választandó a kőzetfizikai csoporttól. A megkövetelt kőzetfizikai csoportra tett javaslatát új betonosztály és az adalékanyagkénti részarány függvényében a 2. táblázat tartalmazza.

A javaslat figyelembe veszi a karbonátos kőzeteknek azt a kedvező tulajdonságát, hogy a kiömlési kőzeteknél rosszabb kőzetfizikai jellemzők mellett a beton kötési folyamatában való részvételükkel jó kész-betontulajdonságokat eredményeznek (dolomitoknál a már tárgyalt cementadalolás fölött az alkáli-karbonát reakció veszélyére figyelemmel kell lenni.)

A minősítés rendszerében a finom frakciók minősítése még megoldásra váró feladat. Erre a kérdésre hívtam fel a figyelmet a Magyarhoni Földtani Társulat előadójánál (Gálos 1982),

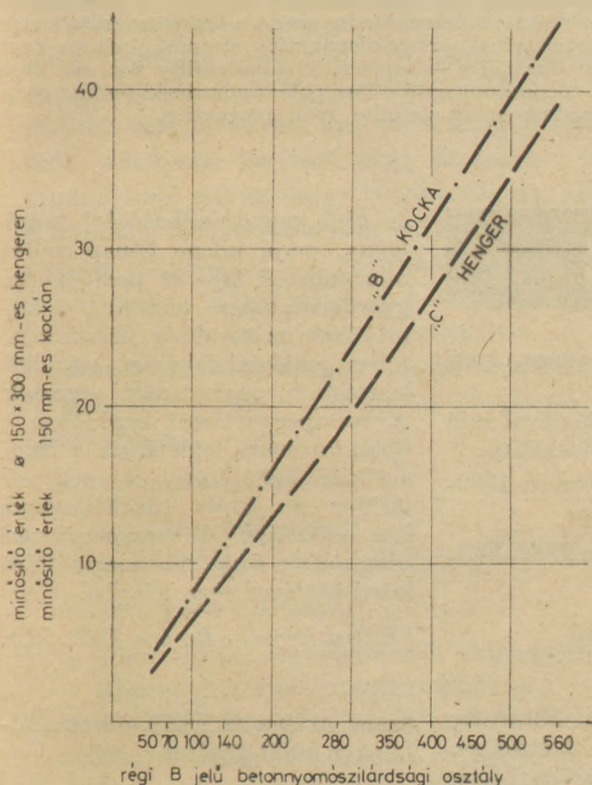


10. ábra. Nátrium- és magnéziumszulfát kristályosítási veszteség közötti összefüggés KZ 5/12 és NZ 5/12 termékek-nél, (11)-ben közölt eredmények alapján



Javaslat a zúzottkő adalékanyag megkövetelt kőzetfizikai csoportjára az új betonosztályok szerint (Kausay)

A beton nyomószilárdsági osztálya az MSZ 4719-82 és az MSZ KGST 1406-78 szerint		Zúzottkő részaránya az adalékanyagban			
		> 30 tömeg%		≤ 30 tömeg%	
kocka	henger	Nem karbonátos	Karbonátos	Nem karbonátos	Karbonátos
alakú próbatestek alapján		kőanyag kőzetfizikai csoportja legalább			
B 5	C 4	D	D	D	D
B 7,5	C 6	D	D	D	D
B 10	C 8	D	D	D	D
B 12,5	C 10	D	D	D	D
B 15	C 12	C	D	D	D
B 20	C 16	C	D	D	D
B 25	C 20	B	C	C	D
B 30	C 25	B	C	C	D
B 35	C 30	A	B	B	C
B 40	C 35	A	B	B	C
B 45	C 40	A	B	A	B
B 50	C 45	A	B	A	B
B 55	C 50	A	B	A	B
B 60	C 55	A	B	A	B



11. ábra. A régi B jelű betonnyomószilárdsági osztály és az új „B” és „C” jelű minősítő érték közötti összefüggés

mert az 5 mm alatti frakciók kőzetfizikai minősítése csupán a kristályosodási vizsgálatok eredményeihez kötött. Szükség lenne ebben a tartományban is egy minősítő halmazszilárdsági vizsgálat bevezetésére.

A zúzottkövek betonadalékanyagkénti alkalmazásánál a különböző vizsgálati eredmények

regressziós elemzésével folyamatosan figyelemmel kísérjük a kőzetfizikai tulajdonságok és minősítő értékek közötti összefüggéseket. Ennek jelentősége elsősorban a kutatásoknál, a reménybeli készletek és a helyi anyagok feltárásánál van, de ismereteink és tapasztalataink gyarapodása a betonadalékanyagként felhasználható kőzetek gazdaságosabb, célnak megfelelőbb, méretezéshez kötött alkalmazásához vezet.

#### IRODALOM

- [1] Gálos M. – Kertész P. – Marek I. – Udvardy J. (1982) Hazai és külföldi zúzottkő termékszabványok értékelése *Építőanyag* 34. évf. 7. sz. pp. 272 – 280
- [2] Gálos M. (1982) Kőbányák értékelése „minősítő pontszám” alapján (Kézirat; megjelenés alatt a Mérnökgeológiai Szemle kiadványban)
- [3] Grunert B. – Grunert S. – Schneider H. (1978) Die Methodik der geologischen Wissenschaften im Einsatz für baustofftechnische Probleme. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 6. (1978) 2. pp. 261 – 274
- [4] Kausay T. (1982) Betonkészítés zúzottkő adalékanyaggal *Építőanyag* 34. évf. 6. sz. pp. 227 – 230
- [5] Kausay T. (1983) Zúzottkövek alkalmazása betonkészítési célra különös tekintettel az új betonminősítő osztályokra) (Kézirat az 1983. január 27-i SZTE előadás anyaga)
- [6] Kertész P. (1974) Kőzetfizika BME Továbbképző Intézet M. 229 Tankönyvkiadó Budapest p. 216
- [7] Reichel W. – Conrad D. (1980) Beton. Eine Einführung für das Selbststudium. Band 1 VEB Verlag für Bauwesen Berlin p. 142
- [8] Sziviridov V. (1965) Betonadalékanyagok kőzettani minőségi értékelésének szükségessége (Magyar fordítás raktári száma: OMKDK 281162) *Beton i Zselezobeton* 1965. 11. pp. 42 – 45







# A finomkerámiai korongolás néhány elméleti kérdése

## 1. Rész

MAHALEK ISTVÁN

Hollóházi Porcelángyár

### 1. Bevezetés

A finomkerámiai-ipar legősibb formázási módja a korongolás. Kezdetben lábbal hajtott korongon porózus agyagba – majd később gipszformába – formáztak kézben tartott sablonnal.

A XIX. sz. hetvenes éveiben jelentek meg az első gépi korongok. Ezek működési elve a kézi korongolás lemásolásán alapultak és transzmissziós hajtással működtek. A gépi korongolás eddigi fejlődésének legjelentősebb állomása volt amikor megjelent az ún. rollerfejes formázási mód, amelynek lényege, hogy nemcsak a megmunkálandó anyag végez forgó mozgást, hanem a mindkét formázószerszám is. Ennek elvi megoldását mutatja az 1. a ábra, ahol egy rákorongolást (lapos tárgy) és az 1. b ábra, amely egy bekorongolást (mély tárgy) szemléltet. A mai modern gépi korongolásnak a többi finomkerámiai formázással szemben előnyei és hátrányai egyaránt vannak.

A korongolás előnyei:

- nagy termelékenység
- magasfokú automatizálhatóság

A korongolás hátrányai:

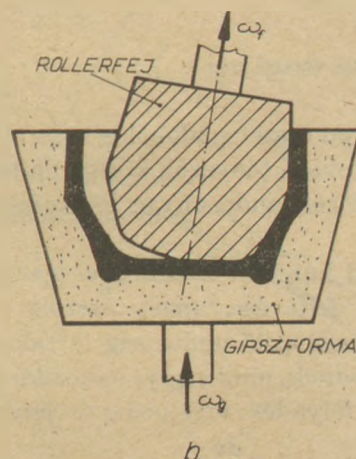
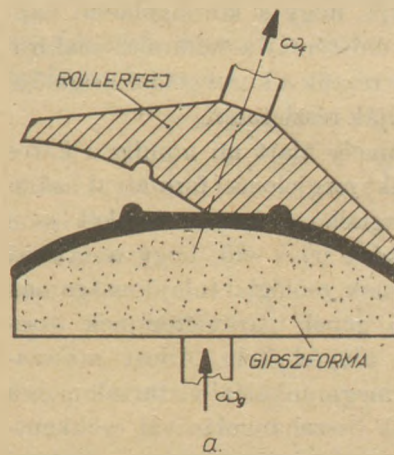
- kötött forma (egyelőre csak forgástestek ill. ellipszoidok kialakítására alkalmas)
- a korongolás során az anyagban szerkezeti irányítottság jön létre és ez magában hordozza a deformáció kialakulásának veszélyét a formázást követő technológiai műveletek során (szárítás, zsengetés, égetés).

### 2. A korongolás eddigi vizsgálati eredményeinek rövid összefoglalása

A korongolással, mint önálló formázási móddal csak a legutóbbi időben kezdtek el tudományosan foglalkozni, egy-egy vállalat speciális problémá-

jának megoldása céljából (korongolt termék repedése és káros deformációi kapcsán). E téma irodalma azonban ezzel együtt is szűk keretek között mozog. Tekintsünk most át – a fentiek figyelembe vételével – a korongolás kutatása során elért eredményeket.

Gyakorlati kimutatások megállapították, hogy milyen alakváltozások történnek az anyagban nemcsak a korongolás alkalmával, de az egész technológiai folyamat során. A képlékeny alakvál-



1.a. ábra. Rákorongolás 1.b. ábra. Bekorongolás



tozás szükségszerűen magában hordozza az anizotrópia kialakulását, és erre hivatkozva – egyes kutatók szerint – az így formázott tárgyakban a deformáció (torzulás) megszüntetése nem lehetséges és e probléma megoldását egy teljesen más formázási mód (sajtolás) bevezetésével javasolják megoldani.

A korongolás legfontosabb jellemzői:

- a korongolással gyártott edények deformációja kis mértékben kimutatható a száradás után, a zsenyélnél erősödik, legnagyobb mértékét a mázas égetés során éri el,
- a deformáció adott massa esetén legnagyobb mértékben a formázó géptől és a tárgy alakjától függ,
- a gép paraméterei közül, a deformációra döntő hatással a rollerfej van,
- tényérok peremének deformációját két jellegzetesen eltérő típusba sorolhatjuk,
- a kaolinok arányának változtatása (összetétel változtatás) nem befolyásolja lényegesen a deformációt.

Az irodalmi közlemények e rövid tartalmi kivonata is mutatja, hogy a korongolással kapcsolatos kérdések élő témái a kerámiai szakirodalomnak, de nagy részük a korongolást megelőző állapotokat vizsgálják részletesen.

A deformáció (amely alatt mi mindig a káros alakváltozást értjük) megjelenési formáival, számszerű értékével foglalkozó közleményeket nem találunk. Szabályként írják elő, hogy a massa ásványi összetételének, reológiai tulajdonságainak és a megmunkáló gépek paramétereinek összhangja a gyártás alapfeltétele. Adott massa-összetétel esetén a megmunkálási víztartalom és a gép paramétereinek összehangolásával csökkenthető minimálisra az adott gépsoron történő gyártás deformációs selejtje.

### 3. A korongolt anyag vizsgálata

Már az előbbi irodalmi összefoglalóból is kiderült, hogy a deformációt okozó tényezők között fontos szerepet játszik a formálandó anyag nedvességtartalma.

Az utóbbi évtized kutatási eredményei igazolták azt a korábbi feltevést, amely szerint az agyagásványok – megfelelő nedvesség tartalom esetén – úgy viselkednek, mint nagyviszkozitású, összenyomhatatlan folyadék, erre pedig érvényes

a:

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{dv}{dn}$$

ahol  $\tau$ : az anyagban ébredő csúsztatófeszültség;

$$\left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$\tau_0$ : az anyag megcsúszásához szükséges

$$\text{csúsztatófeszültség; } \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$\eta$ : az anyag dinamikai viszkozitása;  $\left[ \frac{NS}{m^2} \right]$

$\frac{dv}{dn}$ : az áramlás irányára merőleges sebességváltozás: sebességi gradiens;  $\left[ \frac{1}{S} \right]$

$$\left[ \frac{1}{S} \right]$$

A fenti összefüggést alkalmazva a korongolt anyagra, valamint a hidrodinamikai egyenleteket is figyelembe véve felírhatjuk majd a korongolt anyagban lejátszódó hidromechanikai folyamatokat matematikai alakban. A sebességkülönbségek okozta csúsztatófeszültségekkel arányos a maradó feszültség értéke, amely hőmérséklet-növekedéskor a káros deformációt ill. az anyag szétrepedését okozza.

A kapott hidrodinamikai egyenletek alapján megállapításokat tehetünk a gyártási paraméterek optimális értékeire. Ahhoz azonban, hogy ezekhez eljussunk első lépésben vizsgáljuk meg a korongolás kinematikai viszonyait.

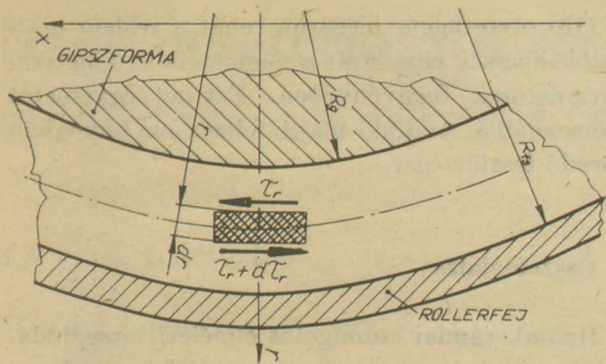
### 4. A korongolás kinematikája

Kinematikai vizsgálatainkat az  $y, r$  derékszögű koordinátarendszerben végezzük. A geometriai viszonyokat a 2. ábra mutatja. A kinematikai elemzés célja, hogy a rollerfej és a gipszforma kerületi sebességét felírva a sebességeloszlás peremfeltételeit meghatározzuk. Ez a feladat azért nem egyszerű, mert a kúppal közelített formázószerszám két különálló részének (rollerfej, gipszforma) a forgástengelye nem esik egy egyenesbe, így tudjuk elérni azt, hogy a rollerfej egy elméleti él mentén érintkezzen csak a formálandó anyaggal.

Jelen meghatározásaink rákorongolás esetre érvényesek, de az elvet helyesen használva a bekorongolásra is hasonló összefüggéseket kaphatunk.

Számításunk logikai menete a következő: a geometriai viszonyok, valamint a szögsebesség ismeretében felírhatjuk a szerszámok kerületi sebességét, amely a sebességeloszlás peremfeltétele. A sebességeloszlásból, amelyet a hidrodinamikai egyenlet megoldásából nyerünk, az anyagban ébredő feszültség meghatározható. A feszültség





2. ábra. A korongolás geometriája

séggfüggvény ismeretében az egyes paraméterek hatása vizsgálható a korongolás során ébredő feszültségre. A geometriai viszonyok egyszerűsítése érdekében a formázandó alakot első közelítésben kúpnak vesszük. Ezzel elérhető, hogy a sebességet a szerszámok felületén (gipszforma, rollerfej) viszonylag egyszerűen tudjuk felírni.

A 2. ábra alapján a gipszforma kerületi pontjának sebessége:

$$v_g = R\omega_g \quad (2)$$

ahol; R: a gipszforma adott síkmetszetbeli sugara; (m)

$\omega_g$ : a gipszforma szögsebessége;  $\left[\frac{1}{s}\right]$

A rollerfej sebessége az elméleti érintkezési él mentén:

$$v_f = R_f\omega_f$$

ahol;  $R_f$ : a rollerfej sugara a 2. ábra értelmezése alapján; (m)

$\omega_f$ : a rollerfej szögsebessége;  $\left[\frac{1}{s}\right]$

A rollerfej – az adott síkmetszethez tartozó – sugara a geometriai viszonyok alapján kifejezhető:

$$R_f = \frac{R_{fs}}{\cos \epsilon} + [(R_{fs} - R_0) \operatorname{ctg} \varphi - R_{fs} \operatorname{tg} \epsilon] \sin \epsilon \quad (4)$$

ahol;  $R_{fs}$ : az adott síkmetszetben a gipszforma forgástengelyétől a rollerfej kerületi pontjáig mérhető merőleges távolság; [m]

$\epsilon$ : a rollerfej forgástengelyének dőlési szöge a gipszforma forgástengelyéhez képest;

$R_0$ : A gipszforma alapkörének sugara; (m)

$\varphi$ : A kúppal közelített formázandó anyag félkúpszöge

## 5. A korongolt anyag sebességeloszlása

Hidrodinamikai vizsgálatainkat stacionér állapotban a korongolási művelet utolsó, kiteljesedett szakaszában végezzük, a korongolt tárgy oldalfalában.

Felírva a sűrűdásos folyadékokra érvényes hidrodinamikai egyensúlyi egyenlet differenciális alakját, a következő differenciál egyenletet kapjuk a korongolási műveletre (3. ábra):

$$r \frac{d^2 v}{dr^2} + \frac{dv}{dr} + \frac{\tau_0}{\eta} = 0 \quad (5)$$

ahol r: a két szerszám alkotta rés tetszőleges pontjának sugara a gipszforma forgástengelyétől; (m)

A fenti összefüggés a síkfeszültségi állapot egyensúlyi egyenleteiből is levezethető. Az (5) differenciálegyenlet megoldási menetét mellőzve a korongolt anyag sebességeloszlása a résben:

$$v(r) = K_1 \ln r - \frac{\tau_0}{\eta} r + K_2 \quad (6)$$

ahol  $K_1, K_2$ : integráció állandók.

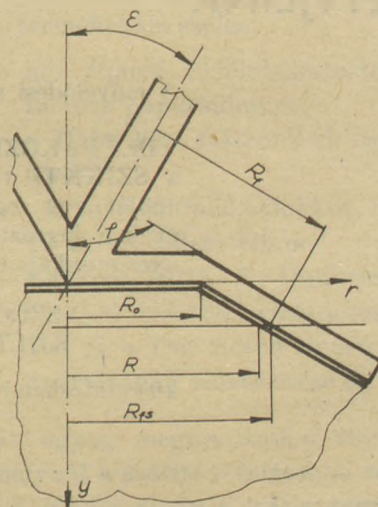
Az állandók értékét a peremfeltételek alapján határozzuk meg:

$$r = R_g \text{-nél} \quad v = v_g \quad (7)$$

$$r = R_{fs} \text{-nél} \quad v = v_f \quad (8)$$

A behelyettesítést elvégezve az integrációs állandók értéke:

$$K_1 = \frac{v_f - v_g + \frac{\tau_0}{\eta} (R_{fs} - R)}{\ln \frac{R_{fs}}{R}} \quad (9)$$



3. ábra. Feszültségviszonyok a korongolt tárgy oldalfalában



$$K_2 = \frac{v_f + v_g + \frac{\tau_0}{\eta} (R_{fs} + R) - K_1 \ln R_{fs} R}{2} \quad (10)$$

A további részletszámításokat elhagyva a sebességeloszlásra a következő összefüggést kapjuk:

$$v = \frac{v_f - v_g + \frac{\tau_0}{\eta} (R_{fs} - R)}{\ln \frac{R_{fs}}{R}} \ln r - \frac{\tau_0}{\eta} r + \frac{\ln R_{fs}}{\ln \frac{R_{fs}}{R}} \left[ v_g + \frac{\tau_0}{\eta} R \right] - \frac{\ln R}{\ln \frac{R_{fs}}{R}} \left[ v_f + \frac{\tau_0}{\eta} R_{fs} \right] \quad (11)$$

Ezt a rendkívül bonyolult összefüggést gyakorlati számításokra nem tudjuk ilyen formában használni. A lehetséges egyszerűsítések után a sebességeloszlás végleges alakja:

$$v(r) = \frac{v_f - v_g}{\ln \frac{R_{fs}}{R}} \ln r - \frac{\tau_0}{\eta} r \quad (12)$$

Behelyettesítve: a (2), (4) összefüggéseket:

$$v = \frac{\left\{ \frac{R_{fs}}{\cos \varepsilon} + [(R_{fs} - R_0) \operatorname{ctg} \varphi - R_{fs} \operatorname{tg} \varepsilon] \sin \varepsilon \right\} \omega r}{\ln \frac{R_{fs}}{R}} - \frac{R_g \omega_g}{\ln \frac{R_{fs}}{R}} - \frac{\tau_0}{\eta} r \quad (13)$$

A (13) összefüggés megadja tehát a részben uralkodó sebesség eloszlását a geometria és kinetikai paraméterek függvényében. Ezt az egyenletet felhasználva, tudjuk majd felírni az anyagban ébredő feszültséget.

## 6. Összefoglalás

A finomkerámiai korongolás elméleti vizsgálódásában eljutottunk a peremfeltételeket jelentő szerszámsebességek matematikai megfogalmazásához. Ezt a gondolatsort továbbvíve érhetünk majd el a korongolt anyagban ébredő csúsztatófeszültségek felírásához, ez utóbbiból pedig a gyártási paraméterek optimális értékére következtethetünk.

A rövid irodalmi összefoglalóval bizonyítottuk, hogy e téma tudományos vizsgálata közel sem mondható teljesnek, még akkor sem ha számításba vesszük, hogy sokan ezt a formázási módot már „leírták” a használható módszerek jegyzékéből.

A gyártási paraméterek közelítése az optimális felé, azonban jelentősen csökkenti a káros deformációkat és az ennek nyomán keletkező selejtzódést.

*Махалеk, И.: Некоторые теоретические вопросы дисковой обработки в тонкой керамике*

*Mahalek, István: Einige theoretische Fragen feinkeramischer Drehen*

*Mahalek, István: Some Theoretical Problems of Fine Ceramic Throwing*

## KITÜNTETETTJEINK

A művelődési miniszter

Dr. PÁKOZDY VERONIKÁ-t a SZIKKTI tudományos tanácsadóját, az egyesületben hosszú éveken keresztül végzett eredményes munkája elismerésül a

SZOCIALISTA  
KULTÚRÁÉRT

kitüntetésben részesítette.

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter hosszú éveken keresztül végzett érdemes és eredményes munkája elismerésül, nyugállományba vonulása alkalmából

MAGYAR ISTVÁN-t

az Űvegipari Művek műszaki tanácsadóját

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT

kitüntetésben részesítette.

\*

A kitüntetteknek gratulál az Egyesület Vezetősége.



# Nagy üregtérfogató termékek energiatakarékos előállítására a Sopron I. téglagyárban

HATOS LÁSZLÓ

ÉDTCSV Sopron I. téglagyára

## Bevezetés

Pár éve hétköznapjaink megszokott kifejezésévé vált az energiatakarékoság. Az energiahordozók árának jelentős emelkedése rendkívül fontosá tette számunkra is az energiafelhasználásunk felülvizsgálatát és ésszerű, de eredményes csökkentését.

Köztudott, hogy a durvakerámia ipar nagy energiaigényű iparág, ahol a felhasznált energia egy része általában két okból megy veszendőbe:

- egyrészt, hővesztésként hasznosítatlanul a környezetbe távozik;
- másrészt a technológiai folyamatokban a szükségesnél esetenként jóval több energiát fordítunk egy-egy termék előállítására.

Ezek a problémák általánosan jellemzik iparunkat, tehát energiafelhasználásunk további racionalizálása feltétlenül indokolt.

## Bánya

A jó minőségű, azaz első osztályú, nagyszilárdságú áru előállításának elsődleges feltétele a jó anyag-előkészítés. A bánya megkutatása során a mintegy 100 évre elegendő mennyiségűre becsült agyagvagyomból 1-1 évre való mennyiséget regáloztat össze külső vállalkozóval a vállalat. A depóképzés folyamatos művezetését az üzem végzi. A technológiai utasításban rögzített agyagtípusok az előírt térfogat arányban, szendvics-szerűen egymásra terített rétegekben helyezkednek el.

A regálozás megkezdésekor a depóterület négy sarkán a földből 6 méterre kiálló farudat helyezünk el, melyet 1 méterenként kék, sárga, barna, majd ismét kék, sárga, barna festéssel látunk el: elősegítve depóképzésnél a jobb eligazodást a kivitelező számára.

Ugyanis a kék sáv magasságában csak kék

agyagot, a sárga sáv magasságában csak sárga agyagos homokot és végül a barna sáv magasságában csak barna agyagot szabad hordani, illetve a depóra rétegezni. A kivitelezőtől megköveteljük, hogy az egyes réteg a depó teljes területén való kialakítása után kezdheti meg a következő réteg felhordását.

Az üzem kezdettől fogva nagy súlyt fektetett a deponált agyag nedvességtartalmára, ugyanis a bányanedves agyag víztartalma kisebb, mint ami a megmunkáláshoz szükséges. Ezért a helyes és pontos regálozáson túlmenően fontos előzmény volt a depó kedvező elhelyezése és a csapadék elvezetése.

Mindez jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy már az üzemelés első évében a tervezett 4000 tonna évi tüzelőolaj felhasználásunk 3200 tonnára csökkent.

## Nyersgyártás

A nagy üregtérfogató termékek gazdaságos gyártása során nagyon fontos szerepe van a szájnnyílásoknak. Az általunk gyártott termékek üregtérfogata átlagosan 45%.

A termékskála széles:

- két típusú fődémbéléstestet és a hozzájuk tartozó papucsídomot,
- a Rába kézi falazóblokk család mind a négy típusát,
- „B-30” kézi falazóblokkot,
- 10 cm-es válaszfallapot,
- Uniform 13/19. ill. Uniform feles kézi falazóblokkot gyártunk elsősorban, de folyamathán van pl. a Thermoton típusú termékek sorozatgyártásának előkészítése is.

Az agyag megmunkálási víztartalma  $24 \pm 1\%$ , melyből a szárítási folyamat végére maximálisan 4% marad vissza a száraz termékben. Ez annyit jelent, hogy minden 1 kg nyers termékből 200



gramm víz távozik el a szárítás során. Egy konkrét példán szeretném bemutatni, hogy a szájnnyílás kopásának következtében a nyers termék – egyszerűség kedvéért – 0,5 kg-os súlynövekedése, milyen többlet energia költséget jelent.

A szájnnyílás előállítási költsége mondjuk 25 000 Ft.

- A szárítás során elpárologtatott víz a nyers termék súlyának 20%-a.
- Szárításhoz TM 10/30 könnyű kénmentes tüzelőolajat használunk, melynek fűtőértéke 41 870 KJ/kg.
- 1 kg víz elpárologtatásához az 1981. év átlaga alapján 3225 KJ/hőmennyiség szükséges.
- A felhasznált olaj átlagára jelen pillanatban szállítási költségekkel együtt 9,50 Ft/kg.
- A szárító befogadóképessége 220 db szárító-kocsi.
- Rába 1-es termékből egy kocsi 360 db rakható, tehát a szárító teljes feltöltésekor, abban 79 200 db Rába 1. van.
- A szárító ciklusa 48 óra.
- Ha e mennyiség darabonkénti súlya 0,5 kg-al megnő, akkor 2 nap alatt 7920 kg többlet víz kerül a szárítóba.
- 1 kg olajjal 13 kg víz párologtatható el, tehát a megnövekedett nyerssúly következtében 2 naponként további 610 kg olaj kerül felhasználásra, melynek ára 5795 Ft. Ez annyit jelent, hogy 8 munkanap alatt a műszárítóra felhasznált olajtöbblet költsége már önmagában fedezi az új szájnnyílás előállítási költségeit, nem is beszélve arról, hogy a súlynövekedés következtében a megmunkáló gépsor energia igénye és az égetés költségei is mintegy 6%-kal megnőnek, továbbá ugyancsak 6%-kal megnő a nyersanyag költsége, ami a 3–4 millió Ft-os évi regálozási költségeket figyelembevéve nem elhanyagolható.

Mindezek alapján azt lehet mondani, – miután a 0,5 kg-os kopás átl. 7–8 munkanap után jelentkezik – hogy 2–3 hetes használat után már gazdaságos a szájnnyílás cseréje.

Az üzem megindulása óta műszakonként folyamatosan történik a gyártásközi ellenőrzés, mely a szájnnyílások állapotával kapcsolatban kiterjed a termékek súlyának, üregtérfogatának, nedvességtartalmának, méretének mérésére, regisztrálására, mely adatok alapján a szájnnyíláscserék időpontját meg lehet határozni.

Minden egyes szájnnyílás üzembeállítása előtt próbagyártásokat végzünk. Ezek eredményét értékeljük, szükség szerint beszabályozzuk a

szájnyílásokat, hogy a szárítási selejt képződését időben megakadályozhassuk.

Vizsgálatot végeztünk „B-30”-as terméken az optimális présfejnyomás és agyag–víz komponensek meghatározására. A nyomást 14 és 20 atm. között állítottuk be. Elsődleges cél természetesen az volt, hogy az áru a minőségi követelményeknek továbbra is megfeleljen, de ha lehet kedvezőbb energiafelhasználás mellett.

Abból a meggondolásból indultunk ki, hogy a víztartalom változtatása a nyersáru szárazagyag és nedvességtartalmát megváltoztatja oly módon, hogy az agyag víztartalmának csökkentésekor nő a száraz anyag mennyisége és ezzel egy időben nő a présfejnyomás.

Feltételeztük, hogy kell egy olyan értéknek lennie, ahol a különböző présfejnyomással készült azonos típusú termékek szárítására és égetésére felhasznált energiák összege elér egy minimum értéket.

14 és 20 atm. között egész számú nyomásértékeket vizsgáltunk a 7 érték mindegyikét minden értékkel összehasonlítottuk és a 21 mérési eredményből kiderült, hogy a 18 atmoszférás présfejnyomáson leggazdaságosabb a „B-30”-as termék gyártása.

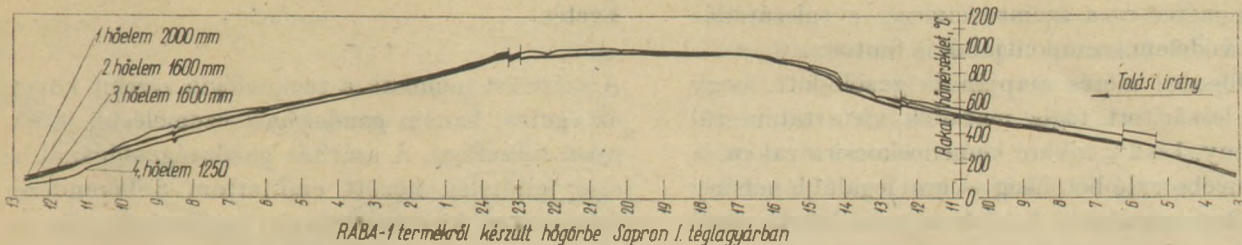
A nyomást egyenletesen tartani azonban szinte lehetetlen, ha nem is nagy, de állandó ingadozás mutatkozik. Így a legkedvezőbb 17–18 atm. közötti nyomástartományt határoztuk meg a „B-30”-as termékre. Ez a tartomány a 14 és 15 atmoszférához képest mintegy 250–330 KJ-al a 20 atmoszférához képest 80–120 KJ-al kevesebb energiát igényel darabonként. Figyelembe kell venni még, hogy az egyre növekvő présfejnyomással a villamosenergia felvétel is növekszik.

## Szárítás

Az üzemben öt csatornás Putin típusú műszárító üzemel. Gazdaságos üzemeltetésének alapja a folyamatos kiszolgálás és a bevitt nyersáru leszárításához szükséges, tehát se nem több, se nem kevesebb hő- és légmennyiség betáplálása. Ez természetesen minden indoklás nélkül nyilvánvaló, de megvalósításának elsősorban műszaki feltételei voltak.

Ezért a műszárítón beépítésre kerültek PCA-6 típusú pontíró műszerek, melyek csatornánként a csatorna hosszában 4 különböző helyen elhelyezett hőmérőkkel vannak kapcsolatban és a hőmérők által mért hőmérsékletet folyamatosan rögzítik. Ezáltal a szárító bármely korábbi időpont-





RABA-1 termékrel készült hőgörbe Soproni téglagyárban

1. ábra. B-30-as kézi falazóblokk szárítási diagramja

beli hőállapotának ellenőrzése lehetővé vált, és így főként a beüzemelés időszakában jó hasznát vettük a szárító beszabályozásában.

A rendelkezésünkre álló további műszerek segítségével:

- a légmennyiség,
- a relatív páratartalom és a
- meleg levegő – közvetlenül a szárítóba vitele előtti hőmérsékletének mérését is elvégezhetjük.

A leírt műszerezés segítségével a „B-30”-as termékre beállított szárító paramétereit a következő szárítási diagramon ábrázoltam (1. ábra).

A diagram a hőmérséklet és a relatív páratartalom változását szemlélteti a csatorna hosszában.

A szárító nyersoldali végével indul a diagram, tehát azzal az oldallal, ahol a páratelt levegő a szabadba távozik. A szaggatott vonalak a hőmérsékletváltozást, a folyamatosak pedig a szárítólevegő telítettségét ábrázolják, külön-külön mind az 5 csatornában. A hőmérséklet és páratartalom léptéke megegyezik, fent a mérőhelyek számát, lent pedig a szárítókocsik számát jelöltem.

A diagram szerint a kidobott levegő hőmérséklete 38–41 °C. Relatív páratartalma 82–85%. A szárító végén a hőmérséklet 60–69 °C között változott, a levegő páratartalma ugyanitt 9 és 21% volt. Szembetűnő, hogy a kidobott levegő páratartalma az elvárhatónál alacsonyabb és a kívántnál néhány fokkal magasabb a kidobási hőmérséklet. Ennek a magyarázata az, hogy a szárítókocsikon az áruk üregeikkel nem a ventilátor kocsikra néznek, hanem a kocsik mozgásával párhuzamosak. Ezáltal a szárítólevegő nehezebben járhatja át őket, nem fúj rajtuk át, lassúbb a száradás és nagyobb az eltolódás a ventilátor kocsik felőli és a fal felőli sorok száradása között. A B-30-as terméken kívül egyébként minden terméket lyukkal a ventilátor kocsik felé fordítva szárítunk, csak a B-30-as mérete ezt nem teszi lehetővé a 140 mm-es levágási méret miatt, mivel a szárítókocsik görgő osztása 166 mm.

Vázkerámiák esetében a kidobási hőmérséklet 35 °C, a levegő telítettsége pedig meghaladja a 95%-ot. A mérés idején az I. és II. csatorna szárazoldali ajtajánál tömítetlenség mutatkozott. Ezt mind a hőmérséklet, mind a páratartalom mérés egyértelműen igazolja.

A szárító műszeres mérését tulajdonképpen minden árura elvégeztük, és így termékre szabott szárítási technológia alakult ki.

A gyártásközi ellenőrzés a szárítás végén nedvességtartalom méréssel, ill. a szárítás alatt szemrevételezéssel történik. A nedvességtartalom mérés módja, hogy a műszakonként levett nyersáru egy közönséges kereskedelmi mérleggel mérni kell és a mért adatot rögzíteni az erre a célra rendszeresített naplóba. A szárítási folyamat befejezése után ugyan azt, de már mint szárazáru kell mérni és a nyers adataival történt egybevetéssel meg kell állapítani annak víztartalmát. Ezt is rögzíteni kell a naplóban. A műszakok alatt legyártott árukból vett minták alapján számított víztartalom és a szárítóba bevitt nyersáru mennyiség alapja a szárító beállításának. Törekedni kell a nedvességtartalom egyenletes szintentartására, ami konstans présfejnyomást jelent abban az optimális intervallumban, amit a szájnnyílások témakörével kapcsolatban említettem.

Az egyenletes nedvességtartalom követelménye, – túlmenően a gazdaságos szárításon – az áru minőségének szempontjából is fontos, mert végül is a selejteződés részben energiagazdálkodási problémaként csapódik le.

A szárítás alatti szemrevételezés műszakonként legalább egy, de ha szükséges több alkalommal is történik. Ilyenkor a művezető bemegy a szárítócsatornába és az eddig elmondott mérési adatok alapján kialakult gyakorlattal felméri, hogy megfelelő-e a száradás üteme, a száradás során a nyersgyártás hibájából nem keletkezett-e selejt (pl. egy szájnnyílásfék elmozdulásának következtében a szárítóban megrepedhet az áru). Ezt műszer nem jelzi, de időben történt észlelése jelentős megtakarítást eredményezhet.

Szeretném megemlíteni, hogy a nedvességtar-



talom mérés és a szemrevételezés a túlszáradás elleni védelem szempontjából is fontos.

Többszöri mérés alapján beigazolódott, hogy ha a leszárított téglá maradék víztartalma túl alacsony, 1–2%, akkor kemencekocsira rakva, a kemencébe való betolásig – ami legalább néhány óra, de esetenként 1–1,5 nap is lehet, attól függően, hogy melyik napon került a termék a kemencekocsira – a levegő páratartalmának hatására visszanedvesedik, melynek mértéke időjárástól függően eléri a 4–5%-ot is. Így átfedés jön létre a szárító és a kemence energiafelhasználása között. Célszerű tehát a szárítóból kikerülő áru maradék nedvességtartalmát 4%-on tartani. Ezért előfordul, főleg hét elején és meleg nyári napokon, hogy leállítjuk a thermogenerátorokat és csupán a kemencéről nyert hűlőmeleggel végezzük a szárítást.

A szárítási hatásfok javítására több ötletet megvalósítottunk már eddig is.

- A TO 8-as típusú olajégőket TO 7-re alakítottuk át. Ezáltal az égők 60–90 teljesítmény % között üzemelnek és az olaj elégetése tökéle-  
sebbé vált.
- A tömítettséget a szárítóajtók kiegészítő gumirozásával és zárás pontosságával tovább javítottuk.
- A Putin szárítóknál a nyersoldalnál nincs levegő visszakeringtetés. Az a törekvésünk, hogy a 35 °C-on távozó levegő telítettségi foka minél tökéletesebb legyen, azzal a következménnyel jár, hogy a hideg felületeken a telített levegő páratartalmának egy része lecsapódik. A keletkezett kondenzátum főként a ventillátorkocsik pályájára gyűlik össze, ahonnan a szárító eredeti állapotában elfolyni nem tud, tehát csak ismételt elpárologtatással szüntethető meg.

A kialakított kis csatornarendszer segítségével ezt a vizet már el tudjuk vezetni. Téli időszakban van ennek a megoldásnak különösen nagy szerepe, mert nagy a lecsapódás. Naponta átlagosan 60–80 tonna vizet kell a szárítóból elpárologtatni. Ha ennek a mennyiségnek csupán 1–2%-át, mint kondenzvizet sikerül a csatornán kivezetni, már komoly energia megtakarítást jelent.

Hét végén a tartalékvágányról a szárítóba kerül a nyersáru, amit a hét elején készítettünk oda. Az eltelt egy hét alatt a termékek víztartalma csökken, a szárítóba kerülő, mintegy 1/2 műszakra való nyersáru mennyiség szárítási költsége így kisebb a hétközínél.

## Égetés

A szárítást nemcsak a technológia szerint követi az égetés, hanem gazdaságos üzemelésük is nagyon összefügg. A szárítás gazdaságosságánál az első feltételek között említettem a berendezés folyamatos kiszolgálásának fontosságát. Ez az alagútkemence esetében még hangsúlyozottabb.

53, 48 ill. 44 perces időközönként tolunk 1–1 kocsit a kemencébe. A tolási ütemet a rakat sűrűsége és a kocsira rakott súly határozza meg. A kb. 3,5 órás hőntartási idő pontatlan tolások esetében hosszabbá vagy rövidebbé válik, attól függően, hogy lassítjuk vagy gyorsítjuk a tolást. Mindkét irányú eltérés káros, mert energiaigényesebb a pontosan ütemezetttnél. Az első esetben a kelleténél tovább égetnénk a téglát, a másodikon pedig tekintettel arra, hogy automatikusan szabályzott az égőegységek hőmérséklet-tartása, nem, vagy csak a következő tolás elejére tudná behozni a hőmérsékletben mutatkozott lemaradását a berendezés, és ez idő alatt aránytalanul több olajat fogyasztana. A lassúbb tolás energiafelhasználására jellemző, hogy pl. kettős ünnepeken megnő a kocsik áthaladási ideje a kemencén, aminek következtében ugyanazon terméknel emelkedik az olajfelhasználás.

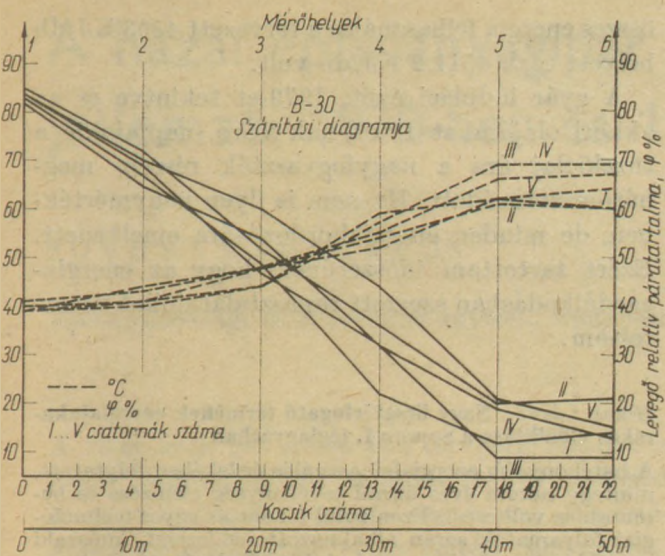
A kemence hasznos keresztmetszetének kitöltése elméletileg 60–70%-os. A rakatsűrűség ilyen arányú kialakítását igénylő főbb szempontok voltak:

- A kemence levegőforgalmának szabályozása úgy, hogy az előmelegítő, égető és hűtőzónában a rakatok a teljes keresztmetszetben egyenletesen melegedjenek fel, égjenek ki és hűljenek le.
- Az égetéshez az optimális levegőmennyiség biztosítva legyen.
- A hűtőzónáról nyert meleg levegő mennyisége, melyet a szárítón hasznosítunk, a kemencekocsik egyenletes tolási ütemének következtében óránként lehetőleg azonos mennyiségű legyen. Ezáltal a szárító is szabályozhatóbbá válik.

A különböző árukkal rakott kemencekocsik terhelése változik. Ennek következtében a napi tüzelőolaj szükséglet, a hűtőzónáról leszívható meleg levegő mennyisége és a hőmérséklete is módosul.

48 perces átlagos tolási ütemnél kb. 3–3,7 GJ hőmennyiség szívható le óránként. Az elszívott levegő hőmérséklete 110–140 °C.





2. ábra. Rába-1. kézi falazóblokk hőgörbéje

A levehető hőmennyiséget meghatározza:

- az áru minősége (pl. hajszálrepedésmentes legyen, 1 rakaton belül az áru színében lehetőleg ne legyen változás)
- az egyenáramú motorral működtetett füstgáz-kidobó ventilátor teljesítménye és a leszívás összhangban legyen.

Ez utóbbi a kemence „0” pontjának egy helyben tartását, azaz a nyomott és a szívott oldal határának rögzítését jelenti, amely a 10 égőcsoportból álló tűzzóna 6–8. égőcsoportja között helyezkedik el.

A kemence üzemeltetésének ilyen formában történt kialakítását több mérésorozat előzte meg.

A 2. ábrán Rába 1-ről 48 perces tolási ütemnél készült hőgörbe látható.

Ez már kialakult tolási ütemet, rakatképzési módot, levegőforgalmat, kemence tömítettséget ábrázol.

A gyár indulása óta veszünk fel hőgörbéket, melyek megbízható információkat szolgáltatnak a kemence üzemébe történt beavatkozások eredményéről.

Minden méréshez 4 db különböző hosszúságú hőelemet használunk 1250 mm-től 2000 mm-ig, melyeket a rakatokba építünk. Minthogy elsősorban az áruval és nem a levegővel érintkeznek, ezért a rakatok belsejének tényleges hőmérsékletét mutatják.

A kapott eredményt a kemence különböző szelvényeibe beépített hőelemek által mért hőmérsékletekkel összehasonlítva pl. tökéletesíteni lehet a rakatok kialakítását. A hőgörbék elemzésekor kiszűrhetők a tömítetlenségből adódó hibák (pl. ha nem tökéletes a homokzárak fel-

töltöttsége, vagy a kocsik közé elhelyezett azbezt tömítések már nem zárnak.) Jól látható, hogy a tűzzónában a rakatok belsejében is mennyire érezhető a tolások alatt a kemencekapun beáramló hideg levegő hatása. (Azonos időközönként „megszakad” a hőgörbe.)

A kocsizó mérésekkel párhuzamosan füstgáz elemzést is végzünk. Erre a célra egy Brigon típusú mérőbőröndöt használunk, melyben kórom, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>: szívás-nyomás és hőmérséklet mérésére alkalmas műszerek vannak.

A két típusú mérések együttes értékelése után véglegesíthető a beavatkozás eredménye.

### Egyéb energiatakarékosági lehetőségek

A villamos energia gazdaságos felhasználásának lehetősége leginkább az üresjáratok feltárásában és megszüntetésében ill. megfelelő kompenzálásában van. Így pl. az eredetileg folyamatos üzemű hidromotoroknál a nyershulladékot visszahordó szalagnál, melyeket óránként csak néhány percig használunk, lehetővé tettük a szakaszos üzemlést.

Felülvizsgáltuk a beépített villanymotorok kihasználtságát és ahol indokolt volt, kisebb teljesítményűre cseréltük. Ilyen előzmények után az évi visszatérítés az áramszolgáltatótól 200–220 ezer Ft.

A tüzelőolaj ára éves viszonylatban négy alkalommal változik, függetlenül attól, hogy időközben volt-e olajáremelés vagy sem. Ebből kétszer átlagos, egyszer, a téli hónapokban az átlagnál magasabb, a nyári hónapokban pedig alacsonyabb az ára. Jó készletgazdálkodással évente akár 5–600 ezer Ft energia költség is megtakarítható.

A munkaszervezésnek is van energiatakarékosági szerepe. Említettem már a tartalék-vágány hétvégi hasznosításának lehetőségét. Egy másik módja a szervezésnek: a kemence belső zsilipkapujának nyitása működteti a kitolási oldali kaput is. Ha a tolópados a tolás befejezése után először a kitolt kemencekocsit állítja a tolópadra és lezárja a kemence végén a kaput, majd ez után készíti az újabb, kiégetésre váró árut a zsilipbe, akkor a kapuk nyitvatartási ideje a felére csökken ahhoz képest, mintha a két műveletet fordított sorrendben csinálja.

Véleményem szerint nemcsak az eddigi eredmények szintentartására van lehetőség – bár ez sem éppen kis dolog – hanem esetleg további javulásra is. Igaz, hogy ez már korántsem lehet



olyan látványos, mint ahogy az az elmúlt években történt. Ezért talán apróságnak tűnő megjegyzések is voltak az eddigiek között.

## Gazdaságosság

Végül szeretném bemutatni, konkrét adatok alapján, hogy a gazdaságos energiafelhasználás érdekében folytatott üzemi tevékenységeknek számszerűen milyen hatásuk volt.

1980-ban 39 966 000 kisméretű téglának megfelelő mennyiségű termék készült a Sopron I. téglagyárban, melynek technológiai olajigénye 3067 tonna volt.

Ez 4908 KJ/db kisméretű téглаegységre számított össz energiafelhasználást jelent. A selejt 0,1% volt. Az üzem termelési értéke 66,375 millió Ft, melyből az üzemi eredmény: 5,853 millió Ft. Az 1 főre eső termelési érték 687 ezer Ft.

1981-ben kisméretű téглаegységre számítva 42,264 millió db terméket állítottunk elő, ill. értékesítettünk, melyhez a technológiai olajsükséglet 2877 tonna volt. Az előző évi csaknem 40 milliós termelés 1981-ben mintegy 5,7%-kal nőtt, az olajfelhasználás viszont a bázishoz képest, mintegy 6,2%-kal csökkent.

A szárítóhoz 1 kg víz elpárologtatása során 3225,7 KJ hőmennyiséget, 1 kg agyag kiégetéséhez pedig 972 KJ hőmennyiséget használtunk fel. Az éves fajlagos összes energiafelhasználás égetett termékre vetítve 4638,9 KJ/db volt.

A selejt 0,5%, melynek több, mint a fele a nagy üregtérfogató termékek vasúti szállításából visszaháramló selejtből származott. Az üzem termelési értéke 69,270 millió Ft, melyből az üzemi eredmény: 12,022 millió Ft. Az 1 főre eső termelési érték: 714 ezer Ft.

1982-ben már ismeretes az I. félévi mérleg. A teljesítmény 23,110 millió égetett kisméretű téглаegységre számítva, melyhez 1510 tonna tüzelőolajat használtunk fel. A szárításnál 1 kg víz elpárologtatásához 2954,8 KJ hőmennyiségre, 1 kg agyag kiégetéséhez pedig 972,9 KJ hőmennyiségre volt átlagosan szükség. A fajlagos

összes energia felhasználás a tervezett 4563 KJ/db helyett csak 4511,2 KJ/db volt.

A gyár indulási évét, 1979-et tekintve és az akkori olajárakat 100%-nak véve, napjainkig a tüzelőolaj ára a nagyfogyasztók részére megháromszorozódott. Ha nem is ilyen nagymértékben, de minden energiahordozó ára emelkedett. Ezért tartottam időszerűnek, hogy az energia-gazdálkodásban szerzett tapasztalatainkat ismer-tessem.

### *Hatos László: Nagy üregtérfogató termékek energiatakarékos előállítását a Sopron I. téglagyárban*

A hatékonyabb energiafelhasználás érdekében folytatott, mintegy három éves üzemi tevékenység elemzése és bemutatása volt a cél. Ezen belül főként az egyes technológiai folyamatok során alkalmazott módszerek, műszaki megoldások, műszeres mérések kiértékelésére törekedtem az energiatakarékos célkitűzések megvalósításának szempontjából. Az itt leírtakban inkább az általánosabb érvényű lehetőségekre szerettem volna a figyelmet felhívni a soproni példa alapján.

### *Хатон, Л.: Энергоэкономичное изготовление продуктов с большим объемом пустот на кирпичном заводе Шопрон I.*

Целью проведенных испытаний был анализ трехгодичной заводской деятельности, проведенной в интересах более эффективного использования энергии. В рамках этого главное внимание было направлено на оценку методов и технических решений, применяемых в ходе отдельных технологических процессах, а также результатов измерений на приборах, с точки зрения выполнения цели экономии энергии. Автор на примере шопроновского завода выделяет возможности экономии энергии, имеющие более общий характер.

### *Hatos, László: Energiesparende Herstellung von Produkten mit hohem Hohlraumgehalt im Ziegelwerk Sopron Nr. 1.*

Das Ziel dieser Arbeit war die Analyse und das Vorführen einer dreijährigen Tätigkeit zwecks effektiveres Energieverbrauchs. Innerhalb dieser wurde auf die Auswertung der Messungen, der angewandten Methoden, der technischen Lösungen bei den einzelnen technologischen Vorgängen hinsichtlich der Verwirklichung energiesparender Zielsetzungen angestrebt.

### *Hatos, László: Energy - Saving Production of Large Hollow Volume Products in the Sopron I. Brickworks*

Analysis and presentation of the almost three years work done in order to achieve more effective energy utilization. Within this the main point has been the evaluation of the methods and technical devices as well as instrumental measurements applied in the technological process with consideration to the program of energy saving. The experiences described here on the basis of the Sopron example are first of all to show the possibilities of general value.



# A hazai építőanyagipar energiafelhasználásának jellemzői 1970-ben és 1980-ban

SOVÉNYHÁZI JÁNOS

Építésgazdasági és Szervezési Intézet, Budapest

A 70-es évek két középtávú tervperiódusában a hazai építőanyagipar fejlesztésére 41 milliárd forintot fordítottak; e hatalmas összeg – mértékében differenciáltan – az építési célú ágazati termékek termelésének mennyiségi és minőségi bővítését a gyártási ágak döntő hányadában lehetővé tette.

A beruházások során a termelőberendezések korszerű, nem egy esetben a nemzetközi élvonalat képviselő technológiával valósultak meg. A jelentős kapacitásbővítéshez – az építőanyagipar pirotechnikai jellegéből következően – az energiaigények bővülése is kapcsolódott.

Az 1970–1980 közötti időszakban zajlott le a világgazdaság egészére ható „energia árrobbanás”, és ez valamennyi energiahordozó árszínvonalának differenciált, de jelentős emelkedését okozta. – Úgy vélem, nem érdektelen főbb vonásaiban áttekintést adni a hazai építőanyagiparban az energiafelhasználás- és struktúra fejlődéséről az 1970-es években.

Elemzéseimet részben az építőanyagipar egészére, részben az ágazaton belül a legjelentősebb felhasználók (így: a téglá- cserép- és tűzállóanyagipar, a mész- cement- és azbesztcementipar, illetve az üvegipar) területére terjesztettem ki.

## *Az energiafelhasználás főbb összefüggései az építőanyagipari ágazatban*

A végbement változások alapvető jellemzői:

- a jelentős termelésfejlődés a globális energiafelhasználást növelte, míg
- a korszerű technológiák a fajlagos felhasználás csökkenésének irányába hatottak.

A IV. és V. ötéves tervidőszakban a hazai építőanyagipar fejlődési indexe 158,2 volt, azaz alig 3% ponttal maradt el a szocialista ipar globális növekedésétől.

Az építőanyagipari ágazat termelésbővüléséhez lényegesen alacsonyabb többlet-energia kapcsolódik, mint a szocialista ipar fejlődésének egészéhez. Míg az építőanyagipar 1%-os átlagos fejlődési üteméhez 0,40% energiátöbblet volt szükséges, a szocialista ipar azonos mutatója 0,73, közel kétszeres. Ebből is következik, hogy míg 1970-ben az ágazat energiaigénye a szocialista ipar felhasználásának 13,7%-a volt, 1980-ra 11,7%-ra mérséklődött.

Az építőanyagipari ágazat 23,5%-os globális energianövekményén belül jelentős az eltérés a villamosenergia- és a tüzelési célú igény növekedése között. Míg az energiahordozók említett két csoportjában a szocialista ipar szintjén a többlet-felhasználási értékek közel állnak egymáshoz (44,6%, illetve 47,4% növekedés 10 év alatt) az építőanyagipari ágazatban a villamosenergia-

*Az energiahordozók volumenének és struktúrájának változásai a szocialista iparban és az építőanyagiparban (közvetlen felhasználás, 1970 és 1980)*

Megnevezés	szocialista ipar			építőanyagipar		
	1970	1980	index	1970	1980	index
			1980 1970			1980 1970
A termelésfejlődés indexe:			161,1			158,2
Összesen energiafelhasználás 10 <sup>12</sup> kJ-ban	339,5	490,9	144,6	46,7	57,7	123,5
Összefüggések, arányok:						
– alapenergia-hordozók	30,4	28,6	136,0	64,5	59,5	114,0
– átalakított energia-hordozók	69,6	71,4	148,3	35,5	40,5	140,9
Összesen	100,0	100,0	144,6	100,0	100,0	123,5
Összesenből villamosenergia millió kWó	9940	14 652	147,4	616	1123	182,3







Megnevezés	1970	rész- arány	1980	rész- arány	index 1980 1970
Összes energia- felhasználás 10 <sup>9</sup> kJ	21 527	100,0	27 255	100,0	126,6
Összegekből: szén 1000 t 10 <sup>9</sup> kJ	659 12 120	56,3	395 6 886	25,3	56,8
földgáz millió m <sup>3</sup> 10 <sup>9</sup> kJ	21,7 761	3,5	185,6 6 443	23,6	8,5- szőrös
fűtő- és tüzelő- olaj 1000 t 10 <sup>9</sup> kJ	157 6 327	29,4	264 10 613	39,0	167,7
villamosenergia millió kWó 10 <sup>9</sup> kJ	317 1 155	5,4	577 2 075	7,6	179,7
Kiemelt energia- hordozók aránya		94,6		95,5	

hez kapcsolódott elsődlegesen. — Az energia-  
szükséglet csökkenésére hatott az 1 tonna üveg  
olvasztásához szükséges energia 30%-os mérsék-  
lődése.

Az üvegipar globális energiaigénye 10 év alatt  
19,4%-kal nőtt; ezen belül azonban a közvet-  
len célú energiafelhasználás ezt a mértéket jelen-  
tősen meghaladta (index: 136,5), míg az energia-  
átalakításra felhasznált hordozók jelentősen (ke-  
reken 75%-kal) mérséklődtek.

Az üvegipar energiafelhasználását már 1970-  
ben a földgáz 2/3-os aránya jellemezte, ekkor az  
alapenergia-hordozók részaránya 81% volt. Ez a  
globális arány 10 év alatt nem változott érdem-  
legesen, azonban a szénfelhasználás gyakorlatilag  
megszűnt, a földgáz pedig 83%-os részarányt  
ért el. — Az olajfelhasználás közel 75%-kal nőtt,  
1980. évi abszolút mennyisége (20 ezer t) azon-  
ban a legalacsonyabb a részleteiben vizsgált 3  
szakágazat közül. Így végső soron az üvegipar  
tüzelőanyagfelhasználásában a földgáz primátusa  
mellett a szénhidrogének részaránya csaknem  
kizárólagossá vált.

Az üvegipar összes energiafelhasználásának és  
struktúrájának arányai a következők: (jobb oldali  
táblázat).

Az energia-hordozók felhasználásának további  
elemzése más érdekes összefüggéseket is mutat:

- az alapenergia-hordozók (elsősorban a szén és a  
földgáz) globális felhasználásának értékei 10  
év alatt a szocialista ipar felhasználásánál  
lényegesen mérsékeltebb ütemű növekedést  
mutatnak (index: 136, illetve 114), elsősor-

Megnevezés	1970	rész- arány	1980	rész- arány	index 1980 1970
Összes energia- felhasználás 10 <sup>9</sup> kJ	10 458	100,0	12 489	100,0	119,4
Összesenből: szén 1000 t 10 <sup>9</sup> kJ	114 1 565	15,0	1 16	0,1	1,0
földgáz millió m <sup>3</sup> 10 <sup>9</sup> kJ	285,5 6 919	66,1	371 10 417	83,4	150,6
fűtő- és tüzelő- olaj 1000 t 10 <sup>9</sup> kJ	11,4 460	4,4	20,0 800	6,4	173,9
villamosenergia millió kWó 10 <sup>9</sup> kJ	84,7 305	2,9	184 661	5,3	217,0
Kiemelt energia- hordozók aránya		88,4		95,2	

ban a szénfelhasználás jelentős csökkenése  
miatt,

- az átalakított energia-hordozók felhasználásá-  
nak növekedése közelíti a szocialista ipar  
arányait (index: 140,9, illetve 148,3).

#### Sövényházi János: A hazai építőanyagipar energiafelhaszná- lásának jellemzői 1970-ben és 1980-ban

A magyar építőanyagiparban a 70-es évek két közép-  
távú tervperiódusában a változatlan áron számított  
termelés 58%-os növekedéséhez az energiaigény 23,5%-  
os növekedése kapcsolódott. Az 1%-os többlettermelés  
0,4%-os többlet energiaigénye alig több mint fele a  
szocialista ipar hasonló mutatójának. A viszonylag ked-  
vező helyzethez a 10 éves fejlesztési program — a kor-  
serű, energiatakarékos technológiák részarányának je-  
lentős bővülése — nagy mértékben hozzájárult.

#### Шевеньхази, Я.Н.: Характеристики расхода энергии в отечественной промышленности строительных мате- риалов в 1970 и 1980 г. г.

V magyarországi iparban a 70-es évek két közép-  
távú tervperiódusában a változatlan áron számított  
termelés 58%-os növekedéséhez az energiaigény 23,5%-  
os növekedése kapcsolódott. Az 1%-os többlettermelés  
0,4%-os többlet energiaigénye alig több mint fele a  
szocialista ipar hasonló mutatójának. A viszonylag ked-  
vező helyzethez a 10 éves fejlesztési program — a kor-  
serű, energiatakarékos technológiák részarányának je-  
lentős bővülése — nagy mértékben hozzájárult.

#### Sövényházi, J.: Charakterisierung des Energieaufwandes der ungarischen Baustoffindustrie in den Jahren 1970 und 1980

In der ungarischen Baustoffindustrie verknüpft sich zu  
der 58-prozentigen Zunahme der auf unverändertem  
Preis gerechneten Produktion die 23,5 prozentige Zunahme  
des Energiebedarfes in der mittelstreckigen Plan-  
periode der siebzigeren Jahren.

Der 0,4 prozentige Überschussenergiebedarf der 1-prozentigen  
Mehrerzeugung beträgt kaum mehr, als die Hälfte,  
als der ähnliche Kennziffer in der sozialistischen Industrie.  
Zu dieser günstigen Lage tragen das 10 jährige Entwick-  
lungsprogramm, die bedeutende Erweiterung des Anteiles  
moderner, energiesparenden Technologien bei.



In the two medium-range planning periods of the seventies the output of the Hungarian building materials industries increased by 58% (unchanged price basis),

while energy demand only by 23.5%. This means that 1% of output increase required only 0.4% increase in energy demand; this is slightly more than the half of the similar index in the entire industry. The advantageous situation is due to the introduction of up-to-date energy-saving technologies.

## Könyvismertetés

*Kincsem Rudolf – dr. Opoczky Ludmilla:*

**Az azbesztcement termékek gyártása és felhasználása**

ÉTK, 1982.

Az Építésügyi Tájékoztatási Központ és a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet új sorozatának a „Szilikátipar – Építőanyagipar”-nak 1. számú könyve az „Azbesztcement termékek gyártása és felhasználása.”

Az azbesztcementről a hazai szakirodalomban önálló könyv eddig nem jelent meg csupán építőanyag szakkönyvek, egyetemi és főiskolai tankönyvek rövid fejezetei utaltak napjainknak erre az igen jelentős építőanyagára az azbesztcementre. Dicsérendő a vállalkozás, hogy önálló könyvbe foglalják össze korszerű feldolgozásban szinte mind azt, amit egy szakembernek erről az anyagról, termékről, gyártástechnológiáról tudni kell. A ma oly sokszor hangsúlyozott gyakorlat és elmélet összekapcsolására jó példa a szerzőpáros közös munkája, amikor is az ipari szakember és elméleti kutató közös munkája egykötetben

jut az olvasó kezébe. A könyv nyolc fejezetre tagozódik.

Az első fejezet az azbesztcementgyártás történetét adja nagyon tömören. A Nyergesújfalui Eternit Gyár távlati képének a bevezetőben való megjelentetése szerencsésnek ítéhető, mert az azbesztcement ipar jelentőségét, súlyát tárja az olvasók elé már a bevezetésben.

A 2. fejezet az azbesztcementgyártás alapanyagaival foglalkozik az azbeszttől a festékekig. Arányosan oszlik meg az ismertetés, kézenfekvő, hogy az azbeszt kap legnagyobb terjedelmet a kristályszerkezettől a szálanyag jellemzői és az azbesztbányászaton át a minőségi osztályokig.

A 3. fejezet az azbeszt szerepét tárgyalja a termék gyártása és szilárdulása során. Újszerűen, nagyon tömören foglalja össze a legfontosabb ismereteket.

A 4. fejezet a könyv legnagyobb terjedelmű fejezete, a termék gyártásával foglalkozik. Itt kapnak helyet a különféle gyártástechnológiák: a nedves, injektálásos, fűszáraz, száraz kézi gyártási eljárás. A teljességre való törekvés miatt foglalkozik a könyv biztonságtech-

nikai előírásokkal és munkaegészségiügyi kérdésekkel is. Az aránylag nagyobb terjedelem ellenére épp oly tömör ez a fejezete is a könyvnek, mint az arányosan rövidebb többi fejezet.

A 6. fejezet az azbesztcementtermékek tulajdonságaival és annak vizsgálatával foglalkozik. A minőségellenőrzés jelentőségének megfelelően korszerűen tárgyalja a legfontosabb tudnivalókat.

A 7. fejezet a magyar azbesztcementipar termékeit és annak felhasználási területeit tárgyalja nagyon jól, gazdag ábra anyaggal.

A 8. fejezet az azbesztcement tárolását, rakodását, szállítását ismerteti dicsérendő tömörséggel.

A könyv irodalomjegyzékkel – nem kevesebb mint hatvan hivatkozással – zárul.

A könyv tartalma teljes, felépítése logikus, jól szerkesztett. Külön kiemelendő a tömörség. Korszerű szakkönyvnek minősíthető.

Szilikátipari műszaki irodalmunk gazdagodott ezzel a hiánypótló szakkönyvvel.

*dr. Székely Ádám*

## Szabadalom figyelő

T/24 326 *Kompozíció, égetett szilikát idomtestek, elsősorban szilikát-téglák gyártásánál használt sablonok leemeléséhez*

(Szabadalmi Közlöny, 1983. 88. k., 1. sz. 22. old.)

T/24 33 *Vízszintes, egyenes, öntartó vasbeton anyagú tetőlap ipari kemencékhez*

(Szabadalmi Közlöny, 1983. 88. k., 1. sz. 24. old.)

(11) 179.937 *Eljárás por leválasztására és kamrás porleválasztó berendezés*

(Szabadalmi Közlöny, 1983., 88. k., 1. szám, 31. old.)

(11) 179.941 *Eljárás ipari gázok tisztítására*

(Szabadalmi Közlöny, 1983., 88. k., 1. sz. 31. old.)

(11) 179.977 *Eljárás alumínium-oxid előállítására*

(Szabadalmi Közlöny, 1983., 88. k., 1. szám, 34. old.)

(11) 180.004 *Bitumen tartalmú vizes emulziók és eljárás ezek előállítására*

(Szabadalmi Közlöny, 1983., 88. k., 1. sz. 36. old.)

(11) 180.034 *Eljárás szintetikus magnézium-alumínium-szilikát és az azt tartalmazó gyógyászati készítmények előállítására*

(Szabadalmi Közlöny, 1983., 88. k., 1. sz. 38. old.)

(11) 180.079 *Eljárás és sajtoló szerzősám vékony, nagyszilárdságú kis testsűrűségű közetgyapot keménylemez előállítására*

(Szabadalmi Közlöny, 88. k., 1983., 1. sz., 41–42. old.)

(11) 180.100 *Eljárás aszfaltelemek előregyártására*

(Szabadalmi Közlöny, 88. k., 1983. 1. sz. 43. old.)



# PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

## A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

### „PETRIK LAJOS” PÁLYADÍJÁRA

#### 1. A pályázat célja

Az építőanyagipar vagy a szilikátbázisú építés iparosítás területén olyan termékek, eljárások kidolgozása, amelyek az Ország fizetési mérlegét javítják.

#### 2. Kiemelt témák

- Import nyersanyagok, termékek és eszközök kiváltása, más esetben helyettesítése hazai anyagokkal, termékekkel,
- Technológiai folyamatok fajlagos energiaszükségletének csökkentése; a technológiai folyamatokban az eldigi energiaveszteségek hasznosítása;
- A nemzetközi piacokon a versenyképességet növelő gyártmányok és gyártási eljárások kidolgozása;
- Anyagtakarékosság, környezetvédelem.

#### 3. A pályázat feltételei

- 3.1. A pályázaton a Szilikátipari Tudományos Egyesület tagjai vehetnek részt.
- 3.2. A pályamű olyan újdonság kell, hogy legyen, mely eddig nem szerepelt kutatási, illetve újítási feladat megoldásaként.
- 3.3. A publikálás elsődleges joga az Egyesületet illeti meg.
- 3.4. Pályázni mind egyéni, mind csoportosan (kollektíva által) kidolgozott pályaművekkel lehet.
- 3.5. A pályamű bevezetése ne igényeljen jelentős beruházási költségfordítást.

#### 4. A pályamű beadásának határideje

1983. augusztus 30.

A pályaműveket kérjük az SZTE Titkárságára beküldeni (Budapest, VI. Anker köz 1–3. 1061).

#### 5. A pályaművek díjazása

A pályamunkákat két példányban kell a szabvány-nak megfelelő (25 soros) ritkán gépelt oldalakon – ábrajegyzékkel – beküldeni az Egyesület Titkárságára.

A pályamunkán fel kell tüntetni a pályázó nevét, címét, munkahelyét.

#### Pályadíjak

Kiemelkedő teljesítményért	10 000, – Ft
I. fokozat	6 000, – Ft
II. fokozat	4 000, – Ft
III. fokozat	3 000, – Ft

A díjazásban nem részesülő pályaművek közül a bíráló bizottság a legjobbakat pénzjutalomban részesítheti. Az egyes vállalatok, intézmények a számukra értékes tanulmányokat külön díjazhatják.

A bíráló bizottság fenntartja magának a jogot, hogy megfelelő színvonalú pályamű hiányában a díj valamelyik fokozatát visszatartsa, vagy megossza.

SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
VEZETŐSÉGE

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

Budapest VI., Anker köz 1–3. 1368

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Siklósi Norbert

Kiadja:

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

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

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkézbesítő postahivataloknál, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 25–96102 pénzforgalmi jelzőszámára.

Előfizetési díj: negyedévre 57, – Ft, félévre 114, – Ft, egyes szám ára 19, – Ft

Megjelenik havonként



83/1506. Franklin Nyomda, Budapest  
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

INDEX: 25250  
HU ISSN 0013–970 X



**BARRA**<sup>®</sup> -lent kötéseleltető hatású betonadalékszer felhasználása esetén:

- jelentősen megnő a beton bedolgozhatósága,
- a kezdeti lassított szilárdságnövekedés után fokozott végszilárdság vagy azonos szilárdság esetén cementmegtakarítás érhető el.

**BARRA**<sup>®</sup> -plast 75 L képlékenyítő és légpórusképző előnyösen alkalmazható minden szabadtéri beton műtárgy stb. készítésénél, mivel fokozza a beton ellenállóképességét.

Gyártja: a KEMIKÁL Építési Vegyianyaggyára  
Budapest IX. Tagló utca 11-13.  
Telefon: 337-370

