

30 29 35

2



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**4**

**XXVI. ÉVFOLYAM**  
**BUDAPEST 1974. ÁPRILIS**  
**EPITAA 26 (4) 121-160 (1974)**

A mész- és cementipar,  
az üvegipar,  
a finomkerámia, a téglá-  
cserép- és kő- kavicsipar,  
a szigetelő anyagok ipara  
tudományos szakirodalmi  
folyóirata

## TARTALOM

<i>Beke Béla</i> : A finomórlés területén végzett kutatások néhány eredménye . . . . .	121
<i>Szombathy Zoltán</i> : Új, alacsony hőátgúási együtthatójú nagyfrekvenciás kerámiai szigetelő anyag . . . . .	134
Lapszemle . . . . .	137
<i>Raschovszki Lajos</i> : Korszerű elektrofilterek folyamatai . . . . .	138
<i>Matousek, Milan</i> : Kalciumhidroszilikátok fázisváltásai CO <sub>2</sub> -hatására . . . . .	149
Egyesületi Élet . . . . .	152
<i>Doering, K.—Pohle, G.</i> : Homogenítási vizsgálat üvegipari gépi keverék-készítéshez . . . . .	153
<i>Szabó Bertalan</i> : Külföldi szabványok az építőanyagipar számára . . . . .	158
Pályázat 1974. évi kutatási jutalmakra . . . . .	160

### Szerkesztő bizottság:

Dr. Talabér József  
(elnök)  
Dr. Beke Béla  
Bretz Gyula  
Csizi Béla  
Erdély Imre  
Dr. Grofcsik János  
Dr. Hinsenkamp Alfréd  
Dr. Kovács Róbert  
Lenkei György  
Dr. Lőcsei Béla  
Pallós Imre  
Szentmártony Gusztáv  
Dr. Székely Ádám  
Dr. Tamás Ferenc  
Dr. Tóth Kálmán  
Träger Tamás

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Beke, Б.</i> : Результаты исследований, проведенных в области тонкого помола . . . . .	121
<i>Сомбати, З.</i> : Новый высокочастотный керамический изоляционный материал с низким коэффициентом теплового расширения . . . . .	134
<i>Рашовски, Л.</i> : Процессы в современных электрофильтрах . . . . .	138
<i>Матушек, М.</i> : Фазовые изменения гидросиликатов кальция под влиянием CO <sub>2</sub> . . . . .	149
<i>Доэринг, К.—Похлае, Г.</i> : Обеспечение постоянства состава при автоматическом приготовлении стекломассы . . . . .	153

## INHALT

<i>Beke, Béla</i> : Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Feinmahlung . . . . .	121
<i>Szombathy, Zoltán</i> : Neuer keramischer Hochfrequenzisolerstoff mit kleinem Wärmedehnungskoeffizient . . . . .	134
<i>Raschovszki, Lajos</i> : Physikalische Vorgänge im modernen Elektrofilter . . . . .	138
<i>Matousek, Milan</i> : Phasenänderungen der Calciumhydroxysilikate unter der Wirkung von CO <sub>2</sub> . . . . .	149
<i>Doering, K.—Pohle, G.</i> : Gleichmässigkeitsuntersuchungen bei der automatischen Glasgemengebereitung . . . . .	153

## CONTENTS

<i>Beke, Béla</i> : Studies on Fine Grinding . . . . .	121
<i>Szombathy, Zoltán</i> : A New High-Frequency Insulator Ceramic of Low Thermal Dilatation . . . . .	134
<i>Raschovszki, Lajos</i> : Processes in Up-to-Date Electrofilters . . . . .	138
<i>Matousek, Milan</i> : Phase Changes of Calcium Silicate Hydrates under the effect of CO <sub>2</sub> . . . . .	149
<i>Doering, K.—Pohle, G.</i> : Uniformity of Composition in Automatic Glass Batch Preparation . . . . .	155

## A finomőrlés területén végzett kutatások néhány eredménye\*

BEKE BÉLA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

### 1. Az őrlélmélet néhány problémája

#### 1.1. Őrlemények szemcseméreteloszlása

Elméleti vizsgálatainkat az őrlési termék megismerésével, a legfontosabb fizikai jellemzőnek, a szemcseméreteloszlás törvényszerűségének tanulmányozásával kell kezdenünk.

Az őrlés művelete látszólagos egyszerűsége mellett igen sok körülménytől befolyásolva megy végbe. E körülmények részben az őrlött anyagra, részben az aprítóberendezésekre jellemzők. A paraméterek sokasága eleve kilátástalanná teszi általános érvényű, egzakt törvényszerűségek felismerését.

Sok kutató sok vizsgálata mégis azt mutatta, hogy a szemcseméreteloszlás, vagyis a bizonyos szemcseméretnél nagyobb (vagy kisebb) tömeghányad, esetleg felülethányad vagy szemcseszám a gyakorlat részére tűrhető elhanyagolással két állandót tartalmazó függvényekkel leírható.

Mint ismeretes, három ilyen függvény használatos az ipari gyakorlatban.

Az angolszász gyakorlat a *Gaudin—Schuhmann* képletet használja:

$$D(x) = \left(\frac{x}{k}\right)^m \quad (1)$$

\* Az Association Nationale de la Recherche Technique meghívására Trappes-ban (Párizs mellett) 1973. november 27-én tartott előadás magyar szövege.

Európában a legelterjedtebb a *Rosin—Rammler* képlet:

$$R(x) = 1 - D(x) = \exp\left[-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n\right] \quad (2)$$

(mindkettő empirikus eredetű)

Bizonyos egyszerűsítő feltevésekkel elméletileg levezethető (mint ahogy *Kolmogorov* ezt 1941-ben tette) a logaritmikus normális eloszlás:

$$D(x) = \Phi\left[\ln\left(\frac{x}{d}\right)^p\right] \quad (3)$$

Az alkalmazott jelölések:  $D$  az áthullási,  $R$  a maradék hányad,  $x$  a szemcseméret (szitanyílás),  $\Phi$  a *Gauss*-féle hibaintegrál,  $k$ ,  $m$ ,  $x_0$ ,  $n$ ,  $d$  és  $p$  állandók.

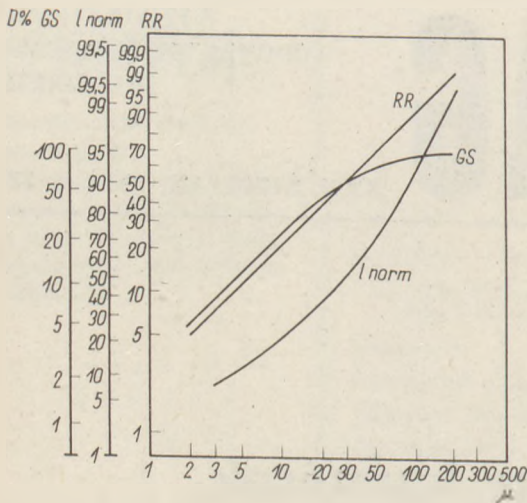
A három összefüggés egyenessel ábrázolható, ha az abszcisszán  $\ln x$ , az ordinátán rendre  $\ln D$ ,  $\ln \ln \frac{1}{1-D}$  (RRB háló), illetve  $\Phi(u)$  beosztást (lognormális háló) alkalmazunk.

A három képlet összehasonlítására egy cement-őrlemény szemcseméreteloszlását az 1. ábrán közös abszcissza- és megfelelő ordinátabeosztás mellett összerajzoltuk.

Az ábra mutatja, és ez összhangban van saját és más kutatók tapasztalatával, hogy a *Rosin—Rammler* eloszlás közelíti legjobban a *tömegeloszlás* tényleges menetét.

E téma részletes analízise messze vezetne, néhány megjegyzés mégis elengedhetetlen.





1. ábra. Cementörlemény szemcseméreteloszlása Rosin—Rammler, Gaudin—Schumann és lognormális diagram hálón

Örlemények finomságának egyetlen számmal való jellemzésére tudvalevőleg a fajlagos felület szolgál, ami az eloszlásfüggvényből kiszámítható (a szemcséket gömbnek feltételezve):

$$S = \frac{6}{\gamma} \int_0^{\infty} \frac{D'(x)}{x} dx \quad (4)$$

amely integrál kiszámítása az (1) képletnél mindig, a (2) képletnél  $n \leq 1$  esetén végtelen értékre vezet. A (3) képlet alapján az integrál kiszámítható, de az eredmény majd egy nagyságrenddel marad el a valóságos (pl. BET módszerrel mért) értéktől. ( $S$  a fajlagos felület  $\text{cm}^2/\text{g}$ ,  $\gamma$  a sűrűség  $\text{g}/\text{cm}^3$ .)

Az (1) képlet a (2) képlet sorbafejtésének első tagja és mint ilyen, annak közelítése. Használhatósága csak a középső szemcseméret-tartományra elfogadható.

A (3) képlet elméleti levezetése a sztochasztikus folyamat homogenitását tételezi fel, ami több okból nem lehet érvényes. Az aprózódási valószínűség a szemcsemérettől nem független, ezenfelül a nagyobb szemek hamarosan elfogynak és felülről a további utánpótlás elakad. Következésképpen, a diagramnak az 1. ábrán is látható felfelé hajlása, vagyis a képlettől való eltérés.

Ennek kiküszöbölésére többen javasolták a fiktív és tranziens osztályozási határral való renormálást és ezzel a valóság jobb közelítését.

Gebelein ezirányú vizsgálatai alapján [1] bemutatta egy renormált lognormális eloszlás átrajzolását RRB hálóra. Kis görbületű vonal adódott, melynek az RR egyenes inflexiók érintője.

A mondottak alapján megállapítjuk, hogy mindhárom képlet lényegében egymás közelítése és az

ábrázolt egyenes dőlését meghatározó  $m$ ,  $n$  és  $p$  azonosnak fogadható el.

Indokolt tehát, hogy — az európai gyakorlattal egyezően — a továbbiakban az RR eloszlással számoljunk. Szükséges ezért ezt kissé analizálni.

A képlet két állandója:  $x_0$  az  $1/e = 0,368$  maradék értékéhez tartozó szemcse nagyság,  $n$  pedig a jelzett torzított ábrázolásban az egyenes dőlése. Egyik sem sokatmondó.

A tömegeloszlás átlaga

$$A = x_0 \frac{1}{n} ! \quad (5)$$

szórása

$$\sigma = x_0 \sqrt{\frac{2}{n} ! - \left(\frac{1}{n} !\right)^2} \quad (6)$$

a  $D'(x)$  gyakorisági függvény maximumhelye, a modulus értéke

$$x_m = x_0 \left(\frac{n-1}{n}\right)^{1/n} \quad (7)$$

amely  $n \leq 1$  esetén nem reális, a gyakorisági görbe ekkor  $x=0$  helyen végtelen értékhez tart.

Nem sokatmondó ezek egyike sem.

Egészen más eredményre jutunk, ha az aprózódási folyamat osztási jellegének megfelelően nemcsak az ábrázolásban, de a számításban is a szemcseméret logaritmusát vesszük figyelembe. Ekkor a logaritmikus átlag

$$A_l = \ln x_0 e^{-C/n} \quad (8)$$

vagy lineáris léptékre visszatérve, a geometriai átlag

$$A_g = x_0 e^{-C/n} \quad (8a)$$

ahol  $C = 0,5772$ , az Euler-féle állandó), a szórás

$$\sigma_l = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \frac{1}{n} = \frac{1,282}{n} \quad (9)$$

ahol diszkrét értékekből való kiszámítás esetén

$$\sigma_l = \sqrt{\sum \ln^2 x \Delta R - (\sum \ln x \Delta R)^2} \quad (9a)$$

és a modulus

$$x_{ml} = x_0 \quad (10)$$

Logaritmikus argumentum mellett tehát a Rosin—Rammler képlet két állandója világos értelmezést nyer:  $x_0$  az eloszlás modulusa,  $n$  pedig a szórás reciproka értékének 1,282-szerese, azaz az aprítás sztochasztikus folyamatának mindkettő fontos statisztikai jellemzője.

Ezzel a Rosin—Rammler képlet az eloszlásnak bizonyos mértékben természetes ábrázolásaként adódik. Ez azonban nem változtat empirikus eredetén és természetén, amire utal például a (7) képletnek a valóságnak ellentmondó határértéke, nemkülönben az a tény, hogy a fajlagos felület (4)

képlet szerinti kiszámítására semmiféle matematikai fogással sem tehető alkalmassá.

Érdeemes még megjegyezni, hogy a (9) és (9a) képlet lehetőséget ad az  $n$  egyenletességi tényező diszkrét értékekből való kiszámítására, ami a diagramról leolvasásnál az egyenestől való eltérések miatt sokszor nehézséget okoz.

### 1.2. Az őrlés kinetikája

Az őrlés időbeli lefolyását az  $R(x, t)$  kétváltozós függvény írja le. Mélyreható elméleti vizsgálatok ismereteseek, de közvetlenül használható képlet nem, ezért megelégszünk az  $R(t)$ ,  $x = \text{konst.}$  függvény felírásával. Aljavidin vonatkozó félempirikus képlete:

$$R = R_0 e^{-ct^n} \quad (11)$$

vagy

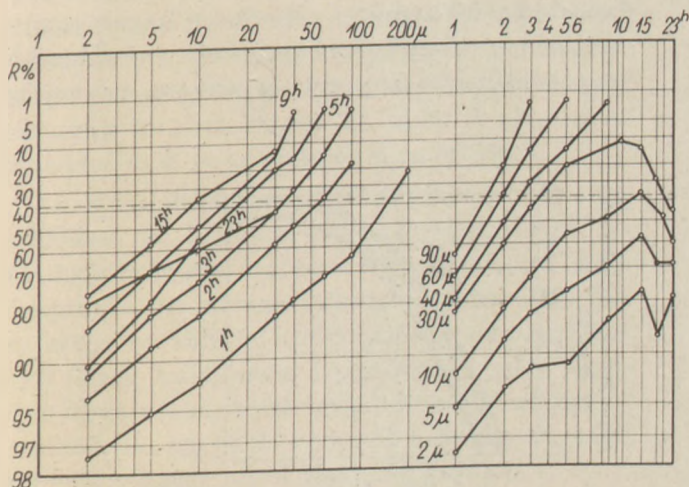
$$\frac{R}{R_0} = e^{-ct^n} \quad (11a)$$

ami alakilag megegyezik a Rosin—Rammler képlettel, vagyis a szitamaradék változása az RRB hálón az idő függvényében is egyenessel ábrázolható. Folyamatos üzemi malmoknál az őrlési idő a beömlővégtől mért távolsággal arányosnak vehető.

A 2. ábrán normálhomok laboratóriumi malomban cilpebsszel végzett őrlésének folyamatát látjuk RRB hálón, baloldalt az  $R(x)$ , jobboldalt az  $R(t)$  vonalakat.

Ezen ábra lehetőséget ad az őrlési folyamat bizonyos jellegzetességeinek felismerésére.

5 óra őrlési időig az  $R(x)$  vonalak egyre meredekebbek, 15 óránál a vonal újra laposabb és 23 óránál, amely a teljes betapadásnak felel meg, nem-



2. ábra. Normálhomok őrlése laboratóriumi malomban. Szitamaradék RR hálón, baloldalt a szitanyílás, jobboldalt az őrlési idő függvényében

csak laposabb, de jobbra, a durva tartomány felé tolódott.

Az  $R(t)$  vonalak az Aljavidin képletnek megfelelően mintegy 15 óra őrlési ideig elfogadható közelítéssel egyenesek, utána a szitamaradék növekedésével durvulás áll elő, fellép az őrlőhatóság határát képező agglomeráció jelensége.

Különböző anyagokkal, különböző őrlőtestekkel végzett laboratóriumi őrlések és nagyszámú üzemi mérés alapján ez a felismerés általánosítható:

Az őrlemény egyenletességi tényezője egy törtnek a függvénye, ahol a számlálóban az őrlési idő ( $t$ ), vagy a változó őrlőtestméretek miatt a becsapódások számított száma ( $N$ ), a nevezőben a malom átmérője ( $D$ ), illetve az őrlőtestek átlagos átmérője ( $d$ ) vagy súlya ( $G$ ) szerepel:

$$n = f\left(\frac{t}{Dd^p}\right) \quad (12)$$

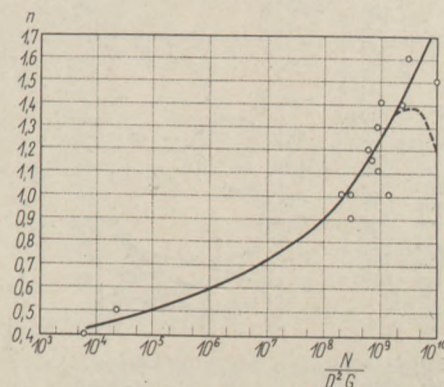
illetve

$$n = f\left(\frac{N}{D^2G}\right) \quad (12a)$$

$p$  értéke 6 körüli. A (12a) képletnek megfelelő görbe menetét egy klinkerfajtára a 3. ábrán látjuk. A görbe lefelé hajlása az agglomeráció felépését jelzi.

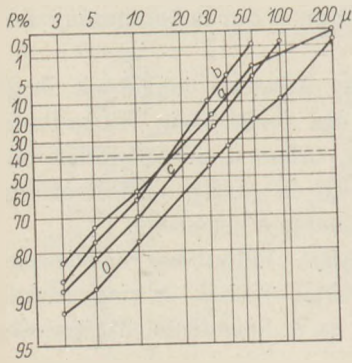
A (12) képletből következik, hogy az őrlőtestméretek változtatásával bizonyos mértékig változtatható az egyenletességi tényező. Ezt illusztrálja a 4. ábra, ahol cementnek laboratóriumi malomban különböző összetételű töltettel és azonos energiaráfordítással végzett utánőrlésekor keletkező szemcseösszetétele látható.

Az őrlés finom fázisát gátló jelenségek két fokozata: a tapadás és az agglomeráció. A kettőt minőségi eltérés különbözteti meg. Tapadás alatt az őrlendő anyagnak a malomfalhoz és az őrlőtestek-



3. ábra. Az egyenletességi tényező változása az őrlőtestek ütésének száma és azok energiája függvényében





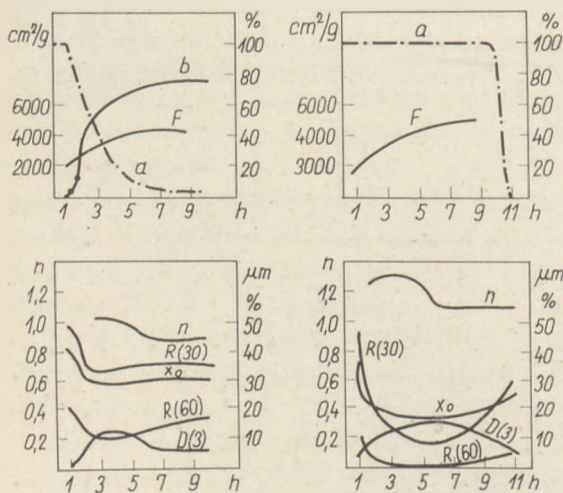
4. ábra. Cement utánörlése 0 kiinduló fázis, a) őrlés 20 mm cilpebsszel, b) 8—12 mm acélgolyókkal, c) 30—35 mm porcelángolyókkal

hez telítetlen kötőerők következtében való hozzá-növését értjük. Csökken a szabadon mozgó hányad és a párnázódás az őrlőhatást lefékezi. A tapadás folyamata felületaktív anyagok adagolásával gátolható.

Agglomeráció alatt a már megőrölt szemcsék egymáshoz tapadását értjük. Agglomerálódott szemcséket a szokásos mérési eljárások, mint szitálás, szedimentálás vagy Blaine felület mérés egyetlen szemcsének mutatják és ezekre felület-aktív anyagok hatástalanok. A tapadás kiküszöbölésével azonban fellépése kisleltethető.

Forgókemencés klinker laboratóriumi őrlése során a jelenségek az 5. ábra szerint mutatkoztak.

Érdeemes még megemlíteni, hogy nagyüzemi malmokon szerzett tapasztalatok szerint a felület-aktív anyag adagolása mindkét malomvégről volt a legeredményesebb. Ez pedig azt jelenti, hogy a



5. ábra. Klinker őrlési folyamata, baloldalt: őrlési segédanyag nélkül, jobboldalt: annak adagolásával a) szabadon mozgó anyaghányad%, b) feltapadt anyaghányad%, F Blaine felület  $\text{cm}^2/\text{g}$ , n egyenetlenségi tényező,  $x_0$  jellemző szemcseméret, R(60) szitamaradék  $> 60 \mu$ , R(90) szitamaradék  $> 90 \mu$ , D(3) áthullás  $< 3 \mu$ .

felületaktív anyag az őrlés durva fokozatában, a nagyobb szemcsékre is hatásos.

Az agglomeráció jellemzésére Papadakis adott figyelemreméltó képletet [2]:

$$A = 1 - \frac{1}{e^b D d^m} \quad (13)$$

ahol  $A$  a Rittinger-féle energiaarányos felületből az agglomeráció folytán hiányzó hányad tényezője,  $b$  és  $m$  állandók.

A (12) és (13) képlet jellege azonos. Ezek alapján megállapítható, hogy:

- az egyenetlenségi tényező csökkenésének (a szórási növekedésének) kezdete egybeesik az agglomeráció fellépésével; ha az egyenetlenségi tényező csökkenni kezd, elértük az őrlőhatóság határát, további energiaráfordítás haszontalan,
- nagyobb malomátmérő és nagyobb őrlőtest-átmérő, vagyis az őrlőtestek nagyobb egyedi energiája az agglomerációt előmozdítja.

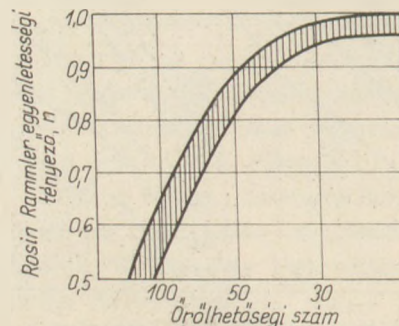
Képezzük a (11) képlet deriváltját, ezzel megkapjuk az őrlési sebességet, azt a hányadot, amely az időegységben az előírt szemcseméret alá őrlődik:

$$\frac{dR}{dt} = -cnt^{n-1}R \quad (14)$$

amiből látható, hogy az őrlési sebesség  $n = 1$  esetében állandó, ha  $n > 1$ , a folyamat előrehaladásával növekszik, ha  $n < 1$ , csökken.

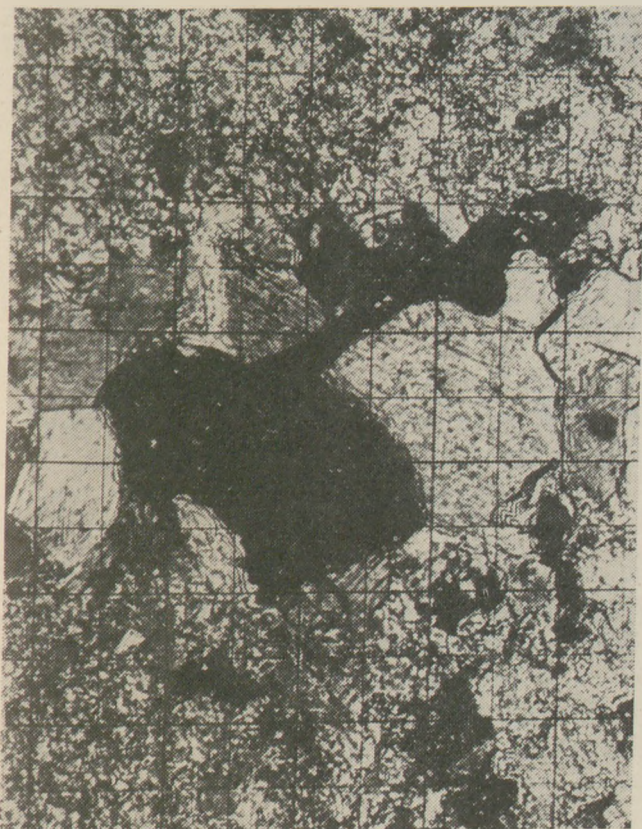
Ha megfigyeljük a kézikönyvekben az egyes anyagokra megadott összehasonlító egyenetlenségi tényező értékeket, megállapíthatjuk, hogy nagyobb egyenetlenségi tényezőt a nehezebben őrlődő anyagoknál találunk.

Kis egyenetlenségi tényezőjű, rendszerint lágy vagy kevésbé rideg, erősen eltérő méretű, vagy egymás mellett könnyen elmozduló kristályokból felépített anyagok tehát könnyen őrlőhatók, de az őrlőhatóság fokozatosan nehezebb és hamar agglomerálódnak. Nagy egyenetlenségi tényező ridegebb vagy keményebb anyagra, egyenetlen, egymásba



6. ábra. Hardgrove őrlési index és egyenetlenségi tényező összefüggése ausztráliai szenekre Callcott szerint





7. ábra. Mészkeő csiszolatának mikrofelvétele



8. ábra. Alitos klinker csiszolatának mikrofelvétele

fonódó kristályszerkezetre, rosszabb, de a hosszabb őrlési időt jobban tűrő, agglomerációra kevésbé hajló őrlhetőségre utal.

A következő ábrák a mondottakat megvilágítják.

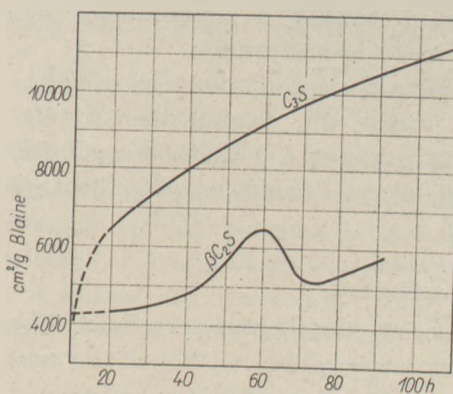
Az őrlhetőség (*Hardgrove* szám) és az egyenletességi tényező kapcsolatát ausztráliai szenekre *Callcott* is tapasztalta [3] (6. ábra).

A 7. és 8. ábrán mészkeő és klinker csiszolatának mikrofelvételét látjuk.

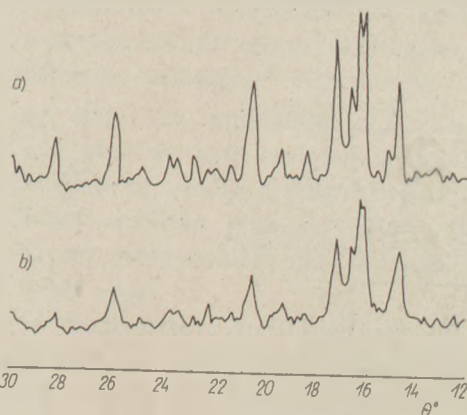
A 9. ábrán  $C_3S$  és  $\beta C_2S$  laboratóriumi őrlésének lefutása van feltüntetve. A hosszú tartamú őrlést trietanolamin időszakos adagolása tette lehetővé. Ehhez megjegyzendő, hogy  $C_3S$  egyenletességi tényezője kb. 1,2,  $\beta C_2S$ -é kb. 0,85. A túl nagyra növelt szemcsék természetesen újra őrlődnek.

Az egyenletességi tényező növekedésének megfordulása az agglomeráció következménye. Az anyagok ridegsége bizonyos szemcseméreték alatt megszűnik, az anyag mikroplasztikus állapotba kerül és a további őrlőtestbehatásokra a plasztikus izzó fémek kalapálásos hegedésével analóg folyamat megy végbe, a már megőrölt szemcsék agglomerálódnak, nagyobb szemcsék keletkeznek, ezzel a szemszerkezeti vonal kisebb dőlésű lesz.

A különlegesen nagy finomság, az agglomerálódás, az anyagszerkezetet is megváltoztatja,



9. ábra.  $C_3S$  és  $\beta C_2S$  laboratóriumi őrlése



10. ábra. Klinkerőrlemény röntgendiffrakciós felvétele  
a) 1 órai őrlés,  $1800 \text{ cm}^2/\text{g}$ , b) 90 órai őrlés,  $10\,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ .



amorfosodás áll elő, amely folyamat röntgen-diagrammon követhető (10. ábra).

A korszerű gyártástechnológia által sok esetben megkövetelt nagy őrlési finomságok elérésére, vagyis az agglomeráció elkerülésére az eddigiek szerint a következő lehetőségek vannak

- kis malomátmérő,
- az eltéréshez szükséges minimumnál nem nagyobb őrlőtestek,
- rövid őrlési idő,
- felületaktív anyagok adagolása.

Az *a)* alatti megoldás kizárja a nagy őrlési teljesítményeket.

A *b)* alatti alkalmazásának a szokásos malomszerkezetek szabnak határt: a kiömlési rések szélessége 12–14 mm-nél nem lehet kisebb, ugyanakkor például 0,03 mm méretű őrléményszemcsékhez *Bombed* képlete szerint [4] 5 mm-es őrlőtestek felelnek meg.

E tekintetben újszerű megoldást jelent a legutóbbi években a *Smidth* cég által propagált „minipebs” malomszerkezet [5].

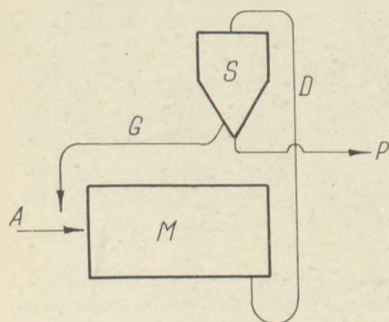
A *c)* alatti megoldás, vagyis a rövid őrlési idő természetszerűleg csak durva őrléményt adhat, ha azonban körfolyamatos rendszerben a nagyobb szemcséket tovább őrljük, a nagyüzemben ma legelterjedtebb megoldáshoz jutunk.

A *d)* alatti eljárás általános bevezetését a felületaktív anyagok magas ára, nemkülönben a velejáró, környezetet szennyező porképződés gátolja, így ez csak különleges őrlémények előállításánál terjedt el.

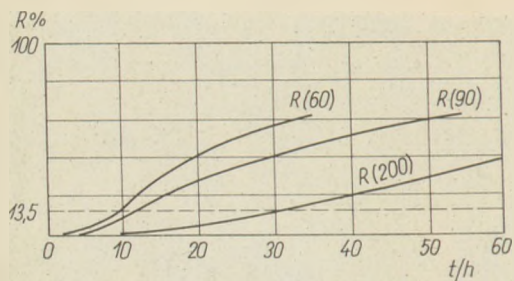
### 1.3. A körfolyamatos őrlés

A 11. ábra szerinti körfolyamatos rendszer főbb összefüggéseinek megismerése céljából először nézzük meg, hogyan változik az őrlési finomság a malom átmenő terhelésével.

A *Rittinger*-féle energiaképlet és a *Rosin*—



11. ábra. Körfolyamatos rendszer vázlat: *M* malom, *S* osztályozó, *A*, *D*, *G*, *P* anyagfolyamok *t/h*-ban



12. ábra. Szitamaradék változása az átmenő terhelés függvényében

*Rammler* szemcseméreteloszlási képlet alapulvételel ez így alakul:

$$R = \exp \left[ - \left( \frac{ch}{P} \right)^n \right] \quad (15)$$

ahol *h* a szitanyitás, *P* a *t*/órában mért malomteljesítmény, *n* az egyenletességi tényező, *c* a *Rittinger* képletből eredő állandó, dimenziója *t*/ó,  $\mu$ . A függvény menetét a 12. ábra mutatja.

Ha első közelítésben tökéletes leválasztást tételezünk fel, a *h* mikronnál kisebb, készreőrölt hányad mennyisége  $P^- = P(1 - R)$ .

A 11. ábrára tekintve láthatjuk, hogy ezzel azonos az átmenőterhelés és a malomkihozatal összefüggése is:

$$A = P = D \left\{ 1 - \exp \left[ - \left( \frac{ch}{D} \right)^n \right] \right\} \quad (16)$$

ahol  $A = P$  a feladás, illetve kihozatal, *D* a malom és osztályozó átmenő terhelése, *t*/ó-ban, *h* a tökéletesnek feltételezett leválasztási határ  $\mu$ -ban, *c* a rendszer állandója.

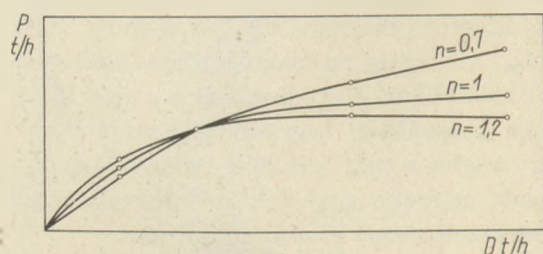
A (16) képlet elemzése azt mutatja, hogy a függvény menetét az *n* egyenletességi tényező határozza meg (13. ábra).

Ha  $n > 1$ , a görbének meredek szakasz után lapos maximuma van,

ha  $n = 1$ , határértékhez tart, és

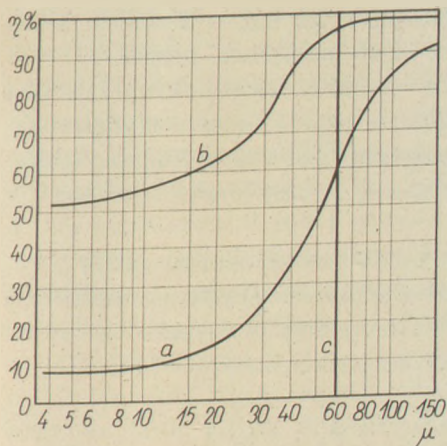
ha  $n < 1$ , monoton növekszik.

A körfolyamat kedvező alakulása szempontjából tehát *n* kis értéke, és a malom terhelhetősége kívánatos.



13. ábra. Finomtermék leválasztása az átmenő terhelés függvényében, tökéletes leválasztást feltételezve





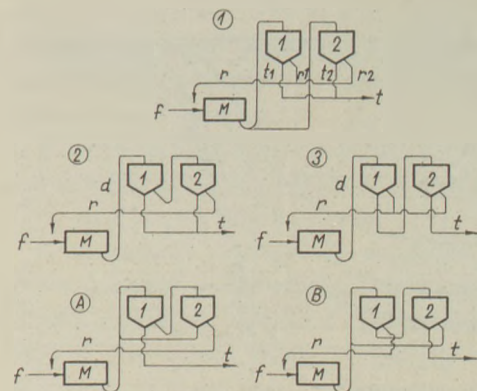
14. ábra. Szélesztályozó Tromp-görbéje durvább (a) és finomabb (b) őrlésre beállítva, c ideális folyamat

(Nem csoda, ha a cementiparban a nyersőrlésnél, ahol  $n$  értéke 0,7 körüli, a körfolyamatos őrlés évekkal a cementőrlés előtt nyert tért.)

Valóságos berendezéseink természetesen nem választanak le élesen a feltételezett  $h$  határszemcsénél, az osztályozók tényleges működését a Tromp-féle leválasztási görbék jellemzik, ahol a szemcseméret függvényében a durva frakcióba jutás valószínűségét ábrázolják.

Egy jól bevált szélesztályozó leválasztási görbéit a 14. ábrán látjuk, a jelzéssel kisebb, b jelzéssel nagyobb átmenő terhelésnél, c jelzéssel az ideális folyamat. Az osztályozó terhelésének növekedésével a leválasztás élessége romlik.

Szokásos az osztályozó karakterisztikájának határszemcséjéről beszélni, amely az 50%-os ordinátához tartozó, vagyis egyenlő valószínűség-



16. ábra. Két osztályozó kapcsolási lehetőségei

gel a durva vagy finom osztályba kerülő szemcse mérete. Az ábrára rátekintve látszik, hogy a  $b$  görbe így nem értelmezhető. Helyesnek látszik fiktív határszemcsének az inflexiós pont abszcisszáját tekinteni. Osztályozott őrlemény természetesen már nem követheti a RR eloszlást, minél élesebb a leválasztás, az eltérés annál nagyobb. Egy  $R(90)=30\%$ ,  $n=1$  értékkel megadott cement-őrlemény osztályozott frakciói a 15. ábrán láthatók. Jelzések a 14. ábrával azonosak.

A körfolyamatos rendszer legfőbb jellemzője az  $U = D/P$  körbejárási tényező. Könnyen levezethető, hogy bármely szemcseméretfrakcióra

$$U = \frac{g-p}{g-d} \quad (17)$$

ahol a kis betűk a megfelelő anyagfolyam tetszőleges szitán mért maradékait jelentik,  $U$  természetesen minden frakcióra azonos értékű és ez a mérés hibák korrigálását teszi lehetővé.

A leválasztási hatások, a Tromp görbe ordinátája bármely szemcseköze az

$$\eta = \frac{U-1}{U} \frac{\Delta g}{\Delta d} \quad (18)$$

képlettel kiszámítható.

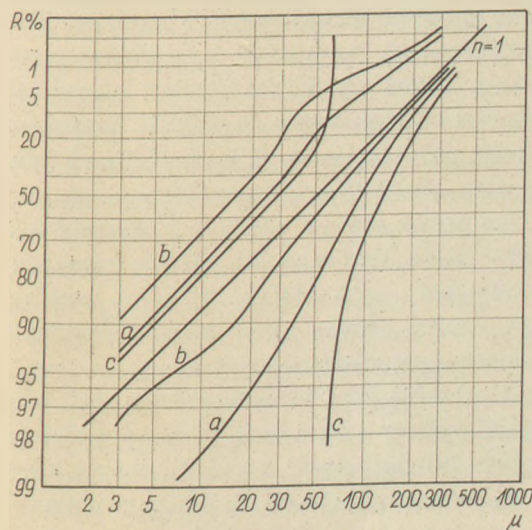
E számítások egyszerűek, de hosszadalmasak. Korszerűen, számítógépre alkalmazhatóan a mátrixalgebra segítségével végezhető.

Az osztályozó működését a  $Q$  diagonálmátrix írja le, ahol az egyes oszlopok a szemcsenagysághoz tartozó frakciókat képviselik, a diagonálisban levő elemek a finom osztályba jutás  $(1-\eta)=q$  valószínűségét (a Tromp görbe felülről mért ordinátáját) jelentik, a többi elem 0.

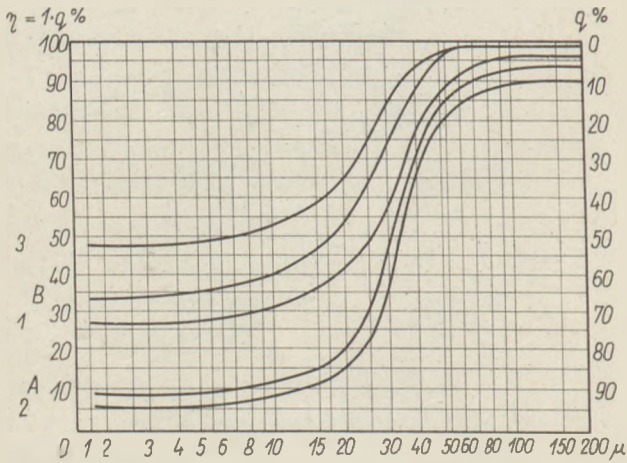
Az osztályozásra kerülő termék  $\Delta d$  frakcióösszetételét a  $d$  oszlopvektor reprezentálja.

A leválasztott  $P$  finomfrakciót a  $p$  oszlopvektor írja le, ahol

$$p = Qd \quad (19)$$



15. ábra.  $n=1$   $R(90)=30\%$  által jellemzett őrlemény osztályozási termékei a 14. ábra szerinti leválasztással



17. ábra. A 16. ábrához tartozó Tromp-görbék

Nagy teljesítményű malmok többnyire két, párhuzamosan kapcsolt osztályozóval vannak ellátva. (16/1. ábra). A szokásos leválasztási karakterisztikájú osztályozók a malom teljesítményét lerontva túl sok finomat terelnek vissza a malomba. Ezen soros kapcsolással az egyik osztályozó durva frakciójának a másikkra vezetésével lehet segíteni. (16/2. ábra). Másrészt szigorú finomsági előírások esetén az első osztályozó finom frakciója kerülhet további osztályozásra (16/3. ábra). Végül arra is van lehetőség, hogy a második osztályozó finom, illetve durva frakcióját az első osztályozóba vezessük vissza (16A, ill. 16B. ábra). E kapcsolások a (19) képlet ismételt alkalmazásával számításal követhetők és eredményképpen a Tromp görbét módosítják. A 14. ábra b. vonala szerinti Tromp görbe, két azonos karakterisztikájú osztályozóval számolva, a 17. ábra szerinti Tromp görbékét eredményezi.

#### 1.4. Az aprítás energetikája

A ma már klasszikusnak számító Rittinger, Kick és Bond-féle elméletek, illetve képletek közös hibája, hogy a szemcsehalmazt egyetlen mérettel jellemzik (pl. az  $x_{80}$ —80%-os áthulláshoz tartozó szemcsemérettel) és az eloszlás másik, mint láttuk uralkodó befolyású paraméterét, a szórás (pl. RR egyenletességi tényezőt) nem veszik figyelembe.

További lépést jelentett e tekintetben az érdekes módon egyetlen évben, 1957-ben több szerző által is (Charles, Holmes, Svensson-Murkes) megadott alábbi alakú képlet:

$$E = c \left( \frac{1}{x_2^{n_2}} - \frac{1}{x_1^{n_1}} \right) \quad (20)$$

ahol  $E$  az energiaigény,  $x_1$  a feladás,  $x_2$  a termék valamely átlagos szemcsemérete,  $n_1$  és  $n_2$  a megfelelő egyenletességi tényezők és  $c$  állandó. Ha

$n_1 = n_2 = 1$ , a Rittinger, ha 0,5, a Bond és ha 0, határértékben a Kick képlethez jutunk.

Ha figyelembe vesszük  $n$  értékének a (12) képlet és 3. ábra szerinti változását, számos elvégzett kísérlet alapján megállapítható volt, hogy ha agglomeráció esetén  $n_2 < n_1$ , a (20) képlet  $E$ -re negatív értéket adhat.

A (20) képlet tehát módosításra szorul és a különböző statisztikai jellemzők gondos mérlegelésével a következő, ellentmondásra nem vezető természetesen ugyancsak empirikus képlet adódott:

$$E = c \left( \frac{v_2}{x_2} - \frac{v_1}{x_1} \right) \quad (21)$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{n}! - 2 \left( \frac{1}{n}! \right) + 1} \quad (21a)$$

ahol  $v$  az eloszlás variációs tényezője, a szórás és átlag viszonyozsáma,  $n$  a RR eloszlás egyenletességi tényezője.

Meg kell még jegyezni, hogy a finomörlés agglomerációmentes szakaszában a Rittinger-képlet általában jól használható, de nem szabad elfelejteni, hogy a számított érték nem a tulajdonképpeni aprításnak, hanem inkább az aprítás energiavesztéseinek nagysága. Elfogadhatónak tűnik, hogy az aprítás hővé alakuló súrlódási munkájára a jelenlevő őrlményfelület mértékadó.

Az is figyelemre méltó, hogy a Rosin—Rammler-féle (2) és az Aljavidin-féle (11) bevált empirikus képletnek a Rittinger-képlet matematikai következménye.

A gyakorlat részére Joisel is a Rittinger-képlet használatát javasolja [6]. (21) képletünk egyébként ugyancsak a Rittinger-féle egyszerűsödik, ha  $n_1 = n_2$ .

A Rittinger-féle elv szerint az aprítási művelet eredménye az új felület. Smekal [7], aki az aprítás energetikai kérdéseivel tudományos módszerekkel először foglalkozott, az aprítás energetikai eredményének a feltárt új felület felületi energiáját tekintette és ezzel bevezette az aprítás hatásfokának fogalmát. Miután pedig pl. kvarc fajlagos felületi energiája elméletileg meghatározva kb.  $10^3$  erg/cm<sup>2</sup>, az üzemi malom pedig 1 t anyagot kb. 7000 cm<sup>2</sup>/g BET felületre 30 kWó/t energiafogyasztással öröl, a hatásfok 0,7%-ra adódik. Bár Smekal ezen állítása általánosan elfogadottá vált, bírálata helyénvalónak tűnik.

Energiaátalakító gép hatásfokát egy tört adja meg, számlálójában a hasznosított  $w$ , nevezőjében a bevezetett  $W$  energiával,  $\eta = w/W$ . A nem hasznosított energia hővé alakul ( $h$ ) és így a hatásfok

$$\eta = \frac{W - h}{W} \quad (22)$$



Ha tehát az aprítás hatásfoka valóban tized százalék értékű, a mérési hibahatáron belül a bevezetett energiát teljes egészében hő alakjában kell megtalálnunk. Saját üzemi vizsgálatok és irodalmi adatok egyaránt igazolják ennek az ellenkezőjét, a hőmérlegben mintegy 5–20% hiány mutatkozik, a (22) képlet szerint tehát ennyi a hatásfok.

Érdeemes idézni Schellinger [8] laboratóriumi kísérletét. A malmot kaloriméterbe helyezve, és a malmot csupán őrlőtestekkel töltve megkapta a 100% hőenergiát, de ha anyagot őrlött, mutatkozott a 10–20% hiány. Ebből pedig az következik, hogy az őrlött anyag energiataralma a felületi energiát nagyságrendekkel meghaladó más energiával is megnő.

Közelebbi vizsgálatok azt mutatják, hogy ez túlnyomórészt a rácsenergia változása. Erre utalnak a már említett struktúraváltozások is (10. ábra).

Érdekesnek látszik megemlíteni, hogy a Smekal-féle felfogás, vagyis a felületi energia kizárólagos figyelembe vétele egy esztergapadnál, amely ugyancsak mechanikai energia felhasználásával új felületeket állít elő, az aprítás hatásfokánál négy nagyságrenddel ad rosszabb értéket. Egy brikettprésnél pedig, amely szabad felületeket megszüntet, a hatásfok negatív számként adódik. Egy textilipari gépnél végül semmiféle hatásfokszámítás nem értelmezhető.

Következtetésünk: az aprítási művelet hatásfokának számítása a felületi energia alapján félrevezető, és magának a hatásfok fogalmának bevezetése sem jár gyakorlati eredménnyel.

## 2. A cementőrlés elvi kérdései

### 2.1. Az előnyös szemcseméretösszetétel

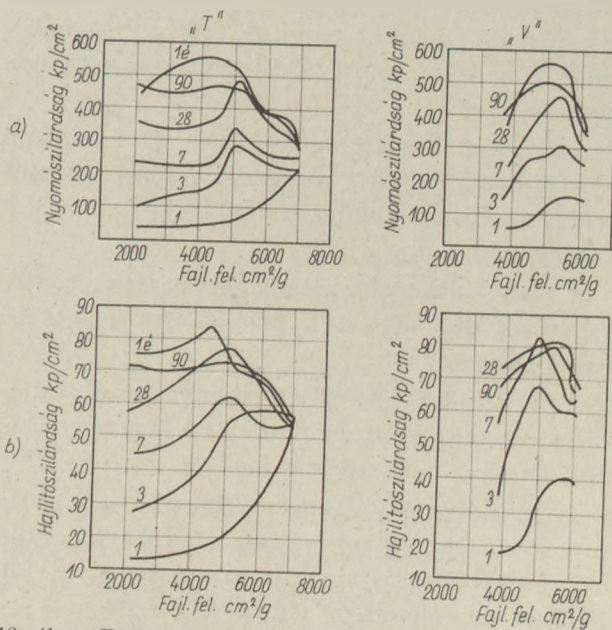
A cementek szilárdságával és szilárdulási folyamatával szemben támasztott egyre fokozódó követelmények az őrlési művelet elmélyült elemzését kívánják. A cementek szilárdságát és szilárdulási ütemét azonos kémiai-ásványtani összetétel mellett a szemcseméreteloszlás szabja meg. Sok kutató sok kísérlete tanúsítja, hogy az optimális szemcseméreteloszlásra az őrlési folyamatok sokfélesége miatt egyértelmű előírást aligha lehet adni. Saját kísérletek, elméleti megfontolások és bőséges irodalmi anyag tanulmányozása alapján egyértelműnek látszik, hogy sem az igen apró szemcsék, amelyek igen gyorsan, már a bedolgozás alatt, vagy előtt hidratizálódnak, amellet klinkerásványokban szegények, sem a durvább, csak a felületükön és nem tömegükben hidratizálódó szemcsék túlzott jelenléte nem lehet kívánatos. Épp ezért

a közepes, mintegy 3 és 30  $\mu$  közötti frakcióhányad maximumára kell törekedni, ahol a mérethatároknak túlzott jelentőséget tulajdonítanunk természetesen nem szabad.

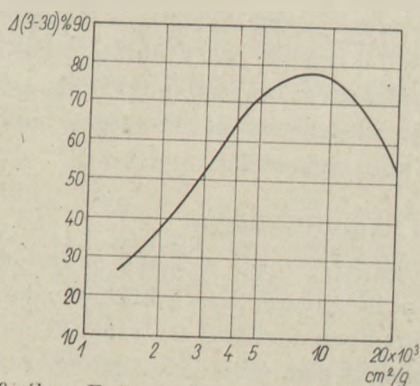
Vizsgálataink szerint a legnagyobb szilárdságú cementekre a 3–30  $\mu$  frakció nagyságát legalább 70%-ban látjuk előírásnak.

A hidratáció a szemcsék felületén indul meg, gyors kezdeti szilárduláshoz ezért nagy fajlagos felület szükséges. A felület túlnyomó részét a legapróbb, mondjuk 0–3  $\mu$  frakció szolgáltatja. A következőkben ezért e frakció mennyiségének alakulását is figyelembe fogjuk venni.

Hangsúlyozni kell, hogy elterjedt nézetekkel ellentétben a cement végszilárdságát nem a fajlagos felület befolyásolja. Ezt igazolja, hogy a fajlagos felületet bizonyos határon, mintegy 5000  $\text{cm}^2/\text{g}$  Blaine értéken túl növelve a 28 napos szilárdság már visszaesik. A 18. ábra intézetünk két cement-

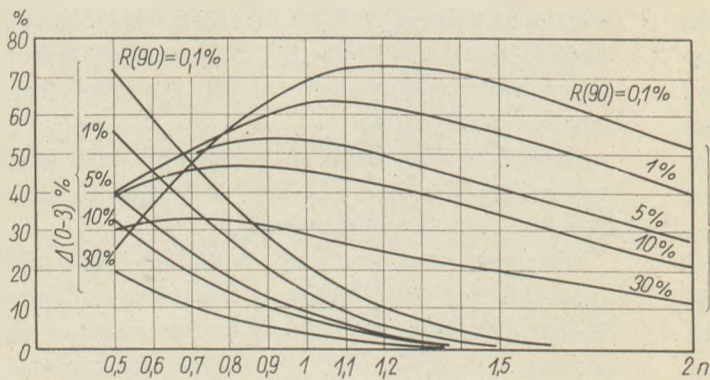


18. ábra. Fajlagos felület és szilárdság összetartozó értékei, saját kísérletek két különféle cementtel a) nyomás, b) hajlítás



19. ábra. Fajlagos felület és a 3–30  $\mu$ -os frakció összetartozó értékei, Anselm képlete szerint számítva,  $n = 1,2$





20. ábra. A 3—30 és 0—3  $\mu$ -os frakció nagysága az egyenletességi tényező függvényében

fajtaival végzett vizsgálatainak eredményét mutatja. Kísérleteiben Venuat is hasonló eredményekre jutott [6].

Hasonló mértékben esik vissza a 3—30  $\mu$  frakció mennyisége is a fajlagos felületnek pl. az Anselm-féle közelítő képlettel számított értéke függvényében (19. ábra). A 18. és 19. ábrák menete feltűnően hasonló.

A cement kezdeti szilárdulásának mértékéül ezért a 0—3  $\mu$  frakciót, a végszilárdság és a cement értéke mérőszámának pedig a 3—30  $\mu$  frakciót kívánjuk tekinteni.

A Rosin—Rammler eloszlás érvényességét elfogadva az alábbiakban látjuk az erre vonatkozó összefüggéseket:

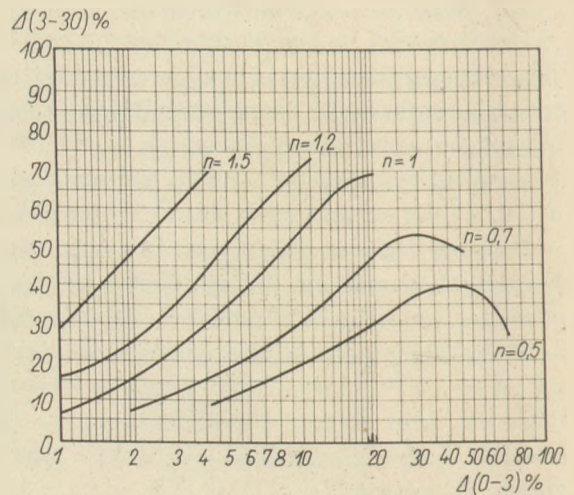
A 20. ábrán a két frakció mennyiségének változását az  $n$  egyenletességi tényező függvényében, különböző szitamaradékok mellett.

A 21. ábrán, ami még szemléletesebb, a 3—30  $\mu$  frakció mennyiségének változását a 0—3  $\mu$  frakció (vagyis a fajlagos felület) függvényében, különböző egyenletességi tényezők mellett.

Világosan kitűnik, hogy azonos fajlagos felület mellett a nagyobb egyenletességi tényezőjű cement az értékesebb. Másként fogalmazva: nagy egyenletességi tényező esetén kis fajlagos felülettel is kiváló minőségű a cement. A 21. ábrán látható, hogy nagy egyenletességi tényező, vagyis kis szórás esetén nagy felület nem is lehetséges, mert hiányoznak az apró szemcsék.

## 2.2. Cementőrlés nyílt folyamatban

A 20. ábrán látható, hogy a 3—30  $\mu$  frakció 70%-os értéke nyílt folyamatban a közhasználatú nagyüzemi malmokban tartható 3—10% 90  $\mu$ -os szitamaradék mellett nem érhető el. Agglomeráció elkerülése, vele az őrlési finomság fokozása és az egyenletességi tényező növelése csak olyan kis-



21. ábra. A 3—30  $\mu$ -os frakció nagysága a 0—3  $\mu$ -os frakció függvényében

méretű őrlőtestekkel lehetséges, amelyek alkalmazását az elterjedt, 12—14 mm kamrafalnyílások nem teszik lehetővé.

A már említett „minipebs” malom különleges kamravégfallyal 4—8 mm méretű őrlőtestekkel dolgozik. Módunkban volt egy „minipebs” cementet vizsgálni, ahol  $R(90)=0,2\%$ ,  $n=1,28$  és 75,7% 3—30  $\mu$ -os frakciót állapítottunk meg.

Felületaktív adalékok, mint már szó volt róla, lehetővé teszik az agglomeráció képlettetésével a nagyobb őrlési finomságot és az egyenletességi tényező növelését (5. ábra).

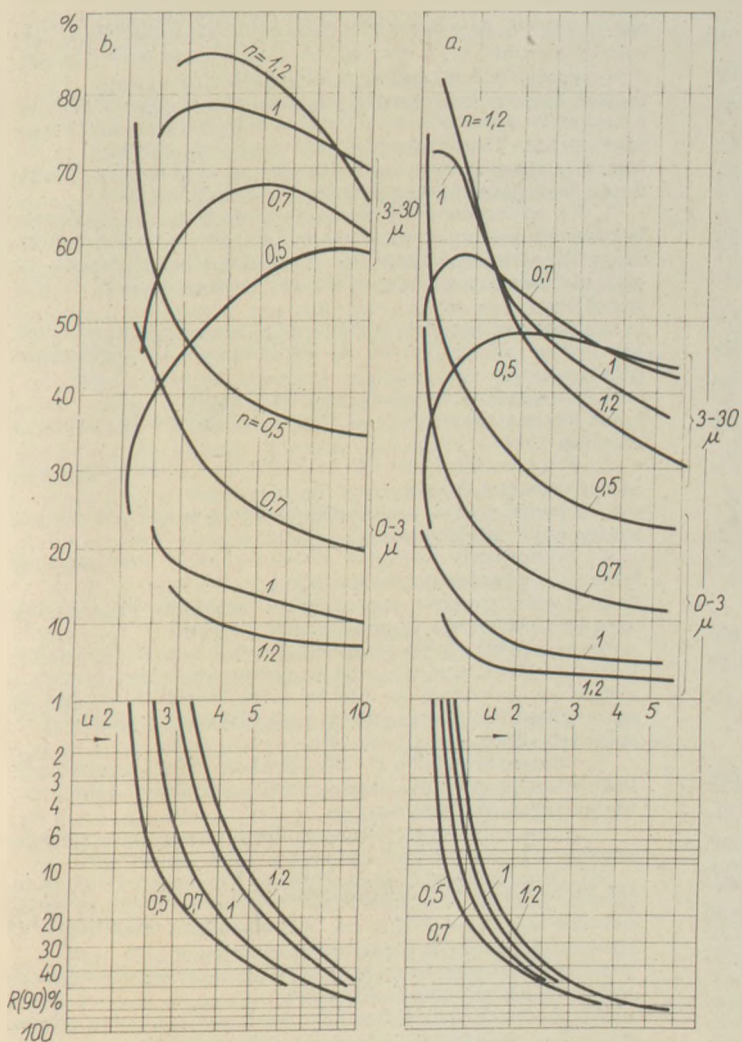
## 2.3. Cementőrlés körfolyamatban

A körfolyamatos őrlés lényege: a malomban durva őrléssel (pl.  $R(90)=30\%$ ) az agglomerációs tartományon kívül maradvány a finom őrleményt osztályozással kinyerni.

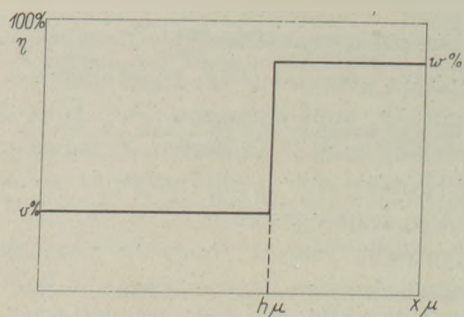
Őrlemények osztályozása azok szemcsészeti szórását csökkenti, a számított egyenletességi tényezőt növeli. Így pl. a 15. ábra szerint,  $n=1$ ,  $R(90)=30\%$  által megadott őrleménynek a  $b$  jelű Tromp görbe szerinti leválasztása  $n=1,1$  értékre vezet, a durva őrlemény 29%-os értékes frakciója 69%-ra növekszik. Ugyanez az  $a$  görbe szerint csak  $n=1,04$  és a 3—30  $\mu$  frakció 51%. A finom frakcióknak az energiafogyasztást némileg növelő körbejárata tehát a cementminőséget jelentősen javította.

A viszonyokat összefoglalóan szemlélteti a 22. ábra, amely a 14. ábra  $a$  és  $b$  görbéje szerinti leválasztás esetére mutatja be az  $U$  körbejárati számot, majd annak függvényében a 0—3 és 3—30  $\mu$  frakciók nagyságát.

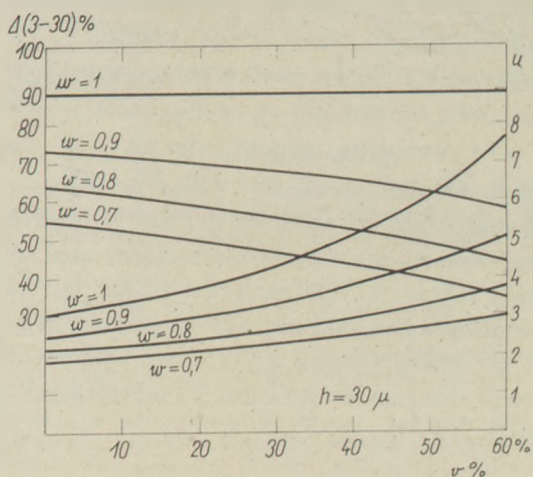




22. ábra. A körbejárás szám, a 0—3 és 3—30 μ-os frakció nagysága a 90 μ-os maradék függvényében, a 16. ábra a és b vonala szerinti leválasztásnál



23. ábra. A Tromp-görbe közelítése egyenes szakaszokkal



24. ábra. A 3—30 μ-os frakció és az U körbejárás szám a 23. ábra szerint  $h = 30 \mu$  felvételével

Látható, hogy a körfolyamatos őrlés az üzemi viszonyok széles tartományban való beállíthatóságát teszi lehetővé, a nyílt folyamattal összehasonlítva sokkal jobb lehetőséget biztosít a kedvező szemcseméreteloszlásra. De helytelen kezelés mellett igen káros üzemi körülmények is kialakulhatnak, vagyis az jobban kiképzett kezelőszemélyzetet kíván.

A körfolyamatos őrlés eredményességét túlnyomóan befolyásoló Tromp-görbék kívánatos menetének tanulmányozására célszerű azt egyenes szakaszokkal szimulálni. A 23. ábrán  $h$ -val jelöltük a fiktív leválasztási határt,  $v$ -vel a finom,  $w$ -vel a durva oldali leválasztási arányt.  $h$  különböző felvétele mellett érthető módon  $h = 30 \mu$  mellett kapjuk az optimális viszonyokat, ami a 24. ábrán van bemutatva. A jobbra emelkedő vonalak az  $U$  körbejárás számot, a jobbra süllyedők a 3—30 μ-os frakciók nagyságát jelzik,  $v$  függvényében és  $w$  paraméterrel.

Eszerint cementőrlésnél a Tromp-görbével kapcsolatos követelmények a következők:

- a cementminőséget meghatározó, 3—30 μ frakció tekintetében a Tromp-görbe jobb oldali szakasza gyakorolja a legnagyobb befolyást. Kívánatos, hogy  $w$  a 100%-ot közelítse,
- kis körbejárás szám tekintetében a bal oldali szakasz a mértékadó,  $v$  legyen minél kisebb,
- a  $h$  határszemcseméret, vagyis a Tromp görbe inflexió pontja legyen 30 μ közelében.

Az  $a$  alatti követelmény teljesítése elengedhetetlen,  $b$  tekintetében engedelmények tehetők és ez az osztályozókészülékek konstruktőrje részére jelentős könnyebbség.

Végezetül még megjegyzendő, hogy felületaktív adalékok nemcsak a finomabb őrlést, de az élesebb leválasztást is előmozdítják.



## 2.4. Néhány szó a nyersőrlésről

A nyersőrlés granulometriai követelményei kevésbé szigorúak, mint a cementőrlésé. Főleg kristályos nyersanyagnál és elsősorban kvarc szennyezésnél a mintegy 200  $\mu$ -nál nagyobb szemcsék kiküszöbölése szükséges.

Ha figyelembe vesszük, hogy a nyerslisztek szemcseméret-eloszlása nagy szórású, az egyenletességi tényező 0,7 körüli, akkor a nyílt folyamatban szokásos 12—15% 90  $\mu$ -os szitamaradék mellett az 200  $\mu$ -os maradék 2,4—3,6%, ami kvarcos vagy kemény kristályos nyersanyagnál túl nagy. Ilyenkor már kívánatos a zárt folyamatra való átterés.

Zárt folyamatban a 30—40%-os 90  $\mu$ -os maradék 200  $\mu$ -ra 12—21%-ot ad és ezt kell megfelelő karakterisztikájú osztályozóra vezetni.

A 14. ábra *b* vonala szerinti leválasztással átszámítva, 40%-ra őrlésnél az osztályozott nyersliszt 200  $\mu$ -os maradéka még mindig kb. 5%, vagyis túl sok, bár a 90  $\mu$ -os maradék kb. 12%.

Levonható a következtetés, hogy nyersőrlésnél a nagy szórású szemcseméreteloszlásra való tekintettel nagyobb határszemcsénél élesen leválasztó osztályozóra van szükség. Ez jól megoldható például két osztályozónak a korábban említett soros kapcsolásával is. Ez a megoldás mészőrlésnél szokásos.

ság a modulus, az  $n$  egyenletességi tényező a szórás reciprok értékének  $\pi/\sqrt{6}$ -szorososa. Ez utóbbi az őrlési folyamat kiemelkedő fontosságú jellemzője.

2. A finomőrlés fokozásának határát az agglomeráció, a megőrlött szemcsék újra összenövése képezi. Agglomerációmentes fázisban az eloszlás szórása csökken — az egyenletességi tényező növekszik, az agglomeráció kezdetét az egyenletességi tényező csökkenése jelzi.

3. Az egyenletességi tényező változását az őrlőtest-behatások száma és azok egyedi energiája befolyásolja. Nagyobb malomátmérő és nagyobb őrlőtestméret az egyenletességi tényezőt csökkenti, az agglomerációt előmozdítja.

4. Lágú anyagok egyenletességi tényezője kicsi, ezek kezdetben jól őrlhetők, de hajlamosak az agglomerációra.

5. A nagyfinomságú őrlés lehetőségei:

a) kis malomátmérő — csak kis malomteljesítményt tesz lehetővé

b) a finom fázisban kis őrlőtestek — különleges malomszerkezetet kíván

c) kis őrlési idő — a keletkező durva termék körfolyamatos továbbőrlésével

d) felületaktív anyagok alkalmazása — gazdasági és környezetvédelmi nehézségekkel.

6. A körfolyamat mennyiségi viszonyainak alakulására kedvező a kis egyenletességi tényező.

7. Az aprítás folyamata alatt a felületi energia növekedése mellett a rácsenergia nagyságrendekkel nagyobb változása is növeli az anyag energiataralmát, így az aprítási művelet energetikai hatásfokának valóságos értéke 10—20%.

8. Cementőrlésnél a 3—30  $\mu$  frakció minél nagyobb értékére kell törekedni. Legnagyobb szilárdságú cementeknél ez legalább 70% legyen.

9. Azonok fajtájú felület mellett a nagyobb egyenletességi tényezővel bíró cement a jobb minőségű.

10. Cementőrlésnél az osztályozó Tromp-gömbjének inflexiós pontja 30  $\mu$  közelében legyen és a durva oldali leválasztás közel 100%-os. Ez általában csak nagy finomoldali körbejárással oldható meg.

11. Nyersőrlésnél nagyobb határszemcsénél élesen leválasztó osztályozás szükséges.

12. A 10. és 11. alatti követelmények két osztályozó soros kapcsolásával kedvezően teljesíthetők.

## IRODALOM

- [1] Gebelein, H.: Beiträge zum Problem der Kornverteilungen. Chem. Ing. Techn. 28. (1956), 773—782.
- [2] Papadakis, M.: Contribution à l'étude des broyeurs à boulets industriels. Revue des Matériaux de Construction 542 (1960), 295—308.
- [3] Callcott, T. G.: Size distribution and single particle breakage. The B. H. P. Technical Bulletin, No. 26. (1968) 26—30.
- [4] Bombed, J. P.: Recherches des dimensions optimales et de l'échelonnement des corps broyants dans les broyeurs à boulets. 2. Symposium Européen sur la fragmentation, Dechema Monographien 57 (1967), 633—665.
- [5] Cleemann, J.: Entwicklung der Durchlaufmahlung. Zement-Kalk-Gips, 25 (1972), 63—66.
- [6] Techniques modernes de broyage. Collection de l'A. N. R. T. Eyrolles—Gauthier—Villars Paris 1965.
- [7] Smekal, A.: Grundvorgänge der Hartzerkleinerung. Zeitschr. VDI 81 (1937) 1321—1326.
- [8] Schellinger, W.: Solid surface energy and calorimetric determinations of surface energy relationships for some common minerals. Mining Engineering, April 1952, 369—374.

Beke Béla: A finomőrlés területén végzett kutatások néhány eredménye

1. A szemcseméreteloszlás leírására a gyakorlat részére a Rosin—Rammler képlet használata célszerű. A képlet két állandója a szemcseméret logaritmusának számításbavételével értelmezhető: az  $x_0$  szemcsenagy-

Beke, B.: Результаты исследований, проведенных в области тонкого помола

1. Для описания распределения зерен по размеру в практике наиболее пригодным является уравнение Розин—Раммлера. Две постоянные этого уравнения:  $x$  — размер зерна,  $n$  — коэффициент равномерности распределения зерен по размеру. Последний является необычайно важной характеристикой процесса помола.

2. Предел тонкого измельчения материала представляет собой агломерация, слипание уже размолотых зерен. В фазе помола, лишенной агломерации, разброс распределения зерен по размеру уменьшается — коэффициент равномерности распределения зерен по размеру растет, начало агломерации связано со снижением коэффициента распределения зерен по размеру.

3. Изменение коэффициента равномерности распределения зерен по размеру зависит от числа влияний мельющих тел, а также от энергии отдельных влияний. Мельницы больших диаметров, а также более крупные мельющие тела снижают коэффициент равномерности распределения зерен по размеру, способствуют агломерации.

4. Коэффициент равномерности распределения зерен по размеру для мягких материалов меньше, последние в начале помола размалываются легко, но склонны к агломерации.

5. Возможности помола до высоких тонкостей:

a) мельницы с маленьким диаметром — последнее ограничивает производительность мельницы.

b) применение в стадии тонкого помола маленьких мельющих тел — необходима особая конструкция мельницы.



в) снижение продолжительности помола — с последующим помолом образующейся крупки в замкнутом цикле.

г) применение поверхностноактивных добавок — связано с экономическими трудностями и проблемами пылеобразования.

6. На формирование количественных условий процесса помола в замкнутом цикле благоприятное влияние оказывает маленький коэффициент равномерности распределения зерен по размеру.

7. Наряду с ростом поверхностной энергии, происходящим во время помола, содержание энергии материала увеличивается также и счет изменений энергии решетки, в связи с чем действительное значение энергетической эффективности процесса помола составляет 10—20%.

8. При помоле цемента необходимо стремиться к тому, чтобы содержание фракций 3—30 микрон было, как можно более высоким. В случае высокопрочных цементов последнее должно составлять по крайней мере 70%.

9. В случае одинаковой удельной поверхности тот цемент обладает лучшим качеством, который имеет более высокий коэффициент равномерности зернового состава.

10. В случае помола цемента инфлекссионная точка на кривой Тромпа сепаратора должна находиться вблизи от 30 микрон, а разделение на грубой стороне составлять 100%. Это может быть достигнуто только за счет высокого коэффициента циркуляции на тонкой стороне.

11. При помоле сырьевого материала необходима резкая классификация при более высоком пограничном размере зерна.

12. Требования, изложенные в пунктах 10. и 11., могут быть выполнены путем применения последовательного подключения двух сепараторов.

#### Beke, Béla: Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Feinmahlung

1. Zur Beschreibung der Korngrößenverteilung ist für die Praxis die Anwendung der Rosin—Rammler'schen Formel angezeigt. Die beiden Konstanten der Formel können aufgrund des Logarithmus der Korngröße sinnvoll interpretiert werden: die Korngröße  $x_0$  ist der Modus, die Gleichmäßigkeitszahl  $n$  entspricht dem  $\pi/\sqrt{6}$ -fachen der reziproken Standardabweichung. Letztere ist ein Kennwert des Mahlprozesses von besonderer Wichtigkeit.

2. Die Grenze der Steigerung der Feinmahlung bildet die Agglomeration, die neuerliche Verwachsung der gemahlten Körner. In der agglomerationsfreien Phase wird die Streuung der Korngrößenverteilung kleiner — die Gleichmäßigkeitszahl wird größer, der Beginn der Agglomeration zeigt sich durch das Absinken der Gleichmäßigkeitszahl.

3. Die Änderung der Gleichmäßigkeitszahl wird durch die Zahl der Mahlkörpereinwirkungen und durch deren Einzelenergie beeinflusst. Mit größerem Mühlendurchmesser und größeren Mahlkörpern nimmt die Gleichmäßigkeitszahl ab, die Agglomeration wird gefördert.

4. Die Gleichmäßigkeitszahl weicher Stoffe ist klein, diese sind anfangs gut mahlbar, neigen jedoch zur Agglomeration.

5. Möglichkeiten zur Erreichung großer Mahlfeinheiten:

a) kleiner Mühlendurchmesser — ermöglicht bloß kleine Mühlenleistungen;

b) kleine Mahlkörper in der Feinmahlphase — beanspruchen spezielle Mühlenkonstruktionen;

c) kurze Mahldauer — unter Weitermahlung der anfallenden Grießen in geschlossenem Kreislauf;

d) Anwendung oberflächenaktiver Stoffe — mit wirtschaftlichen und Umweltschutz-Schwierigkeiten.

6. Bezüglich der Mengenverhältnisse des geschlossenen Kreislaufes ist eine kleinere Gleichmäßigkeitszahl günstig.

7. Im Laufe des Zerkleinerungsvorganges wird der Energiegehalt des Mahlgutes, neben der anwachsenden Oberflächenenergie, auch durch die mit größenordnungsmäßig viel mehr zunehmenden Gitterenergie erhöht und somit erreicht der energetische Wirkungsgrad des Zerkleinerungsvorganges einen tatsächlichen Wert von 10—20%.

8. Beim Mahlen von Zement soll ein möglichst großer Anteil der Korngruppe von 3—30  $\mu$  angestrebt werden. Bei höchstwertigen Zementen soll dieser Anteil mindestens 70% betragen.

9. Bei gleicher spezifischer Oberfläche ist die Qualität der Zementsorte besser, deren Gleichmäßigkeitszahl größer ist.

10. Beim Mahlen von Zement soll der Wendepunkt der Tromp'schen Kurve des Klassierers bei 30  $\mu$  liegen und der Abscheidungsgrad an der Grobkornseite nahezu 100% betragen. Um das zu erreichen, ist eine große Umlaufzahl im Bereiche der Feinfraktionen unerlässlich.

11. Bei Rohmahlungen ist eine, bei relativ großem Grenzkorn scharf abscheidende Klassierung nötig.

12. Die unter Punkt 10 und 11 genannten Forderungen können mit zwei Sichtern in Reihenschaltung günstig erfüllt werden.

#### Beke, Béla: Studies on Fine Grinding

The use of the Rosin—Rammler formula is recommended for the practical description of particle size distribution. The two constants of the formula can be interpreted by the logarithms of particle size:  $x_0$  is the mode,  $n$  uniformity factor proportional to the reciprocal of the scatter. The limiting factor of fine grinding is agglomeration, i. e. the regrowth of already ground particles. In the no-agglomeration phase  $n$  increases; beginning agglomeration is shown most sensitively by the decrease of  $n$ . The change of  $n$  is influenced by the number of grinding impacts and their individual energy. A higher mill diameter and larger size of grinding media promotes agglomeration. The  $n$  factor of soft substances is low; these are easily grindable, but susceptible to agglomeration.

The possibilities of grinding to high fineness:

a) application of small-diameter mills — drawback: low output;

b) small grinding bodies in the fine phase — drawback: requires a special mill structure;

c) short grinding, with a further grinding of the coarse fraction in closed circuit;

d) application of surface active agents — drawbacks: economic and air pollution difficulties.

A low  $n$  value is recommended in closed-circuit grinding as this improves economic indices. During comminution the internal energy of the substance is increased not only by increasing surface energy but by increasing lattice energy too; this latter outpaces the former by several orders of magnitude. The real value of energetic efficiency of grinding being about 10—20%. A high percentage of the 3—30  $\mu$  fraction is necessary in cements; super duty cements require min. 70% of this fraction. The cement, having a higher  $n$  value is superior, an identical specific surface presupposed. In cement grinding the inflection of the Tromp-curve of the classifier should be approx. at 30  $\mu$  with an almost 100% precipitation on the coarse side. Usually this can only be achieved by a high circulating load on the fine side. In raw material grinding a sharp classification is required. The classification requirements can be well fulfilled by connecting two classifiers in series.

# Új, alacsony hőtágulási együtthatójú nagyfrekvenciás kerámiai szigetelőanyag

SZOMBATHY ZOLTÁN

FIM Kőbányai Porcelángyár, Budapest

## Bevezetés

A különböző kerámiai szigetelők kémiai összetételének és megfelelő elektromos, mechanikai, valamint termikus paramétereinek vizsgálatánál megállapítható, hogy a hazai elektrokerámiai ipar gyártásprofiljából mindeddig hiányzott egy olyan jó elektromos paraméterekkel rendelkező anyag típus, amelynek hőkiterjedése egészen alacsony ( $\alpha_{20}^{100} \leq 3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ), s így hőlékésállósága is kiváló. Megállapításunk igazolására az 1. táblázatban összefoglaltuk a legfontosabb tömör kerámia szigetelők legjellemzőbb tulajdonságait.

Az 1. táblázatból látható, hogy a közismerten legjobb szigetelési és mechanikai paraméterekkel rendelkező  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -kerámiáknak is (példaként az általunk kifejlesztett AlH96 adatait (1) közöltük) elég nagy a hőtágulása — függetlenül attól, hogy hőlékésállósága nagyon jó. A táblázatban szereplő másik három kerámia szigetelőnek vagy

a termikus tulajdonságai nem megfelelőek erős hőmérsékletváltozási igénybevétel esetén (szteatit, porcelán), vagy kifogásolhatók elektromos, illetve mechanikai paramétereik (porcelán, kordierit). Gyártás szempontjából az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -kerámia és a kordierit esetén egyéb hátrányos szempontokat is figyelembe kell venni. ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -kerámia: nehezen megmunkálható, égetési hőmérséklete magas; kordierit: kényes az égetése, mivel az olvadási és tömörödési hőmérséklete közel van egymáshoz). Felhasználóink részéről a kerámia szigetelőkkel szemben támasztott nagyobb követelmények kielégítésére a Kőbányai Porcelángyárban célul tűztük ki egy olyan új anyag kifejlesztését, amely egyesíti az 1. sz. táblázatban felsorolt anyagok előnyös tulajdonságait.

Az alábbiakban beszámolunk az általunk BAP-72-nek elnevezett kerámia kifejlesztéséről és a belőle készített szigetelőtestek gyártásával kapcsolatos tapasztalatainkról.

Néhány kerámiai szigetelőanyag legfontosabb műszaki paramétere

1. táblázat

Megnevezés	Szteatit	Porcelán	Kordierit	AlH 96 aluoxid
Dielektromos állandó, $\epsilon$ 20 °C .....	6—7	6	5	9
Diel. áll. hőmérsékleti tényezője $\text{TKE} \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .....	$\cong +120$	+ 500— + 3000	+ 500— + 600	—
Veszteségi tényező, $\text{tg } \delta$ 20 °C 1MHz $\cdot 10^{-1}$ .....	$\cong 8$	$\cong 10$	40—70	$\cong 3$
Átütési feszültség, $\bar{E}_a$ kV/mm .....	$\cong 20$	> 20	$\cong 15$	$\cong 30$
Fajlagos ellenállás, $R_f$ 20 °C Ohmcm .....	$\cong 10^{12}$	$\geq 10^{12}$	$\cong 10^9$	$\cong 10^{14}$
Fajsúly, $\sigma$ g/cm <sup>3</sup> .....	2,7	2,3	2,3	3,72
Hajlítószilárdság, $\sigma$ hl 20 °C kp/cm <sup>2</sup> .....	> 1200	> 800	> 300	> 3000
Hőkiterjedési együttható, $\alpha$ 20—100 °C $\cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ...	8,75	5	2	8



## Az új anyagra vonatkozó minőségi előírások és a gyártástechnológia kialakítása

Az 1. táblázat adatai, valamint a felhasználók igényei alapján meghatároztuk a legnagyobb, még megengedhető hőtágulási együttható értékét és a főbb műszaki paramétereket, amelyeket az új anyagnál el kellett érünk. Ezeket a jellemzőket a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat

A BAP-72 előírt főbb műszaki paraméterei

Megnevezés	Érték
Dielektromos állandó, $\epsilon_{20}^{\circ\text{C}}$ . . . . .	$\cong 10$
Veszteségi tényező tg $\sigma_{20}^{\circ\text{C}}$ 1MHz $10^{-4}$ . . . . .	$\cong 4$
Fajlagos ellenállás Rf 20 °C Ohmcm . . . . .	$\cong 10^{14}$
Hajlítószilárdság $\sigma_{\text{hl}}$ 20 °C kp/cm <sup>2</sup> . . . . .	$> 800$
Hőkiterjedési együttható $\alpha_{20-100}^{\circ\text{C}}$ · $10^{-6}/^{\circ\text{C}}$ . . . . .	$\cong 3$

A gyártástechnológia kialakításánál az alábbi szempontokat kellett figyelembe venni:

a) A masszának fröccsönthetőnek kell lenni. Ez azért szükséges, mivel már a fejlesztési munka idején három olyan kerámiatest készítésére történt igénybejelentés, amelyeknek formázása csak fröccsöntéssel lehetséges. De ettől eltekintve is, fel kellett készülnünk arra, hogy a BAP-72 masszapor fröccsöntésre is alkalmas legyen (mint ismeretes, ez csak speciális feltételek esetén teljesül, szemben a sajtolással).

b) Ha a BAP-72-vel a 2. táblázatban közölt paramétereket biztosítani tudjuk, várható, hogy a Kőbányai Porcelángyár több elizolit (szteatit)-szigetelő kerámiáját is inkább ebből az anyagból fogja gyártani. Ahhoz, hogy ez a változás ne igényeljen új szerszám-park kialakítását, az szükséges, hogy a két anyag — elizolit és BAP-72 égetési zsugorodása közel azonos legyen (~ 11%)

c) A kidolgozandó technológia igazodjon az üzem jelenlegi adottságaihoz. (Pl. az új kerámia égetési hőmérséklete ne legyen több, mint 1420 °C, örlési idő max. 48 óra stb.)

Fentieket összefoglalva: kifejlesztendő egy olyan új kerámia szigetelőanyag, melynek hőkiterjedése nagyon alacsony, elektromos paraméterei kiválóak, égetési zsugorodása előre megadott és fröccsöntéssel formázható.

A kémiai összetételt illetően abból az elgondolásból indultunk ki, hogy a szteatit-kerámiában és a porcelánban a MgO, ill. a SiO<sub>2</sub> egy részét BaO-al

helyettesítjük, tömörre égést elősegítő adalékként pedig CaCO<sub>3</sub> és CaF<sub>2</sub>-t adagolunk a masszához. A Ba<sup>2+</sup> ionos vezetőképessége kicsi a Mg<sup>2+</sup> és Si<sup>4+</sup>-hoz képest, oxidjának molekulásúlya viszont jóval nagyobb, mint MgO és SiO<sub>2</sub> esetén. Tehát egy megfelelő %-ban BaO-t tartalmazó hagyományos kerámia szigetelő minden valószínűség szerint biztosítja az előzőekben meghatározott műszaki paraméterek elérését. Ennek megfelelően BaCO<sub>3</sub>, talkum, CaCO<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub> és különböző anyagokból egy masszasorozatot állítottunk össze.

Egy adott masszát a következőképpen gyártottunk. 0,5 kg-os porcelán malomban 24 óráig nedvesen homogenizáltuk a bemért anyagokat. Ezután a szokásos por alakban történő frittelés helyett a megszáritott masszát sajtoló lapszerszámmal 156 kp/cm<sup>2</sup> nyomáson 2 mm vastag lapokká sajtoltunk és ezeket a lapokat alagút kemencében égettük ki. Utolsó lépésként az átégetett lapokat összetörtük, majd szárazon megőröltük. Erre az általunk 1969-ben kidolgozott eljárásra [1] azért volt szükség, hogy a massa fajlagos felületét a lehető legkisebbre csökkentsük. Ezzel kettős célt értünk el; egyrészt biztosítottuk hogy a fröccsöntéses formázást a későbbiekben alkalmazni tudjuk, másrészt a masszaporból készített kerámiatestek zsugorodása így a legkisebb (1, 2).

Tekintettel azonban arra, hogy a kerámiák égetési és a homogenizált massa frittelési hőmérséklete várhatóan közel esik egymáshoz (a kidolgozott technológia szerint azonos), valószínűnek látszott, hogy ugyanazt a minőségű masszát kapjuk akkor is, ha a homogenizált masszát nem sajtolt formában fritteljük. Mivel a kísérletek ezt igazolták, a továbbiakban mindig por alakban frittelt masszát örlöttünk. (Ugyanezt az eljárást a 0,1  $\mu$  átlagos szemcsenagyságú Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-masszáknál nem tudtuk alkalmazni (1), viszont ott az égetési és a frittelési hőmérséklet között 300 °C különbség volt).

Minden örleményből 50 db  $\varnothing$  18 mm-es próbátárcsát sajtoltunk. A tárcsákat 1300 és 1420 °C közötti hőmérséklettartományban égettük ki öt különböző hőmérsékleten úgy, hogy egy adott hőfokon 10 db tárcsát égettünk ki. Hőtágulási együttható mérésére szolgáló próbarudakat csak abból a masszából húztunk, amelynek minősítése az illető anyagból készült tárcsakondenzátorok mérési eredményei alapján megfelelő volt.

Összesen 48 különböző összetételű anyagot állítottunk elő, amelyek közül legjobbnak az általunk BAP-72-nek elnevezett szigetelőkerámia bizonyult.

A BAP-72-ből készített kerámia főbb műszaki paramétereit a 3. táblázatban adjuk meg, míg a 4. táblázat a BAP-72 hőkiterjedési együtthatóinak

értékeit mutatja a 20—100, 20—200, 20—300... 2—1000 °C hőmérsékleti tartományokban. Ugyanitt, összehasonlításként, az elizolit megmért  $\alpha$ -értékeit is közöljük.

3. táblázat

A BAP-72 főbb műszaki paraméterei

Megnevezés	Érték
Dielektromos állandó $\epsilon$ 20 °C .....	6,5
Dielektromos állandó hőmérsékleti tényezője $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .....	+ 80
Veszteségi tényező $\text{tg } \delta$ 20 °C 1MHz $\cdot 10^{-6}$ .....	2—3
Átütési feszültség $E_a$ kV/mm .....	> 25
Fajlagos ellenállás $R_f$ 20 °C Ohmem .....	> $10^{14}$
Fajsúly $\rho$ g/cm <sup>2</sup> .....	3,15
Hőkiterjedési együttható $\alpha$ 20—100 °C $\cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .....	3

4. táblázat

A BAP-72 és az elizolit hőkiterjedési együtthatói különböző hőmérsékleti intervallumokban

Hőmérséklet, °C		Hőkiterjedési együttható, $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	
kezdeti	végső	BAP-72	elizolit
20	100	3,00	8,75
	200	3,55	8,66
	300	4,24	8,56
	400	4,73	8,63
	500	4,58	8,75
	600	4,82	8,68
	700	5,05	8,59
	800	4,97	8,71
	900	4,77	8,59
	1000	4,28	8,12

Az 1., 2., 3. és 4. táblázat összehasonlításával megállapíthatjuk, hogy eredeti célkitűzésünket a legteljesebb mértékben sikerült elérni; a BAP-72 kerámia rendkívül kedvező termikus tulajdonságai révén alkalmazható sok olyan területen, ahol még az alumíniumoxid-kerámia sem megfelelő (pl.: ahol az  $\alpha = \frac{300}{20} = 7 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  hőtágulási együttható nem engedhető meg), ugyanakkor kiváló elektromos és mechanikai tulajdonságokkal is rendelkezik.

#### Az üzemi gyártás tapasztalatai és a továbbfejlesztés lehetőségei

A gyártástechnológia kidolgozását követően a Kőbányai Porcelángyár Híradástechnikai Fejlesztési Osztályán már 1972. I. félévében BAP-72-ből

gyártottunk több száz szigetelő testet. 1972. II. félévében ugyancsak megrendelésre nagyobb mennyiségű gyártmányt készítettünk az új anyagból.

A kedvező tapasztalatok alapján a Kőbányai Porcelángyár 1973. jan. 1-től néhány korábban elizolitból készült gyártmánynál elkezdte a BAP-72 — szigetelőtestek sorozatgyártását. Tekintettel arra, hogy a BAP-72 égetési zsugorodása (12,2%) valamivel nagyobb, mint az elizolité (11%), a felhasználóval minden esetben egyeztetni kell a méretkülönbségekből származó problémákat. A már gyártásba vett típusoknál azonban eddig nem volt szükség új szerszám készítésére.

A továbbiakban, extrém követelmények kielégítésére, kísérleteket folytatunk egy  $\alpha = \frac{100}{20} = 0$ , hőkiterjedési együtthatóval rendelkező, tehát hőmérsékletváltozásra méreteit nem változtató kerámia anyag kifejlesztésére.

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

- [1] Szombathy Zoltán: Alumíniumoxid kerámiák. Elektromos kerámiai Közlemények, 1970. 7. sz. 15. old.
- [2] Hart L. D.—Hudson L. K.: Grinding low-soda alumina. Amer. Cer. Soc. Bull. 1964. 43. l. p. 13—17.
- [3] Serban Solacolu: Műszaki szilikátok fizikai kémiaja. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962. 536—546. old.

#### Szombathy Zoltán: Új, alacsony hőtágulási együtthatójú nagyfrekvenciás kerámiai szigetelő anyag

1972-ben a Kőbányai Porcelángyárban kidolgoztuk egy rendkívül alacsony hőtágulási együtthatóval, kiváló elektromos és mechanikai paraméterekkel rendelkező új kerámiai anyag, a BAP-72 gyártástechnológiáját.

Összetételét tekintve az új kerámia anyag báriumporcelánnak tekinthető.

A BAP-72 anyagból készült szigetelőtestek kiválóan alkalmasak arra, hogy ellenállás pálya vagy tekercsek hordozóként a megfelelő villamos paraméterek (ellenállás, induktivitás) változatait egészen alacsony szinten tartsák, ha a környező hőmérséklet megváltozik.

#### Сомбати, З.: Новый высокочастотный керамический изоляционный материал с низким коэффициентом теплового расширения

В 1972 г. на Кебанском фарфоровом заводе была разработана технология производства нового керамического материала с необычайно низким коэффициентом теплового расширения, обладающего исключительно высокими электрическими и механическими свойствами. (BAP-72). По своему составу новый керамический материал может быть отнесен к бариевому фарфору.

Изоляционные тела, приготовляемые из материала BAP-72, пригодны для того, чтобы в случае изменения температуры среды, поддерживать на низком уровне соответствующие электрические параметры (сопротивление, индуктивность).

#### Szombathy, Zoltán: Neuer keramischer Hochfrequenzisolerstoff mit kleinem Wärmedehnungskoeffizient

Im Jahre 1972 wurde in der Porzellanfabrik Kőbányai Porcelángyár die Herstellungstechnologie des neuen keramischen Stoffes BAP-72 erarbeitet, dessen Wärmedehnungskoeffizient außerordentlich klein ist und welcher über hervorragende elektrische und mechanische Eigenschaften verfügt.



Bezüglich seiner Zusammensetzung kann der neue keramische Stoff als ein Bariumporzellan angesehen werden.

Die aus dem BAP-72-Stoff hergestellten Isolierkörper eigenen sich hervorragend dazu, als Träger von Widerstandsstrecken oder -spulen, die entsprechenden elektrischen Parameter (Widerstand, Induktivität), bei schwankender Umgebungstemperatur, auf ganz niedrigem Wert zu halten.

### Szombathy, Zoltán: A New High-Frequency Insulator Ceramic of Low Thermal Dilatation

A new ceramic body, BAP-72, of excellent electrical and mechanical properties and of an extremely low thermal dilatation has been elaborated in the Kőbánya Porcelain Works. The composition of the body is a baria-porcelain. The resistors made on BAP-72 carrier keep constant resistance or inductivity upon changing ambient temperature.

## Lapszemle

### BAUSTOFF-INDUSTRIE — A,

Berlin, 1973. 4. sz.

ETO: 666.952.2

*Sundermann, R.—Philipp, O.*: Szállópernye értékesítés az NDK cementiparában. 13—18. old.

Többéves kísérletek eredményeképpen megállapítható, hogy mind az égetésnél, mind az őrlésnél kisebb mennyiségű szállópernye adagolásával olyan cementek állíthatók elő, melyek minden tekintetben megfelelnek a TGL 9271 (Portlandcement), ill. a TGL 9272 (Vasportlandcement) szabvány követelményeinek. A szállópernye (6% nedves kemence porig) és nyersliszt együttes cement állítható elő. Ezek a cementek ugyanakkor jelentősen nagyobb kezdőszilárdságot mutatnak.

ETO: 621.926

622.35 : 622.73

*Scheibe, W.—Scheer, L.—Neupert, H.*: Kemény kőzetek aprítása röpitőtörőben. 24—27. old.

A röpitőtörő alkalmazásának előnye (nagy aprítási fok, jobb minőségű zúzottkő). Különböző keménykőzet fajtákat (diabáz, szienit, szürke kavics, kvareporfir) aprítottak kísérleti eredmények ismertetése. Kopási mérések. Röpitőtörő és lapos kúpos törő összehasonlítása. A röpitőtörővel végzett félüzemi és üzemi kísérletek alapján megállapítható: jobb szemcseformát, szemcsefelépítést eredményez, mint a lapos kúpostörő. Ezzel szemben az ütközőlécek nagy kopása miatt jelentősen megemelkedik az üzemeltetés. Ezért csak bizonyos esetekben — különösen jó minőségű termék előállítására — célszerű az alkalmazása jelenleg.

ETO: 666.7—41 : 666.3.032 : 553.67

*Danisch, D.*: Piropasztikus formázott kerámia építőelemek előállítására csillámból. 28—29. old.

A piropasztikus formázás számára az 1050—1200 °C közötti hőmérséklet-

tartományban lejátszódó reakció-folyamatok jelentősek. A feladat célja: a Rostock környéki csillám előfordulás felhasználásával az épületfizikai követelményeknek megfelelő kézi falazóelemek előállítására, piropasztikus formázás segítségével. A kísérleti munka és a nemzetközi szabadalom-irodalom alapján megállapítható: duzzadóagyag granulátumból, ill. csillám agyagból piropasztikus úton formázható építőelemek; az elemek felülete úgy képezhető ki, hogy az vízzáró és építészeti-ileg jó. Az így előállított elemek jellemzői: nyomószilárdság: 50—80 kp/cm<sup>2</sup>, hővezetés: 0,1 kcal/h mgrd; nedvesség okozta tágulás: 0,15%, tömörség: 300—400 kp/m<sup>3</sup>, fagyálló, saválló, időjárásálló, gőz- és gázzáró.

### NEORGANICSESZKIE MATERIALŪ

Moszkva, 1973. 10. sz.

ETO: 666.11.01 : 539.213

*Zsdanov, Sz. P.—Koromai E. V.*: Makroporozus üvegek szerkezetszabályozásának lehetőségei. 1852—1853. old.

Szivacsos szerkezetvázú szilícium-dioxidos adszorbenseket (porozus üveg elnevezés alatt ismertebbek) nátrium-borszilikátos üvegekből kilúgozással vagy savas maratással állítják elő. A makroporozus üvegeket a szokásos porozus üvegek koncentrált lúgoldatokkal való kezelésével állítják elő. A makroporozus üvegek szerkezete a kiinduló nátrium-borszilikát üveg likvációs szerkezetével kapcsolatos; a szerkezetet az üvegösszetétel vagy a hőkezelés feltételeinek változtatásával lehet szabályozni.

ETO: 666.653

*Iszupov, V. A.—Kizsaev, Sz. A.*: Mágneses-ferroelektromos kerámia. 1854—1855. old.

A mágneses-ferroelektromos kerámia heterogén keverék, melyben a ferroelektrikum és ferrit szemcséi össze szintereződtek egymással. Ez a kerámia a ferrit és ferroelektrikum összes tulajdonságaival rendelkezik.

Négy, különböző összetételű kerámia szobahőmérsékleten mért tulajdonságai (dielektromos állandó, veszteségi tényező stb.).

### SILIKATTECHNIK

Berlin, 1973. 7. sz.

ETO: 666.199 : 666.266.6

*Mtschedlow, O. P.—Filatov, I. G.—Schmatkova, R. I.*: Előre meghatározott tulajdonságú olvasztott salak előállítására. 227—230. old.

Előre meghatározott tulajdonságú olvasztott salak termékek előállításával kapcsolatos vizsgálatok. A kohósalakhoz szilícium és magnézium tartalmú adalékokat adtak az egyásványú dipozid-wollasztonit-akermanit-összetétel korrekciójára céljából. A kristályosodási intervallumot termográfiai és dilatometriai módszerrel állapították meg. A szerkezet kialakulás folyamatát a kristályosodó olvadékban magas hőmérsékletű mikroszkóppal figyelték meg. A fizikai-mechanikai és a fizikai-kémiai tulajdonságok függése a kristályosodási körülményeitől és lefolyásától.

ETO: 666.76 : 620.173

*Verworn, O.*: Összefüggés a bázikus tűzálló termékek hideg és forró nyomószilárdsága között. 239—241. old.

Vizsgálatokat végeztek arra vonatkozóan, hogy a krómérc tartalmú bázikus tűzállóanyagok nyomószilárdsága szobahőmérsékleten (hideg nyomószilárdság) mennyire vonatkoztatható a forró állapotú nyomószilárdságra. Az eredmények szerint, a hideg nyomószilárdságból nem lehet következtetéseket levonni a forró nyomószilárdságra, ill. a krómérc tartalmú tűzálló termék használati értékére. Mivel más típusú tűzálló termékek-nél is a hideg nyomószilárdság igen nagy szórást mutat, feltételezhető, hogy más égetett tűzálló termékek esetén sem lehet a szobahőmérsékleten mutatott nyomószilárdságból a használati értékre következtetni.

# Korszerű elektrofilterek folyamatai

R A S C H O V S Z K I L A J O S

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

A levegő tisztasága védelmében szükséges berendezések építésének fejlesztése nem oldható meg megfelelő kutatási alapok nélkül. A fejlesztésnek viszont mindenkor figyelembe kell venni azokat a tervezési szükségességeket, melyek nélkül gazdaságosan nem lehet megoldani a porleválasztással kapcsolatos — mindinkább növekvő — igényeket.

Elektrostatikus úton porok és ködök kiválasztása gázokból gyakorlatilag már az évszázad kezdete óta megoldott technikai probléma volt. Mégis, elterjedésével szemben komoly gátló körülmények álltak. Főleg sok akadályba ütközött a változók hatásának elméleti feldolgozása. Kezdetben már nagyon korán talált Deutsch egy használható alaptörvényt, azonban hamarosan kitűnt, hogy alkalmazása az optimális viszonyok meghatározására a változók különböző értékű és előjelű hatása miatt körülményes.

Mindezeket látva nyilvánvaló, hogy nemcsak az elektrofilterek gyártásához, hanem megrendeléséhez és szakszerű üzemeltetéséhez is széles körű elméleti ismeretek és gyakorlati tapasztalatok szükségesek.

Intézetünk, a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet tervszerűen, tudatosan készült fel még a népgazdaság fejlődésének extenzív időszakában arra, hogy az intenzív időszak — tehát az elektrofilterek tömeges alkalmazása kezdetére — megfelelő tudományos és gyakorlati tapasztalat álljon rendelkezésre, és ezzel egyidőben az egyedi berendezések tervezései során eljusson a tömeges alkalmazásnál elkerülhetetlenül szükséges tömeggyártási módszerekhez.

A tervezési, gyártási és alkalmazási biztonsághoz tehát az alábbi feltételeket kellett megteremtteni:

1. Kutatási mérések sorozatával olyan tendenciákat megállapítani, melyek összehasonlító érté-

keket adnak az elviselhető kockázat mellett az optimális méretmeghatározáshoz.

Ezek a mérések két fő irányban csoportosíthatók, egyrészt a szerkezeti elemek kialakítására a geometriai optimumok meghatározására, másrészt a bevitt anyagok (porok, gázok) fizikai és kémiai tulajdonságainak befolyására a geometriai optimum kihasználhatóságára.

2. A tömeggyártáson keresztül a gyártási idő le rövidítése, és korszerű szerkesztési módszerekkel a minimális anyagfelhasználás biztosítása.

3. A szerelés és szállítás összes súly, idő és térfogattényezőinek csökkentése a minimális ráfordítás érdekében.

## A SZIKKTI kutatási és mérési tevékenysége

Mielőtt az egyes mérési folyamatok részletesebb ismertetésébe kezdenénk, megemlítjük a teljesség miatt nem nélkülözhető alapösszefüggéseket.

### *Elektrofilter hatásfoka*

Egy elektrofilter hatásfoka alatt azt a tulajdonságát értjük, mellyel a bemenő gázból a port visszatartani képes, tehát a leválasztott pormennyiség és a bemenő gáz — ugyanarra az időre eső — porterhének viszonyát

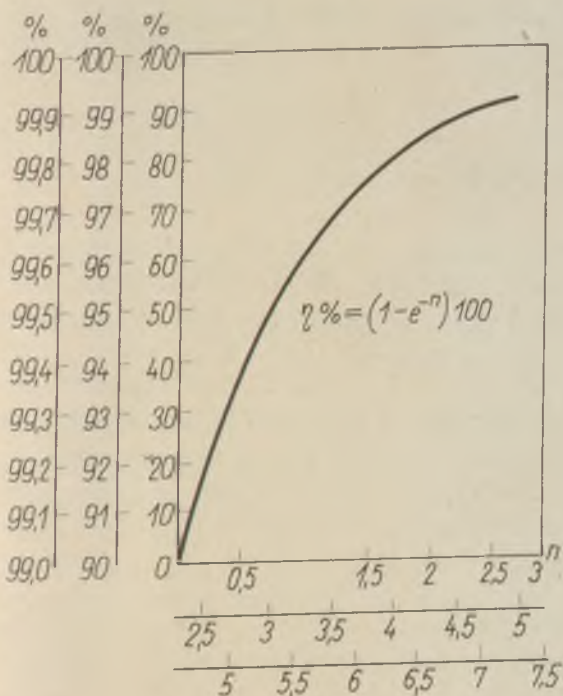
$$\eta\% = \frac{s_b - s_k}{s_b} 100$$

ahol  $\eta\%$  a százalékos hatásfok,  
 $s_b$  a bemenő porteher g-ban,  
 $s_k$  a kimenő porteher g-ban.

Bebizonyítható, hogy a hatásfoknak a geometriai és áramlási paraméterekkel való összefüggése a következő alakú egyenlettel írható le:

$$\eta\% = (1 - e^{-n})100$$





1. ábra. A Deutsch-féle hatásfok-diagram

mely egyenletbe, ha  $n$  helyébe nullától különböző pozitív értékeket helyettesítünk, az 1. ábra szerinti görbét nyerjük. Ezt az alakot először Deutsch vezette le és alapvetően ma is alkalmazhatónak kell tekinteni.

A gázok összetétele, állapota, a porok tulajdonságai és szemszerkezete stb. azonban állandóan változnak és így korrekciókat kell alkalmazni. A változók különböző értékeire úgy tesszük számításra alkalmassá a levezetett képletet, hogy a kitevőt tényezőkre bontjuk a megállapított törvényszerűségek alapján és így az alábbi összefüggéshez jutunk:

$$n = \frac{w \cdot L}{h \cdot v}$$

ahol  $w$  a szemcsék látszólagos vándorlási sebessége a felfogófelület felé ( $\text{cm sec}^{-1}$ )

$L$  az elektrofilter hossza (m)

$h$  a két különböző elektróda közötti távolság (cm)

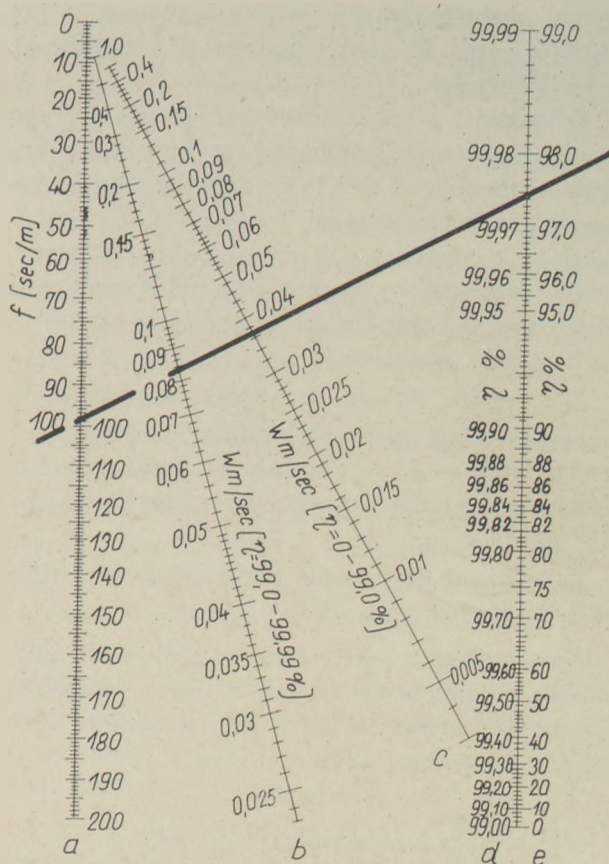
$v$  a gáz áramlási sebessége ( $\text{cm sec}^{-1}$ ).

Ha a számlálót és a nevezőt is  $b$ -vel szorozzuk, ami az elektrofilter magasságát jelenti cm-ben, akkor látható, hogy

$bL = F = a$  a felfogó felülettel ( $\text{cm}^2$ ), míg

$bhv = Q = a$  a gázmennyiséggel ( $\text{cm}^3 \text{sec}^{-1}$ ),

ill. a dimenziók megfelelő megválasztásával ( $\text{m}^3 \text{sec}^{-1}$ ),



2. ábra. Nomogram a fajlagos felület, a vándorlási sebesség és a hatásfok összefüggéseinek meghatározására

ebből adódik, hogy

$$\eta = (1 - e^{-w \frac{F}{Q}}) 100, \text{ ill. ha } \frac{F}{Q} = f$$

összevonást alkalmazzuk

$$\eta_{\%} = (1 - e^{-wf}) 100$$

A képlet alkalmazásánál csak azt kell figyelembe venni, hogy mérésnél, ill. kutatásnál az  $f$  adott, hiszen az adott készülékjellemzőket tartalmazza.

Nem szabad továbbá figyelmen kívül hagyni azt sem, hogy  $f$  egy leszarmaztatott érték és éppen ezért dimenziója sem értelmezhető, ill. értelmezése is viszonylagos, mert

$$f = \frac{F}{Q} = \left[ \frac{\frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}}{\frac{\text{cm}^3}{\text{sec}}} \right] = [\text{sec m}^{-1}]$$

Tehát a kiinduló összefüggésből eredően a gázmennyiségre eső felfogó felületet jellemzi, ezért „fajlagos felület”-nek nevezzük.

Miután méréssel meghatároztuk a  $w$  látszólagos vándorlási sebességet,  $n$  értéke meghatározható számítással.

Ha különböző paramétereket rögzítünk és csak egy változó összefüggésében vizsgáljuk a változó-

sokat, görbeseregekhez jutunk, amelyek adott gázra és porra, ill. azok különböző állapotváltozásaira jellemzőek.

Tervezésnél a helyzet fordított, hiszen  $\eta_{\%}$  egy megkívánt és így adott érték, a  $w$  látszólagos vándorlási sebességet a már felvett görbék alapján választjuk, a technológiának megfelelően, és kapjuk a készülék méreteire jellemző  $f$ -et, ill. a gázmenynyiség ismeretében a tényleges felfogófelületet:  $F$ -et, hiszen a megkívánt hatásfokhoz tartozó  $n$  az 1. ábrán leolvasható.

A 2. ábrán látható nomogram segítségével  $f$  — tehát a szükséges elektrofilter méreteire jellemző érték — közvetlenül leolvasható a  $w$  vándorlási sebesség, ill. a megkívánt leválasztási hatásfok szerint.

A berajzolt jelzővonal segítségével az alábbi összefüggéseket nyerjük:

Amennyiben a filtert úgy méreteztük, hogy a fajlagos felülete  $f=100 \text{ sec} \cdot \text{m}^{-1}$  és a vándorlási sebesség  $w=0,082 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ , úgy a várható leválasztási hatásfok

$$\eta_{\%} = 99,975\%$$

Megfordítva is használható a nomogram, amennyiben a szükséges hatásfok  $\eta_{\%} = 97,5\%$  és a vándorlási sebesség  $w = 0,037 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ , úgy a szükséges fajlagos felület  $f=100 \text{ sec} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Az elektrofilterekre jellemző, hogy bizonyos határok között — azonos összetételű és állapotú gáz ill. por esetén — a hatásfok nem függ a portelheléstől, vagyis kétszer akkora bemenő porteher esetén a kimenő por is kétszeres lesz. Amennyiben tehát a kiemenő gáz porteherre kötött, ehhez e bemenő gáz porteherét is kötni kell.

Ugyancsak a Deutsch-képletből vezethető le, hogy egy 90%-os hatásfokú berendezés 99%-osra javításához egy újabb filter, ill. 99,9%-hoz egy harmadik szükséges. Evidens, mert a Deutsch kép-

letben sem a porterhelés, sem a szemcseösszetétel nem szerepel.

$$\eta = 1 - \frac{1}{e^n} \text{ esetében, ha}$$

$e^n = 10$ , akkor a hatásfok = 0,9  
ill. 90 %;

$e^{2n} = 100$ , akkor a hatásfok = 0,99,  
ill. 99 %;

$e^{3n} = 1000$ , akkor a hatásfok = 0,999,  
ill. 99,9%.

A 3. ábra egy diagram-sereget mutat, melyek segítségével a gáz állapotára vonatkozó effektív értékek a normál értékekből meghatározhatók, ill. ezekből adódóan és a típus filterek szabad keresztmetszeteire vonatkoztatva leolvasható a gáz áramlási sebessége. Ez az érték ugyancsak rendszeresen alkalmazott jellemző, mely — az anyag- és gázjellemzők ismeretében — a leválasztás hatásfokára utal.

A szaggatott vonallal bejelölt példák szerint az ábrából az alábbi értékek olvashatók le, minden további utánszámítás nélkül:

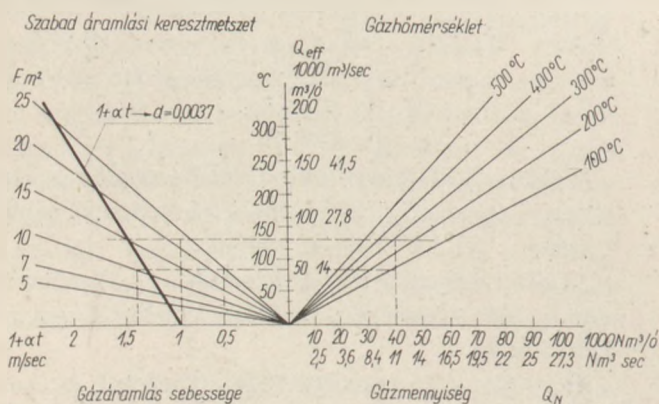
Ha a gázmenynyiség effektív értéke 80 000 m<sup>3</sup>/ó, úgy 300 °C-on és 40 000 m<sup>3</sup>/ó-nak, vagyis 11 Nm<sup>3</sup>/sec-nak felel meg. Fordítva ugyanehhez a 40 000 Nm<sup>3</sup>/ó-hoz 100 °C-on 50 000 m<sup>3</sup>/ó, illetve 14 m<sup>3</sup>/sec tartozik.

A jelzővonalon továbbhaladva a 80 000 m<sup>3</sup>/ó-s gázmenynyiség mellett, ha a gáz áramlási sebességét 1 m/sec-ra vesszük fel, mint műszakilag elfogadható gázsebesség értéket, ehhez 20—25 m<sup>2</sup> közötti szabad áramlási keresztmetszet tartozik. Tipizálás esetén természetesen dönteni lehet, hogy esetleg a sebesség 1,1-re történő növelésével 20 m<sup>2</sup>-es, vagy éppen a csökkenés érdekében 0,9 m/sec-hoz tartozó 25 m<sup>2</sup>-es szabad keresztmetszet olvasható.

A nomogram 100 °C-os gáz esetén ugyannerre a példára 0,5—1,0 m/sec-os sebességnek megfelelően 25—20 vagy 15 m<sup>2</sup> szabad keresztmetszet választását teszi lehetővé.

Mint minden nomogram, természetesen bármely pontjából indítható, mindig attól függően, hogy mely szempontok betartását célszerű biztosítani. Ez a tipizáltságra való tekintettel rendszerint az áramlási keresztmetszetből való kiindulást indokolja.

Amint a későbbiekben látni fogjuk, a nagyfokú tipizálás alapján elemekből kialakított leválasztótestek méretezése a számításra kidolgozott képlet átalakításával egyszerűbbé tehető.



3. ábra. Méretezési diagram



Ha a kiinduló  $n$ -re érvényes egyenletet erőteljesebben átrendezzük, akkor

$$n = \frac{w \cdot L}{h \cdot v} = \frac{\frac{L}{v}}{\frac{h}{w}} = \frac{t_v}{t_w}$$

összefüggést, azaz két idő hányadosát kapjuk.

Ezzel az átrendezéssel kimondható, hogy egy villamos porleválasztó hatásossága a tartózkodási idő és a vándorlási idő hányadosával is jellemezhető. Persze, ebben az esetben is a  $t_v$  tartózkodási idő a készülékjellemzőket, ill. a  $t_w$  vándorlási idő az anyagjellemzőket képviseli és ez utóbbi éppen úgy, mint a  $w$  vándorlási sebesség, egy leszarmaztatott fiktív érték és csak statisztikusan meghatározott.

Ha azt vesszük figyelembe, hogy az „ $f$ ” (fajlagos felület) egy, az általunk tervezett szerkezetű elektrofilter és egy etalon porra vonatkoztatva meghatározott érték, tehát ebben az esetben a SZILEF rendszerekre jellemző, nyilvánvaló, hogy a fejlesztés során a kutatásnak arra kellett törekednie, hogy az egyes elemek bizonyos szerkezeti, ill. geometriai változtatások során, minden mérésnél azonos gáz, ill. porparamétereket tartva, a leválasztás hatásosságának változását állapítsák meg.

Méréseink igazolták, hogy az „ $f$ ” változására a kedvezőbb értékek felé döntően az alábbi feltételek vannak befolyással:

1. A gáz áramlásának egyenletessége a leválasztótesten belül.
2. A felfogó felületek kialakítása a gáz áramlása, a kopogtató energiaközlése,
3. a szóróelektróda kialakítása az emisszió és az üzembiztonság szempontjából.
4. A villamos emisszió mértékének meghatározása a szerkezeti elemek és a tápegység tulajdonságai szerint.

A „ $w$ ” effektív vándorlási sebességre meghatározható értékre viszont elsősorban az anyag, ill. az azt szállító közeg fizikai és kémiai tulajdonságai jellemzőek. Ebben az esetben a rögzített paraméterek természetesen mindazok, amelyek az „ $f$ ” fajlagos felület meghatározásánál változóak voltak, tehát etalonná a SZILEF típusú és rendszerű elektrofilter vált és a korábbi etalon por-, ill. gázösszetétel egyes paramétereinek elkülönített változásainak meghatározását kellett mérésekkel követni.

Ezeknél a méréseknél is kitűnt, hogy vannak alapvetően meghatározó paraméterek és bár a méréseket sokoldalúan kell végezni — gyakran ott is,

ahol az első pillanatban nem ismerhető fel összefüggés a leválasztás hatásosságával — mégis az alábbi fő jellemzők rendszeres meghatározása elkerülhetetlen:

1. A határfok változása a porok különböző frakciócsoportjaira, ill.
2. a porok villamos ellenállásának változása a relatív nedvesség és hőmérséklet együttes és külön-külön történő változtatása mellett.
3. A porok és gázok vegyi összetételének és keverékek különböző arányának hatása a vándorlási sebességre.
4. A villamos emisszió és térerő hatása a vándorlási sebességre.

Bár Intézetünk a kutatások és mérések lefolytatására magas szinten van berendezkedve, érthető, hogy a felvázolt valamennyi mérést saját erőből megfelelő tudományos alapossággal elvégezni nem tudja. Ezért úgy csoportosítja a tudományos erőfeszítéseket, hogy azok egy időben, de különböző egyetemeken, ill. intézeteknél folyhassanak. A munkamegosztás érthető logikával jelenleg az alábbi képet mutatja:

A SZIKKTI Energetikai Kutató Osztálya méri a gázok és porok 0—400 °C között és különböző relatív nedvességek függvényében a villamos ellenállás változásait. A kidolgozott zártrendszerű mérőberendezés biztosítja, hogy a mérések során összetétel-változás ne legyen lehetséges.

Az Intézet Szilikátkémiai Osztályának feladata a porok és gázok vegyelemzése és frakcióösszetételének meghatározása.

Jellemzésül azonban arra, hogy a vázolt alap-kutatásokon kívül milyen szétágazóan van szükség még kutatásra, megemlítjük, hogy metallurgiai mikroanalízisekre volt szükség az emissziós csúcsok villamos eróziója miatt, hogy a szóróelektróda tartós jó üzemelése érdekében alkalmas legkedvezőbb anyagot tudjuk választani.

A SZIKKTI kutató apparátusa évente kb. 100 különböző, a fentiekben vázolt méréssorozatot készít el. Ezekből a mérésekből kivonatossan kiemelnénk azt a méréssorozatot, melyet a levegőtisztasági törvény várható magasabb igényeinek kielégítése céljából előkészítésként végeztünk el abból a célból, hogy a konkrét tervezési megbízások idején már az egész cementiparra vonatkozóan megfelelő adattömeg álljon rendelkezésünkre.

Ebbe a méréssorozatba összehasonlítás céljából bevettük az ugyancsak feladatunkat képező cementiparon kívüli egyes erősen porzó más technológiák vizsgálatait is. Ezzel a kiterjedtebb vizsgálattal az volt a cél, hogy esetleges általánosítható

	Porminta megnevezése												
	DCM nyersmalom	DCM agyagszár.	DCM cementmalom	DCM salakszár.	DCM Lepol-kem.	Zagyvarónai ferroszilikium	HCM		Tatabányai Cement és Mészművek klinkerégető forgókemencéi				
							csiga előtt	csiga után	1.	2.	3.	4.	5.
	%												
Izzítási veszteség	30,63	6,78	2,63	1,53	16,00	15,14	23,99	25,99	20,72	23,14	25,64	27,45	29,30
SiO <sub>2</sub>	14,4	54,71	25,97	37,52	20,10	73,66	32,57	28,98	16,96	16,12	14,72	15,42	14,52
TiO <sub>2</sub>	0,23	0,76	0,28	0,24	0,19	0,11	0,71	0,73	0,36	0,33	0,31	0,37	0,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,18	11,25	3,38	3,40	0,83	0,04	11,19	10,60	2,86	2,45	2,97	2,90	1,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,53	6,04	2,32	2,21	2,47	1,91	3,47	3,40	2,39	2,00	1,47	2,05	1,58
CaO	45,27	10,78	55,21	45,16	51,85	3,88	25,13	27,67	47,54	46,81	46,19	45,30	45,34
MgO	0,38	1,35	2,33	4,61	0,56	0,30	0,81	0,71	2,50	2,31	2,04	1,91	2,08
Na <sub>2</sub> O	1,71	1,13	1,79	1,75	1,54	0,40	0,52	0,42	1,86	1,84	1,64	1,50	1,45
K <sub>2</sub> O	0,78	2,37	0,86	0,68	1,05	0,75	1,60	1,43	1,37	1,20	1,22	1,02	0,90
SO <sub>3</sub>	3,06	5,01	5,53	3,22	5,72	3,54	0,20	0,15	3,66	3,56	3,95	2,30	2,98
MnO	—	0,15	—	—	—	0,53	—	—	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04

jellemzőket is meg lehessen állapítani. A vizsgált anyagok a következők:

1. A Tatabányai Cement és Mészművek öt klinkerégető forgókemence porkamráiból származó porok.
2. DCM nyersmalom.
3. DCM salakszárító.
4. DCM Lepol-kemence.
5. DCM agyagszárító.
6. DCM cementmalom.

7. Zagyvarónai ferroszilikium füstgáz.
8. HCM agyagszárító (csiga előtt).
9. HCM agyagszárító (csiga után).
10. Ózdi SM 1 füstgáz pora.
11. Ózdi SM 2 füstgáz pora.

A vételezett porminták kémiai összetételét a SZIKKTI Szilikátkémiai Osztálya vizsgálta és az alábbi táblázat szerinti értékeket határozta meg (1. táblázat).

### A porminták fajlagos ellenállásának mérése

A mérés módszere és műszaki adatai:

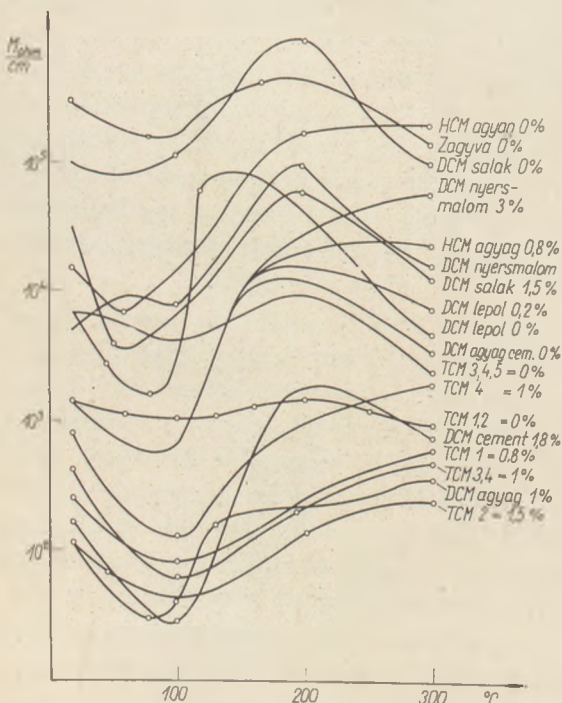
Az elektromos ellenállást speciális kialakítású mérőcellában feszültség-áramerősség mérési elven működő 266 T Norma típusú terraohm-mérővel 300 °C-ig határoztuk meg. Az elektromos ellenállást az egyes mintákon a hőmérséklet és a nyomás függvényében mértük meg.

A fajlagos ellenállás hőmérsékletfüggését üzemi állapotnak megfelelően és 105 °C-on tömegállandóságig szárított pormintákon is megmértük. A tömegállandóságig szárított porminta nedvességtartalmát 0%-nak fogadtuk el.

A mérés közben a nyomás a mérőcella alaphelyzetének megfelelő 68 pond/cm<sup>2</sup> értékű volt.

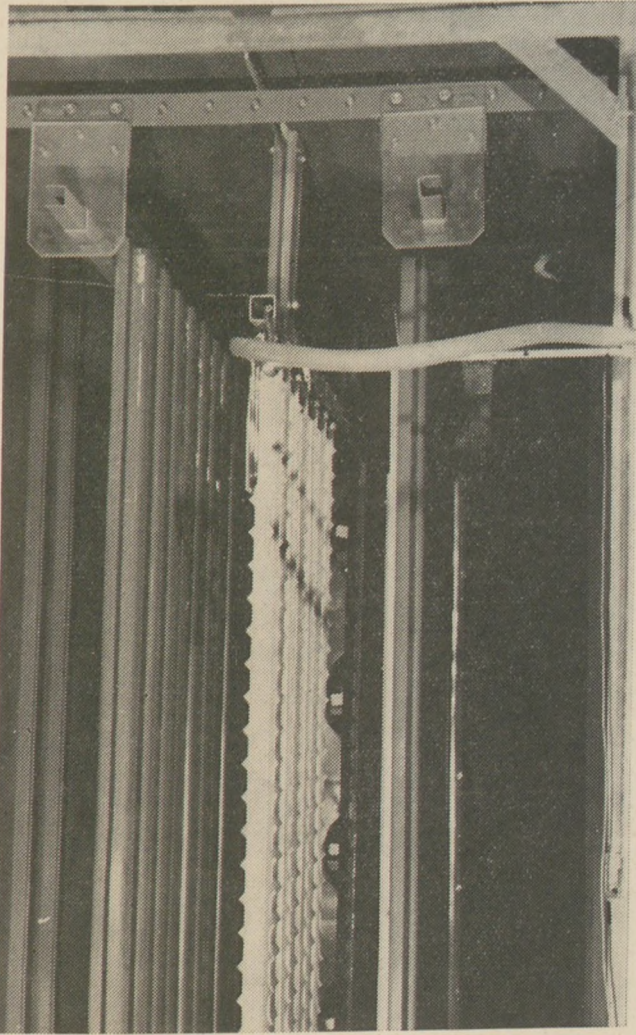
A fajlagos ellenállás nyomásfüggését üzemi állapotnak megfelelő pormintákon 750—760 Torr nyomáson és 70—75%-os légköri nedvességnél szobahőmérsékleten végeztük el. Az eredményeket a 4. ábra diagramjai szemléltetik.

A diagramokon a fajlagos ellenállás értékét, amelyet a függőleges tengelyre logaritmusos lép-tékben raktunk fel, a hőmérséklet függvényében



4. ábra. A porok ellenállása a gáz-por elegy hőmérséklete függvényében, paraméterként a nedvességtartalmat figyelembe véve





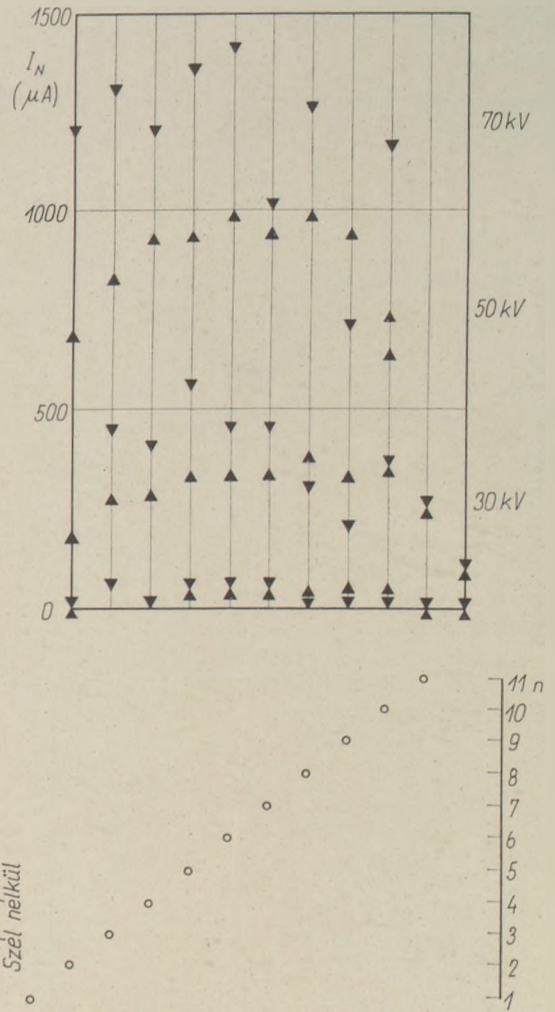
5. ábra. BME Nagyszültségű Tanszék 1 : 1 méretű kísérleti berendezése

ábrázoltuk. A fajlagos ellenállás értékét Mohm/cm-ben, a hőmérséklet értékét °C-ban adtuk meg.

Ezen adatok fontosságára utal, hogy egy por az elektrofiltereknél milyen mértékben ad kedvező, vagy kedvezőtlen körülményeket, azt nagyon nagy mértékben a villamos ellenállás tulajdonságaitól tesszük függővé, ugyancsak annak elbírálását is, hogy esetleg gázkondicionálással, tehát direkt beavatkozással, ill. technológiai előírásokkal milyen mértékű változás várható a leválasztás hatásfoka tekintetében.

Intézetünk megbízásából bizonyos mérési feladatokat megfelelő felkészültségű egyetemi tanszékek végeztek el.

Az elektrofilterek optimális szerkezeti kialakításában nagy szerepe van az elektrostatikus tér ismeretének. Intézetünk felkérésére a BME Nagyszültségű Tanszék 1 : 1 méretű kísérleti berende-



6. ábra. A koronaáram kialakulása a feszültség függvényében az utcaközben lehetséges n számú helyen mérve

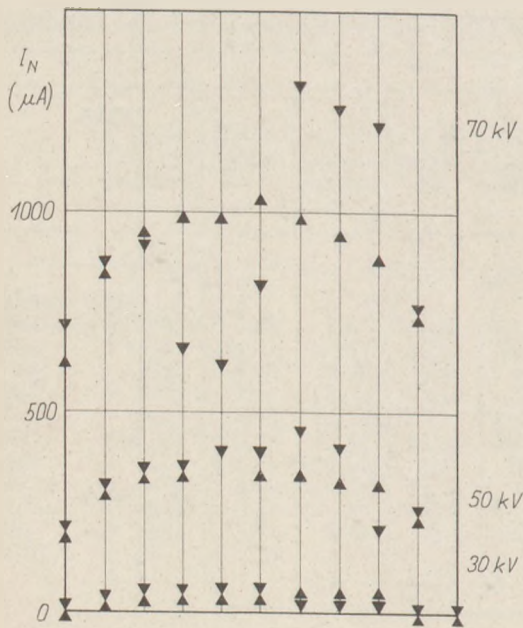
zésben nyugvó és áramló levegővel vizsgálta a szóró- és felfogóelektróda rendszert (5. ábra).

A vizsgálatok már eddig is több, az elektrostatikus teret befolyásoló tényezőt tártak fel.

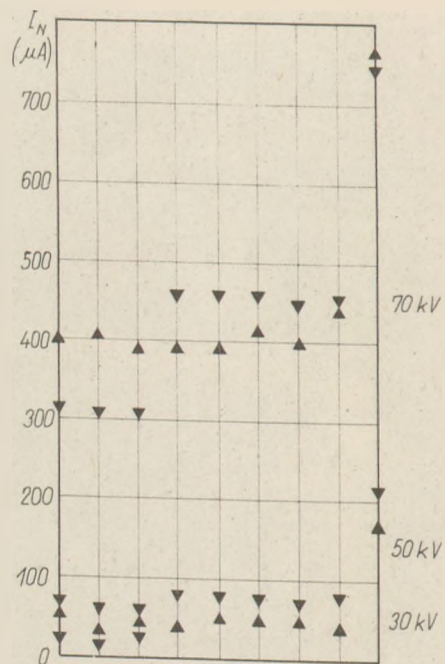
Agresszív közegben a szóróelektródákat védőbevonattal kell ellátni, mivel rozsdamentes anyagból nagyon drágán lehetne csak elkészíteni.

A Vulkoszil-anyaggal bevont szóróelektródáknál az első bekapcsoláskor csak a névleges feszültség közelében jött létre a koronakisülés, de a következő bekapcsoláskor semmi eltérés nem volt a festett és festetlen elektródák koronaárama között. Bár a koronakisülés roncsolja a védőfestéket, de ez olyan kis területen (csak a csúcson) történik, hogy az egész szóróelektródát tekintve nincs gyakorlati jelentősége, ugyanis a koronaáram minden szóróelektróda csúcsát — jelentéktelen mértékben — koptatja. A felfogóelektródák védőbevonatának hatását a közeljövőben fogjuk vizsgálatni.



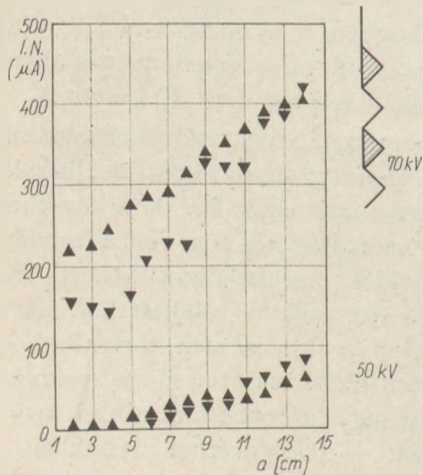


7. ábra. Mint 6. ábra, szélárammal

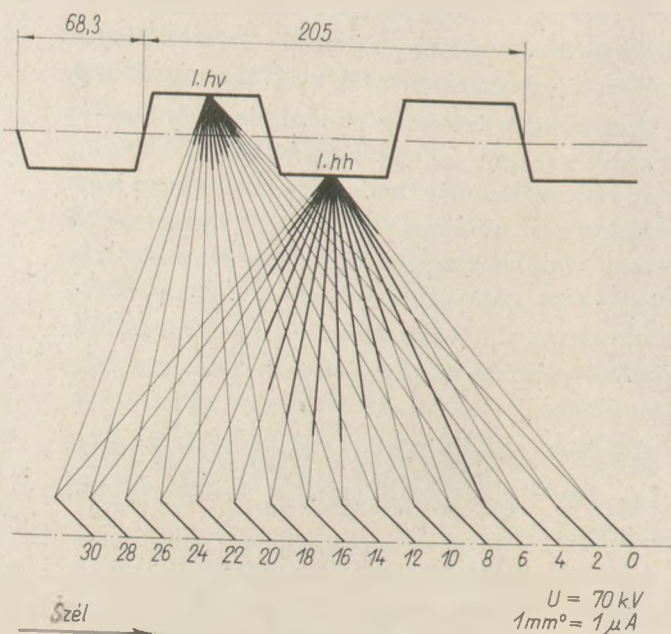


8. ábra. A = elektródák kölcsönhatásának vizsgálata egy mért elektródával, de a rajz szerint elhelyezett különböző számú működő szóróelektródák esetére

A koronaáram erősségét befolyásolja az elektródák közt levő levegő áramlása is, bár az üzemben levő elektrofilterben a gázösszetételtől is nagymértékben függ a koronaáram (6. és 7. ábra).



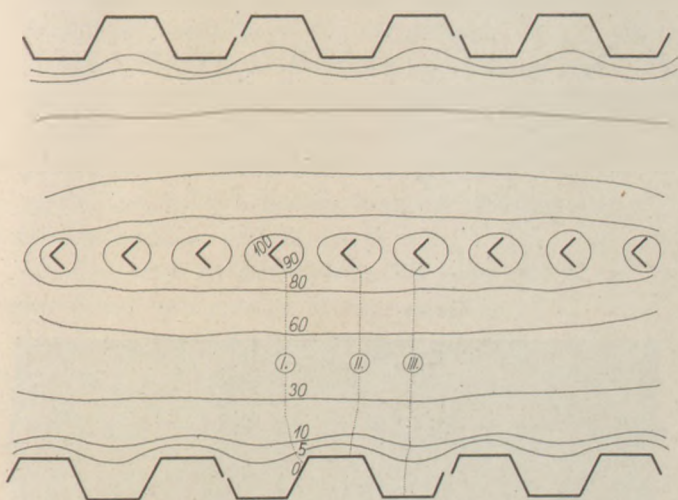
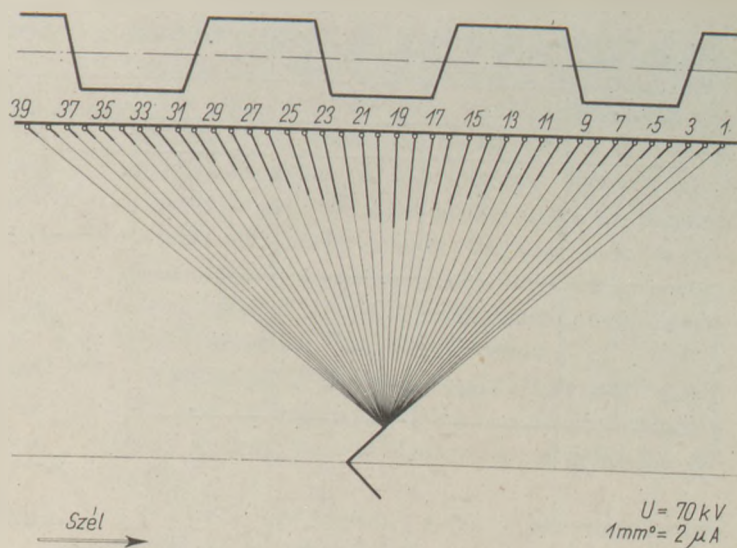
9. ábra. Az emissziós áram vizsgálata a szóróelektróda csipkázatának megfelelése esetére



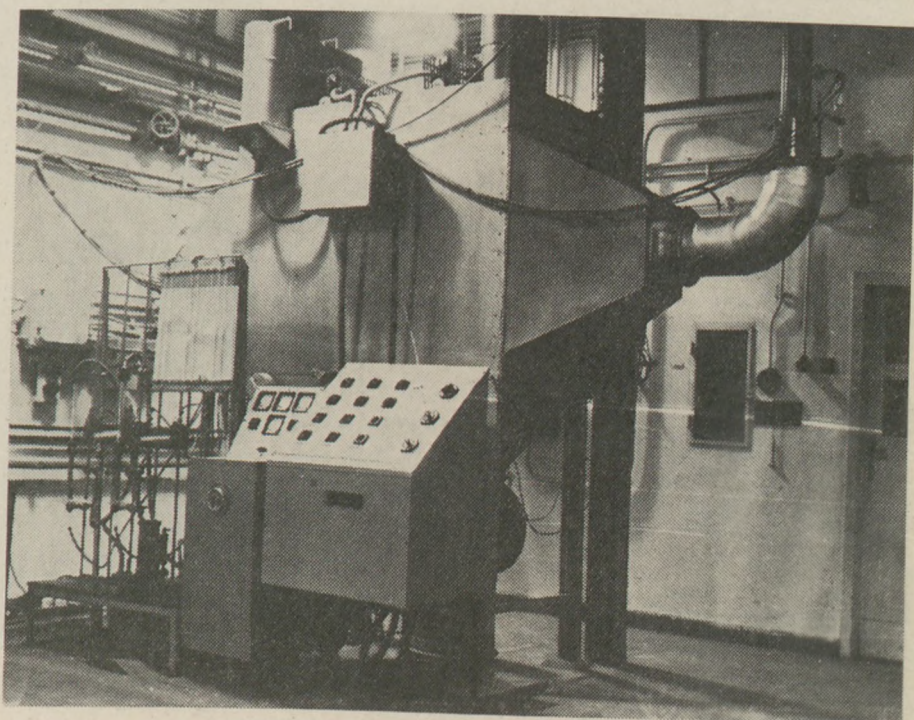
10. ábra. Az emissziós áramok meghatározása a felfogóelektróda különböző síkjaihoz viszonyítva



11. ábra. A felfogóelektróda közelében elhelyezett síkon mérve a csúcs és a sík közötti távolság különböző pontjain keletkező emissziós áramok erős légáramban. Az ábrából kivehető, hogy a légáramlás az emissziós áramokat nem befolyásolja

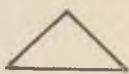
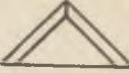
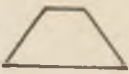
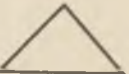


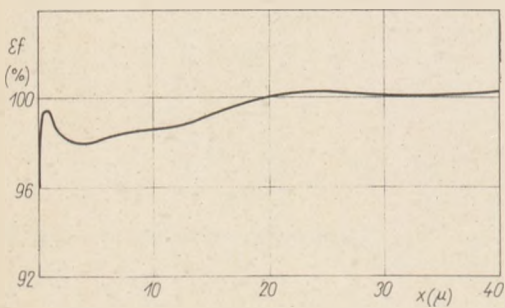
12. ábra. Elektrodaelrendezés elektrolit kádban mért potenciálgörbéi



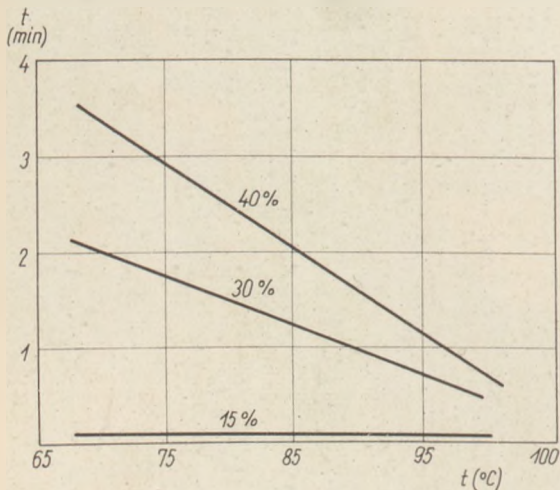
13. ábra. A VVE nagylaboratóriumi elektrofilter berendezés



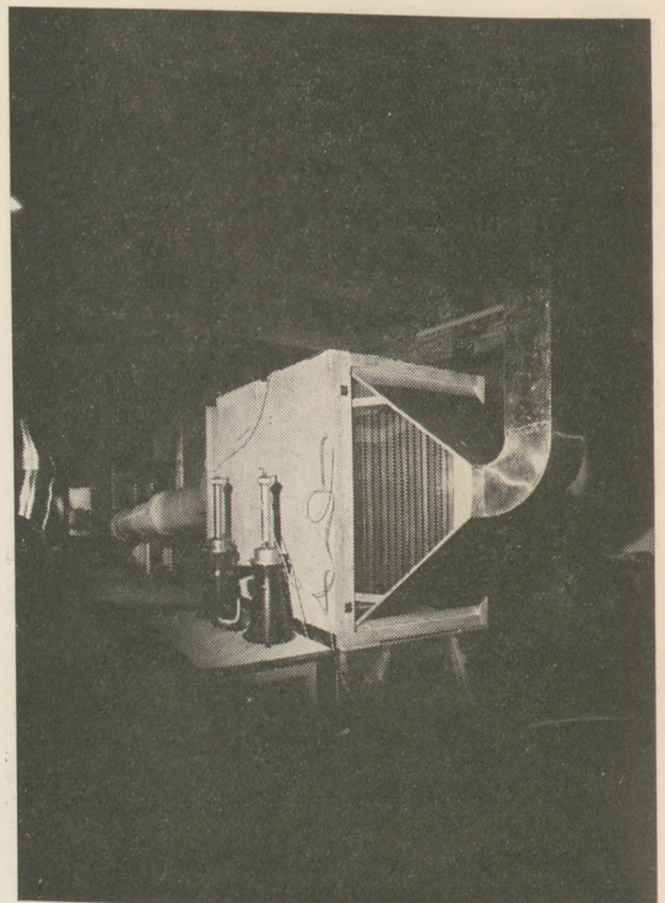
Elektróda sz.	kV =			Csúcskiképzés	kV =		
	30	50	70		30	50	70
1	5	19	78		5	20	100
2	—	11	57		—	13	57
1	7	18	78		3	26	102
2	—	10	48		2	16	76
1	—	10	70		—	5	85
2	—	3—4	36		—	2—3	43
1	—	18	105		—	19	108
2	—	2—3	68		—	3	77



14. ábra. A leválasztó frakció-hatásfoka. Gázáramlás  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ , szűrőáram  $I_{sz} = 2,5 \text{ mA}$ , nedvességtartalom  $\varphi = 27\%$ , belépő teher  $9,81 \text{ g/m}^3$  (A szokásos mérési hibahatáron belül a  $20 \mu$ -nál nagyobb szemcsék tökéletesen leválaszthatók.)



15. ábra. 24 cm úthossz befutásához szükséges idő-hőmérséklet diagram. Paraméter: por súlyszázaléka



16. ábra. BME Áramlástan Tanszék nagylaboratóriumi vizsgálati modellje



Az ábrákon a V irány jelzi az elektróda állását a szélirányhoz viszonyítva.

A koronaáram erőssége függ még a szóróelektróda gázáramláshoz viszonyított elhelyezésétől is, a V-alakú elektródákat csúccsal az áramlás irányába forgatva — tehát az áramlással szemben a V két szára van — az áramerősség nagyobb, mint fordított esetben.

A szóróelektródák kölcsönhatással vannak egymásra (8. ábra).

Ha az egymást követő szóróelektródák csúcsai vízszintes irányban nem fedik egymást, akkor az elektródatávolság függvényében hamarabb létrejön a megfelelő koronaáram (9. ábra).

A szóróelektróda csúcsok kialakítása szintén befolyásolja a koronaáramot (2. táblázat).

A szóróelektródák egymástól való optimális távolságát csak ezután fogjuk vizsgáltatni.

A szóró- és felfogóelektródák egymáshoz viszonyított elhelyezése szintén befolyásolja az elektromos erőteret. A felfogóelektródák hullámhegyénél elhelyezett szóróelektródák koronaárama lényegesen nagyobb a hullámvölgygel szemben levő szóróelektródánál (10. és 11. ábra).

Így lényeges a szóróelektródák elhelyezése az elektrofilter hatásossága szempontjából.

A szóróelektródákról távozó ionok több, mint 90%-a rövid úton jut a felfogóelektródákra, a többit a légáram magával sodorja, vagyis az ionvesztés kevesebb, mint 10%.

A szóró- és felfogóelektródák közti távolság erősen befolyásolja a koronaáram nagyságát. Az optimális távolság meghatározását a későbbiekben vizsgáltatjuk.

Vizsgáltattuk az elektródák közötti elektromos erőteret eloszlását is. A 12. ábra jól szemlélteti az erőteret, mely csak az elektródákhoz közel eső helyeken mutat nagyobb inhomogenitást.

A Veszprémi Vegyipari Egyetem Kémiai Technológiai Tanszéke az elektrofilteres méréseket felvette a laboratóriumi oktatási programjába, ezért Intézetünk Légtechnikai Osztálya által tervezett nagylabor elektrofiltert építettett (13. ábra).

Oktatási méréseken kívül Intézetünk megrendelésére az elektrofilteren olyan vizsgálatokat végeztünk, amelyek az elektrofilterek fejlesztéséhez, tervezéséhez szükségesek.

Egészségi szempontokat is figyelembe véve fontos volt a kvarcpor elektrofilteres leválaszthatóságának vizsgálata. A VVE KT vizsgálata alapján megállapítható, hogy az egészségre ártalmas kvarcporokat jó hatásfokkal le lehet választani elektrofilterrel (14. ábra).

Az elektrofilteres portalanítás területén még

ismeretlen porok, ill. technológiák esetén az elektrofilter méretezéséhez szükséges ismerni a keletkezett szennyezőanyagok leválaszthatósági jellemzőit. Ilyen ismeretlen technológia a HALDEX meddő-habosítás. A por-kátrány keverék leválaszthatóságát, ill. leválasztás után az elektrofilterből eltávolíthatóságát vizsgálták meg. A vizsgálat alapján megállapítható, hogy 40% portartalmú kátrány 100 °C hőmérsékleten még eltávolítható az elektródákról (15. ábra).

A fentiekben kívül megvizsgáltattuk még a perlit szállópor, kohógázpor, UNAX-rendszerű klinkerégetető kemencepor elektrofilteres leválasztási jellemzőit.

A BME Áramlástan Tanszék áramláseloszlási vizsgálatokat végeztet. A gázáram eloszlás erősen befolyásolja a filter működését. Mivel kiskeresztmetszetű csatorna nagy nyílásszögű diffuzorral csatlakozik a filterhez, az áramlás leválik és így egyenlőtlen lesz a gázeloszlás.

A BME Áramlástan Tanszék kismintán (modellben) (16. ábra) megvizsgálta a gáz egyenletes eloszlásának lehetőségeit. A kísérletek alapján a Tanszék megállapította, hogy

— az elektrofilter nyomásvesztésének legnagyobb része a diffuzorban van.

— A filteren belüli közel egyenletes áramlást a felfogóelektródák elé tett torlórácscsal lehet legkönnyebben elérni, ha a filterbe belépő csomak, ill. diffuzor tengelye párhuzamos az elektrofilter hossz tengelyével. Ha a diffuzor tengelye merőleges az elektrofilterre (tetején van), úgy még egy ferde terelőrács is szükséges a kívánt eredmény eléréséhez.

Az üzemi elektrofilterek diffuzorába terelőlemezeket építettünk és a felfogó elektródák elé U-alakú profilvasakból torlófüggönnyel terveztünk, hogy a sebességeloszlás egyenletességét biztosítsuk.

Az elkészült filterekben üzembevetel előtt ellenőriztük a sebességeloszlás egyenletességét. Fő síknak az első és második zóna közti síkot vettük.

Ebben a síkban a sebességeloszlás — légköri állapotú levegővel mértük — gyakorlatilag megfelelő volt. Az első zóna előtti mérősíknak még néhol kevés visszaáramlás is volt, de a zóna elég jól kiegyenlítette a sebességeket. A kilépő síknál a sebességeloszlás jó volt.

Így a modell-kísérletek eredményei az üzemi berendezéseken is igazolódtak.

#### Meteorológia: Porterjedés vizsgálatok

A kéményekből kikerülő szilárd szennyezőanyagok terjedésének ismerete alapján előzetes számításokat lehet végezni az újonnan megépítendő

ipari létesítmények maximális porkibocsátására, illetve a telepítendő gyár helyének kijelölésére is támpontot kapunk.

Az OMEI-nél általunk megrendelt vizsgálatok alapján megállapítható a Hejőcsabai CM környezetének jelenlegi légszennyezettsége, ill. a gyár bővítése után várható légszennyezettség.

A jelenlegi gyár kb. 2 km-es körzetében az ülepedő por mennyisége nagyobb a megengedett értéknél. Az új gyár megépítése után az ülepedő por a megengedett érték alatt marad. Miskolc területén a HCM hatására a lebegőporkoncentráció a 0,21—0,60 mg/m<sup>3</sup> közti értéke évi 0—87 óráig, az új gyár hatására évi 0—10 óráig tart, a 0,60 mg/m<sup>3</sup>-nél nagyobb porkoncentráció jelenleg évi 5—16 óráig, az új gyár üzemelésekor évi 0—10 óráig tart.

A csökkenést a beépített elektrofilterekkel, illetve kiporzásoknál ciklon- vagy zsákos porleválasztó berendezésekkel fogjuk elérni.

A fent felsorolt mérési és kutatási tevékenység természetesen nem öleli fel mindazon feladatokat, melyeket az elektrofilterek hatásos és gazdaságos működése szempontjából figyelembe kell venni, de mindenesetre tájékoztatást ad arról, hogy milyen nagymértékű szellemi tevékenység kell, hogy megelőzzön egy olyan fejlődési folyamatot, mely országos viszonylatban is komoly problémák előtt áll. Egyúttal azt is mutatja, hogy a fejlődésben nincs megállás és ezeket a méréseket újból és újból el kell végezni, mert a módszerek, és az eszközök fejlődése megkívánja, hogy megfelelő tendenciák megállapításával az új törekvések megvalósulása minél kisebb kockázattal járjon.

## I R O D A L O M

- [1] *Verebély L.*: Villamos erőtávitel I.
- [2] *Horváth T.*: Gyakorlati elektrotechnika.
- [3] *Ruhland, E.*: Bilanz einer Reihenuntersuchung der Staubemission von Zementwerken.
- [4] *Beth*: Handbuch der Staubtechnik.
- [5] *Heinrich, O.*: Elektrofiltere határfoka.
- [6] *Busby a. Darby*: Elektrofiltere egyes karakterisztikái.
- [7] SZIKKTI: Vizsgálati jelentés porminták fajlagos ellenállásának méréséről. 1970. XII. 22.
- [8] *Raschovszki L.*: Elektrofiltere elmélete és villamos berendezései. Mérnöki Továbbképző Int. 1968.
- [9] BME Nagyfeszültségű Tanszék: Elektrostatikus gáztisztítók vizsgálata 1971/72.
- [10] Veszprémi Vegyipari Egyetem: HALDEX gyártóvonal por- és kátrányszennyeződés vizsgálata. 1972.
- [11] Veszprémi Vegyipari Egyetem: Tesztporok bevezetésének vizsgálata nagylaboratóriumi elektrofilteren. 1972.
- [12] BME Áramlástan Tanszék: Áramlás vizsgálata az elektrofilter gázelosztó terében. 1970. V. Ebből a cikkből kivonatot jelentetett meg a STAUB Reinhaltung der Luft 1973-ban, német és angol nyelvű kiadásában egyaránt.

[13] Országos Légekörfizikai Intézet: A régi és az új HCM jelenlegi ill. várható légszennyező hatásának vizsgálati eredménye. 1971. IX.

### *Raschovszky Lajos*: Korszerű elektrofiltere folyamatái

Az elektrostatikus leválasztók működőképessége, más leválasztókkal szemben, nagyon erősen függ a leválasztótest geometriai viszonyaitól, valamint a leválasztásra kerülő anyagok és az azokat hordozó gáznemű közegek állapotváltozásaitól.

Ezért az elektrostatikus leválasztók alkalmazása esetén igen körültekintő és sokoldalú mérési folyamatot kell elvégezni. Legtöbb esetben új technológiai vonalak részére építünk elektrofiltereket, ezért csak a korábbi mérések során megállapított vagy mért jellemzők figyelembevételével kialakított tendenciákból levont következtetésekkel lehet a szükséges méreteket és szerkezeti elemeket kialakítani. Így is a legtöbb esetben a technológiai vonal üzemvitelére és a leválasztóra legkedvezőbb jellemzők biztosítása a rendszer, mint egység több hónapon át történő beszabályozását igényli.

### *Раиовский, Л.*: Процессы в современных электро-фильтрах

Действующая способность электростатических пылеосадителей — в отличие от других пылеосадителей — сильно зависит от геометрических формы осадителей, а также от изменения состояния материала, попадающего в осадитель, и несущей его газообразной среды.

В связи с этим в случае применения электростатических осадителей необходимо проводить тщательные измерения. В большинстве случаев электрофильтры изготавливаются для новых технологических линий, в связи с чем необходимые размеры и конструктивные элементы создаются на основе проведенных ранее измерений, а также с учетом накопленного опыта. Таким образом во многих случаях в интересах обеспечения наиболее благоприятных условий эксплуатации технологической линии, а также пылеотделения, необходимо проводить регулировку всей системы в целом, которая может продолжаться в течение нескольких месяцев.

### *Raschovszky, Lajos*: Physikalische Vorgänge im modernen Elektrofilter

Die richtige Arbeitsweise elektrostatischer Abscheider ist, anderen Abscheidertypen gegenüber, weitgehend von den geometrischen Verhältnissen der Abscheidungskörper, sowie den Zustandsänderungen der abzuscheidenden Stoffe und ihrer fortbewegenden gasartigen Medien abhängig.

Zur Einführung elektrostatischer Abscheider müssen daher gut durchdachte und vielseitige Messungen durchgeführt werden. Elektrofilter werden meistens zu neuen technologischen Fertigungsstrecken gebaut und somit können deren entsprechende Abmessungen und Bauelemente nur aufgrund verschiedener, von früheren Messungen ausgehend festgelegten Charakteristiken abgeleiteter Tendenzen errechnet und ausgelegt werden. Selbst bei dieser Vorgangsweise beansprucht der Betrieb der technologischen Fertigungsstrecke und des Abscheiders, als eine gemeinsame Betriebseinheit, eine Einregulierung von mehreren Monaten.

### *Raschovszky, Lajos*: Processes in Up-to-Date Electrofilters

The operation of electrostatic precipitators depends to a high extent on the geometric conditions of the precipitating body as well as on the state changes of the substances to be precipitated and of their carrier gases. This means that a detailed and manysided survey is required prior to the application of electrofilters. As electrostatic dust precipitators are built usually for new technological lines, only measured or estimated tendencies of already existing similar plants are at disposal for sizes and structural units and a careful and lasting (several months) adjustment is required after installation to achieve optimum operation of the technological line and the precipitator.



# Kalciumhidroszilikátok fázisváltásai CO<sub>2</sub>-hatására\*

M A T O U S E K M I L A N,  
Műszaki Egyetem, Brno.

Cement hidratációjakor a fizikai szerkezetváltozás kezdete viszonylag gyorsan követhető, mégpedig közvetlen a szilárdulás után. Ebben az időszakban a gél-állapotú kalciumhidroszilikátok mellett mindenek előtt az ettringit és portlandit kristályok határozzák meg a cementkő szerkezeti képét. A hidratáció továbbhaladása során normál körülmények között az ettringit-kristályok hamarosan eltűnnek, míg a portlandit a külső hatásoktól függően még viszonylag hosszú ideig megfigyelhető. A kalciumhidroszilicát-gél lassan öregszik, xerogél állapotba kerül, és ebből tű és lemez alakú képződmények keletkeznek, azaz elegendő hosszú idő után rosszul kristályosodott kalciumhidroszilikátokká alakul.

A gyakorlatban a cementgél önmagában nem fordul elő, inkább betonok kötőanyag-komponenseként, és mint ilyen, ki van téve az időjárás viszonyosságainak.

Közleményemben a figyelem az atmoszférikus széndioxidnak a hidratálódó cement-gélre kifejtett hatására irányul, mivel ez esetben a fázishatáron — szilárd cement-gél és levegőközeg — nagyon intenzív a kölcsönhatás.

A széndioxid ugyanis a CSH-alkotókhoz egy felületi rétegen keresztül diffúzió útján jut el, melynek lefolyása a Fick-törvény szerint történik. A rendkívül apró cement-gél pórusokon keresztül szabad útjuk van a CO<sub>2</sub>-molekuláknak, az azon történő átdiffundálás azonban egy lassú folyamat. Ezt a megállapítást alátámasztja még a gél és CSH-kristályok nagy felületi tagolódása is. Ugyanilyen értelemben hat a széndioxid levegőben levő viszonylag kis koncentrációja, valamint az a körülmény, hogy a gél-pórusokat normál körülmények között a hidratációs termékek vizes oldata tölti ki.

Nem hagyható figyelmen kívül, hogy a betonban számos olyan nagyobb pórus, kapilláris és makropórus fordul elő, amelyet levegő tölt ki, és amelyen a széndioxid olyan gyorsan diffundál keresztül, ahogy azt a koncentrációgradiens lehetővé teszi. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy a karbonátosodás itt erősen függ a betonszerkezet-től, különösen a tömörségtől, porozitástól és a gélporozitástól.

Továbbá fontos szerepet játszik a közeg és a beton nedvességtartalma, valamint a felületkezelés és a hidratációs idő. Ez másrésztől azt is jelenti, hogy a karbonátosodás mértéke függ a próbatest felületétől való távolságtól is.

A betonba diffundáló széndioxid, illetve a szemcsék közti oldat széndioxid-tartalma mindenek előtt, a kalciumhidroxiddal reagál. Ez az első periódus, amely a pH-érték erős csökkenésével ér véget. A második periódusban a kalciumhidroszilikátok, majd később az aluminátok reagálnak termodinamikai szempontból olyan sorrend szerint, ahogy azt Mcesedlov—Petroszján meghatározta. Ezen reakció eredményeképpen nemcsak kalcit keletkezik, mint általában a kalciumhidroxid karbonátosodásakor szokásos, hanem metastabil vaterit és aragonit is. Ezek a nem stabil fázisok később kalcittá alakulhatnak át, mint ahogy erre Lach és Sauman és utalnak.

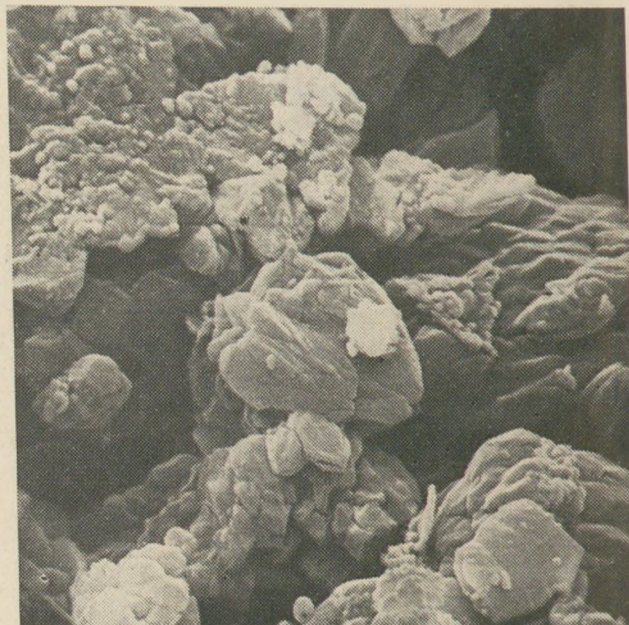
Egyébként a második periódus azzal jellemezhető, hogy az újonnan keletkezett karbonátok mindig a keletkezés helyén maradnak úgy, hogy optikai vagy elektronmikroszkópiai vizsgálat során, a cementgél szerkezetében a kalciumhidroszilikátok pseudomorf módosulatainak tűnnek. A pH-érték ebben a periódusban 8—9 alá csökken, ami a betonacélra nézve fokozott korrózióveszélyt jelent.

\* A XI. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.





1. ábra



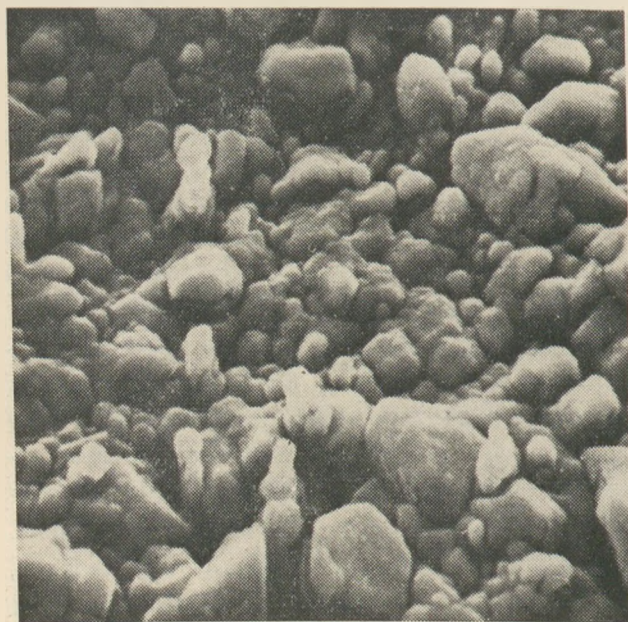
2. ábra

Tanszékünkön a beton karbonátosodásának egy további periódusát figyeltük meg, tehát egy harmadik periódust, amelynek fázisátalakulásában a még mindig jelenlevő nedvesség is részt vesz. Ebben a periódusban viszonylag nagy, kristallográfiaiailag jól fejlett karbonát kristályok keletkeznek és hasábok, alacsony romboéderek (kalcit esetében) vagy háromszor összenőtt kristályok (aragonit esetében) fordulnak elő, illetve gömbkristály formájában összenőnek. Ezek a durván kristályosodott új képződmények a szerkezetben

viszonylag nagy kristálynyomásokat hoznak létre, ami a szilárdság és a tapadókéesség csökkenését eredményezi. Ezt a nagyon káros jelenséget betonkonstrukcióknál már kb. 40 éve megállapítottuk.

A továbbiakban a cementkő karbonátosodásának fontosabb periódusairól néhány elektronmikroszkópiai felvételt mutatunk be.

Az 1. ábra a cementhidratáció kezdeti szakaszát mutatja be, a minta egy kb. 1 éves betontárgy belsejéből származik. Itt hatszögletű lemezek formájában portlandit kristályok, valamint kisebb

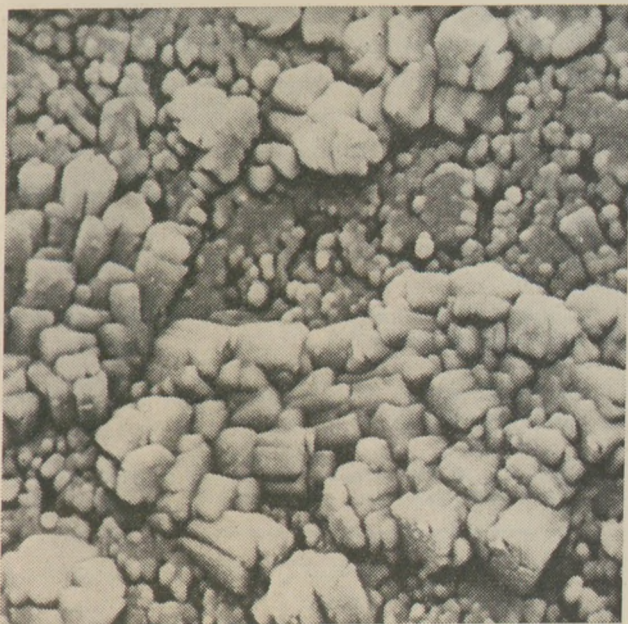


3. ábra



4. ábra





5. ábra

tűszerű ettringit kristályok láthatók. Az alapot amorf cementgél képezi.

A 2. ábra nagyításban kalciumhidroszilikát gél mutat be, mégpedig a szokásos szemcsés formában. A minta egy 5 éves betontárgy belsejéből származik.

A 3. ábra ugyanezt a gél mutatja be egy 60 éves beton mintából. Már a gél felületén is látható, hogy nagyon előregedett. Ez tehát egy xerogél, amely tömör és számos apró hajszálrepedés borítja. A felvétel közepén fehér vaterit kristály kiválás látható.

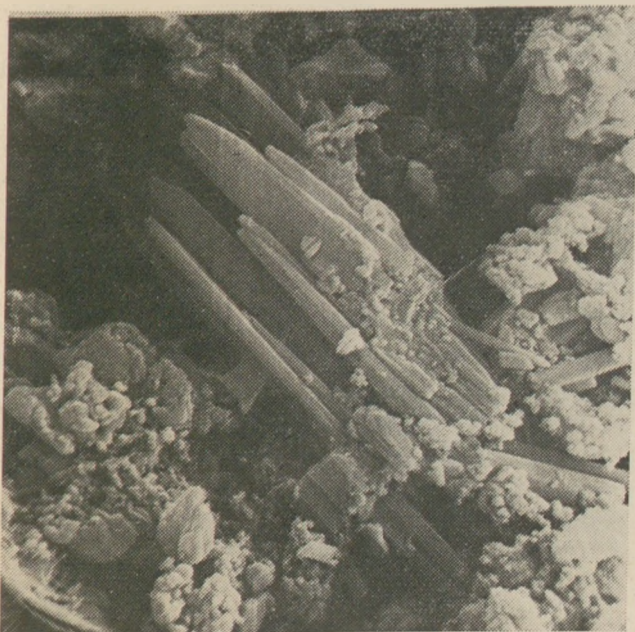


6. ábra

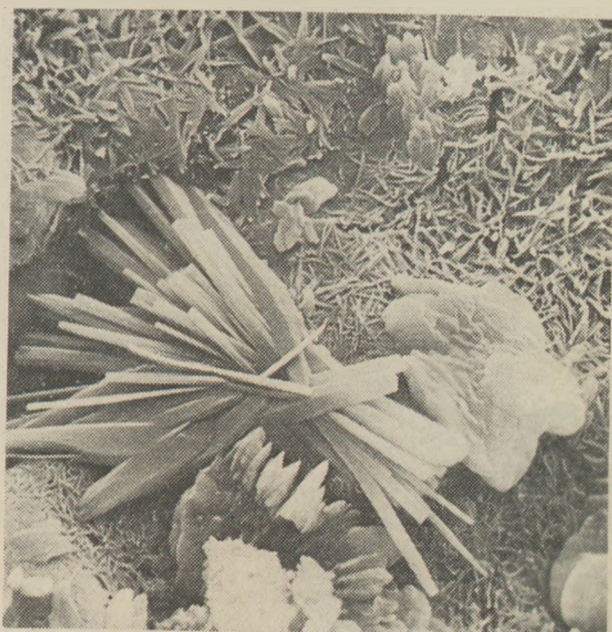
A 4. ábra mesterségesen növesztett vaterit kristályokat mutat be. Ezek ugyanolyan formával jelentkeznek, mint a betonban karbonátosodáskor, mindenek előtt a CSH és CAH fázisokból kivált kristályok.

Az 5. ábrán számos aragonit kristály látható. Az aragonit kristályok leginkább alumínátokban dús fázisokból keletkeznek. Külső forma szerint ezek a kristályok teljesen hasonlóak a természetben előforduló aragonit kristályokhoz.

A karbonátosodás harmadik szakaszában, szá-



7. ábra



8. ábra



mos nagy, hasáb alakú kristály keletkezik, amelyek nagy kristálynomást fejtenek ki, azonban ezidáig még nem voltak azonosíthatók. A 6. ábra ilyen kristályokat mutat be, amelyek leginkább kapillárisokban vagy repedések felületén keletkeznek.

A 7. ábrán autoklávban szilárdított beton szövetszerkezete látható. Az első periódus itt elmarad, a másodikban pedig számos pseudomorf, tobermoritszerű kristály keletkezik. Az újdonság itt az, hogy ezen a felvételen egyúttal a harmadik periódus is látható. A 7. ábra tehát főleg a második periódus állapotát mutatja, azaz a pseudomorf, összenőtt tobermorit kristályokat.

A 8. ábra az utolsó, azaz a harmadik periódust

mutatja be. Az alapmasszát pseudomorf tobermorit képezi és ebből nőnek ki a nagy karbonát kristályok. A felvétel közepén látható hasáb alakú kristályok feltehetően aragonit kristályok, a számos apró romboéder pedig kalcit. Az alapmasszában egy repedés figyelhető meg, amely a durvakristályos karbonát-képződmények növekedésének a következménye.

*Matoušek, M.: Фазовые изменения гидросиликатов кальция под влиянием CO<sub>2</sub>*

*Matoušek, Milán: Phasenänderungen der Calciumhydroxide unter der Wirkung von CO<sub>2</sub>*

*Matoušek, Milan: Phase Changes of Calcium Silicate Hydrates under the effect of CO<sub>2</sub>*

## Egyesületi élet

Egyesületünk *Környezetvédelmi Munkabizottsága* 1974. február 7-én tartotta meg ezévi első összejövetelét. A megbeszélés tárgya a „Cement- és mészipar szennyezőanyag emissziójának helyzete”. *Berzeviczy Ádámné* tudományos munkatárs tartott vitaindító bevezetőt. A rövid beszámolót követő élénk vitában a cement- és mészipar vezető szakemberei — *Dr. Mihócs Ferenc* vezérigazgató-helyettes, *Szabó István* igazgató, *Martin Antal* műszaki igazgató, *Nagy Mihály* műszaki igazgató, *Sólyom László* műszaki igazgató, *Dr. Székely István* osztályvezető, *Pintér Sándor* osztályvezető — tettek kritikai észrevételeket és javaslatokat. A feltett kérdésekre adott válaszok után *Dr. Szijj Ferenc* tudományos osztályvezető, a munkabizottság veze-

tője az alábbiak szerint foglalta össze az elhangzottakat:

- A magyar cement- és mészipari szakemberek kívánatosnak tartják, hogy a különböző területeken folyó, az iparági szennyező anyagok kibocsátásának csökkentésére irányuló tevékenységről a környezetvédelmi munkabizottság tájékozódjon és biztosítsa az érdekelt szakemberek rendszeres eszmecserejét.
- A porvédelem költségbecslését bizonytalanná teszi a kiegészítő berendezések előre nehezen látható költségigénye. Célszerű ennek pontosítása a gyárak szakembereivel a helyszínen való személyes konzultáció.
- A gyors és hatékony porvédelem biztosítására célszerű lenne megvizsgálni a fejlet-

tebb országokban eredményesen alkalmazott módszerek és eszközök átvételének módozatait.

- A védelem eszközeinek fejlesztésével összhangban azok rendszeres karbantartásának biztosítása elengedhetetlen. A karbantartás előtt és után méréseket kell végezni. Az iparág érdekvédelme indokoltá teszi időszakonként a megtett műszaki-technológiai intézkedések környezetre gyakorolt hatásának lemérését. E szokásosnál részletesebb emissziós-imisziós együttes mérési feladatra célszerű az iparág szakintézetének felkészülnie.
- Nemcsak új berendezések létrehozásához, hanem vásárolandó eszközök kiválasztásához, üzembeállításához is elengedhetetlen a hazai eredetű poranyagok (keverékek) fizikai-kémiai tulajdonságainak rendszeres vizsgálata. (Sz. F.)

A szerkesztésért felel:  
Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

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

Felelős kiadó:  
Siklósi Norbert

Kiadja:  
Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest VII., Lenin krt. 9—11.  
Telefon: 221-285. Levélcím: 1906. Postafiók 223.

74.4., 2513 Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.  
F. v.: Pováry Jenő.

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI, 1900 Budapest V., József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215—96 162 pénzforgalmi jelzőszámára. — A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra” P. O. B. 149. Budapest 62. Előfizetési díj: negyedévre 22,50 Ft; félévre 45,— Ft; egyes szám ára: 7,50 Ft.

Index: 25 250



# Homogenitási vizsgálat üvegyipari gépi keverék-készítéshez\*

DOERING, K.—POHLE, G.  
VEB Jenacr Glaswerk Schott & Gen., Jena

Az üveglvadék homogenitását és ezzel a késztermék minőségét nagymértékben befolyásolja az egyes nyersanyagok egyenletes eloszlása a keverékben.

A jó minőségű keverék előállítására szempontjából igen fontos a nyersanyagok viselkedése a keverés folyamata alatt és a keverék állapota a berendezés elhagyása után.

Ehhez a következőket kell megvizsgálni:

- az adott keverőberendezés optimális keverési idejét,
- az optimális keverési idő és a nyersanyagok szemnagyságának összefüggését,
- a szétkeveredési hajlamot az optimális keverési idő után.

A gépi úton készített keverékek példáján, amelyet kétfajta optikai üveg előállításához használnak fel, bemutatjuk a vizsgálati lehetőségeket a klasszikus kémiai, fizikai-kémiai és az újabb fizikai vizsgálati módszerek alapján. A kapott mérési adatokat matematikai statisztikai szempontból értékeljük ki. Az ebből adódó következtetések fontos útmutatásokat adnak a keverék-készítés technológiai folyamatának fejlesztéséhez.

## Vizsgálati módszerek

A tapasztalatok alapján meghatározott szemcse-nagyságú és kémiai összetételű nyersanyagok összekeverése a legjobb esetben is csak hozzávetőleges, melynek alkotórészei statisztikus eloszlásúak. A keveredést tehát csak a matematikai statisztikai módszerrel lehet értékelni. A keveredési folyamatok vizsgálatához a keverékből meghatározott időpontokban — és lehetőleg nagy számban — vett mintákból meghatározzák az egyes alkotórészek

abszolút mennyiségét, ill. fizikai paraméterét. Ebből megkapják a szabványostól való eltéréseket, mint az időbeni elkeveredésre jellemző értékeket.

A keverékösszetétel állandóságának vizsgálati természetüknél fogva igen gyakoriak. Ezért az optikai üvegkeverékek sokaságából két tipikust választottunk ki, amelyek tulajdonságai és a várható eredményei tekintetében mindenfajta üvegkeverék megítélését lehetővé teszik. A két üvegkeverék kémiai összetétele és a szemnagyság eloszlása az 1. és 2. táblázatból látható. A nyersanyagokat „Saxonia” keverőberendezésben, nedvesítés nélkül keverték össze.

A 64-es számú Szakbizottság — Német Üvegyipari Társaság (DDG) — 1966-ban beszámolójában néhány általánosan alkalmazható üvegkeverék-vizsgálati módszert ajánlott. A keverékalkatrészek oldatos meghatározásán kívül javasolták a fizikai eljárásokat is.

Az „A” keverékben kémiai úton meghatározták a szóda és hamuzsír tartalmát (összalkálit), és a mézspát kalciumoxid tartalmát. Ugyanczen keveréknél a kedvező szemcsemegoszlás alapján elegáns fizikai módszer kínálkozott. A keverés megkezdése előtt 0,8—1,0 mm szemcsézetségű és meghatározott mennyiségű színezett káliumkarbonátot adtak a bémért nyersanyagokhoz. A színezett szemcsék vizuális megszámlálása lehetővé tette a kapott számsorok értékelését hasonló módon, mint a keverékalkatrészek kémiai-analitikai úton történő meghatározásánál. A káliumkarbonát-szemcsék színezéséhez a „fluogén-vörös” festékpigmentet használták. Ez a festőanyag nagyon erősen világít nap-pali fényben, és biztosítja a szükséges kontrasztot a keverék sajátos színéhez viszonyítva.

A „B” keverék jellemző alkatrészét, a minimumot komplexometriás titrálással határozták meg. Ezen kívül megmérték a vizes oldatának elektromos

\* A XI. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

1. táblázat

A keverékek vegyi összetétele

„A” keverék	súly- százalék	„B” keverék	súly- százalék
SiO <sub>2</sub>	56,1	SiO <sub>2</sub> (liszt)	35,17
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	7,48	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2,42
NaNO <sub>3</sub>	8,75	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5,74
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8,86	KNO <sub>3</sub>	3,04
CaCO <sub>3</sub>	16,63	Pb <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	49,97
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,97	TiO <sub>2</sub>	3,39
NaCl	1,21	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,27

vezetőképességét. E fizikai-kémiai módszer igen ésszerű, mivel az oldatos elemzéskor szükséges elválasztási műveletek mellőzhetők. Jelen esetben mégis a hátránya az, hogy a három keverékalkatrész, nevezetesen a szóda, a hamuzsír és a káliumnitrát hozzájárulnak a vezetőképesség növeléséhez, és összegezett értéket adnak.

### Próbavétel és a próba előkészítése

Valamely keverék megítéléséhez homogenitása szempontjából — mint már említettük — nagyszámú, meghatározott mennyiségű mintavétel szükséges a teljes keverékből. A korábbi tapasztalatok (1969) alapján 30 próba elegendő ahhoz, hogy a statisztikai számításokat és az összehasonlításokat ésszerűen el lehessen végezni.

A minta mennyiségét valamennyi vizsgálati módszernél 12,0 ml-ben állapították meg. A mintát a keverékből vették henger alakú mintavevő kanál segítségével (a kanál magassága az átmérővel egyenlő). A színezett káliumkarbonát-szemcsékkel végzett vizsgálat állandó térfogatot követel meg. A vizsgálatok során ügyeltek arra, hogy a mintavevő kanál teljesen és pontosan meg legyen töltve. A mintavétel a keverék homogenitásának megállapításához mindig 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 és 5,0 perc keverési idő után történik.

A keverékalkatrészek vezetőképességének méréséhez és az oldatos meghatározásához a mintát porcelán mozsárban egyetlen szétdörzsölték. A színezett káliumkarbonát-szemcsék számlálásához ap-

2. táblázat

A keverékek szemcsenagyságának összetétele

(mm)	A keverék	B keverék
	súlyszázalék	
1	2	3
1,0-nál nagyobb	0,55	0,6
0,63-től 1,0-ig	5,05	3,6
0,315-től 0,63-ig	22,25	2,8
0,20-től 0,315-ig	32,30	1,3
0,125-től 0,20-ig	22,40	0,8
0,063-től 0,125-ig	9,1	2,8
kisebb mint 0,063	8,35	88,1

ritatlan mintára volt szükség. A keverékhez adagolt színes káliumkarbonát-mennyiséget úgy határozták meg, hogy az egységnyi mintamennyiségre körülbelül 100 db színezett szemcsét számítottak, ami 340 kg keverékmennyiséghez 2,0 kg színezett káliumkarbonát adagolását jelentette.

### Értékelés

Az alkalmazott mintavételi eljárás szerint időbeni homogenitási állapotra 30—30 értékből álló mérési sorokat kaptak. A keverék homogenitását az „R” variációs és az „s” szabványos eltérés jellemzi. Minden méréssorozat „R” tartományának értéke a legnagyobb és a legkisebb értékkülönbségből adódik:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1)$$

A közepes négyzetes eltérést a (2) képlet fejezi ki

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

ahol  $n-1$  a szabadságfok száma,

$n$  az egyedi vizsgálatok értékeinek száma,

$x_i$  egyedi értékek száma,

$\bar{x}$  az  $n$ -számú  $x_i$  egyedi érték középértéke,  
 $s$  szabványos eltérés, amelynek pozitív értéke  $\sqrt{s^2}$ .

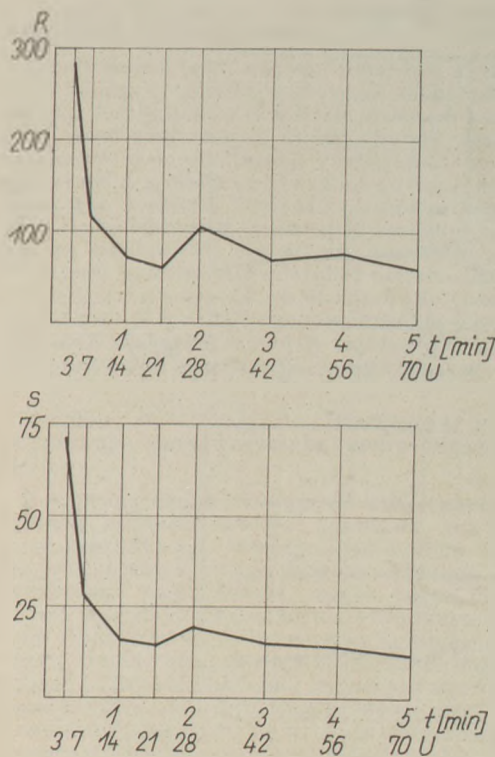
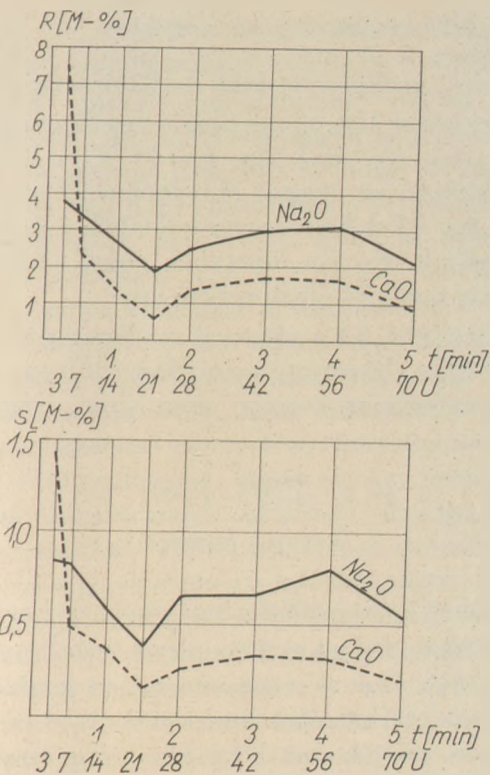
Az „R” tartományát és az  $s$  szabványos eltérést a keverési idő függvényében grafikusán ábrázoltuk.

### Az eredmények megvitatása

Az 1. ábra a szóda, a hamuzsír és a mézspát elkeveredését szemlélteti az „A” keverékben, melyet az „R” és az „s” paraméterek jellemeznek, a keverési idő függvényében. Mindkét görbénél szembeeső a 1,5 perces keverési időnél fellépő minimum. Továbbá látható, hogy a CaO görbe az elkeveredés lefolyását kifejezettebben szemlélteti mint a Na<sub>2</sub>O görbe. Az „A” keverékben a színezett káliumkarbonáttal végzett fizikai vizsgálat görbéje (lásd a 2. ábrát) hasonló lefutást mutat. Mindenekelőtt az „R”, ill. az „s” minimuma figyelhető meg 1,5 perces keverési időnél. Ezek a minimumok a keverési idő növekedésével enyhe emelkedést mutatnak. Ez egyértelmű azzal, hogy csekély szétkeveredés következik be, amelyet a keverékkészítéshez felhasznált nyersanyagok különböző szemcsenagyságai okoznak. Csupán hosszabb keverési idő után (4,5 perc) érhető el ismét az eredeti minimum.

Valamennyi görbénél a 1,5 perces keverési időnél fellépő minimum megfelel a „Saxonia” keverő-





1. ábra. A szóda, hamuzsír és mészpát elkeveredésének lefolyása az „A” keverékben (kémiai módszer):  $R$ , ill.  $s=f(t)$  ( $t$  keverési idő),  $U$  keverő berendezés fordulatszáma

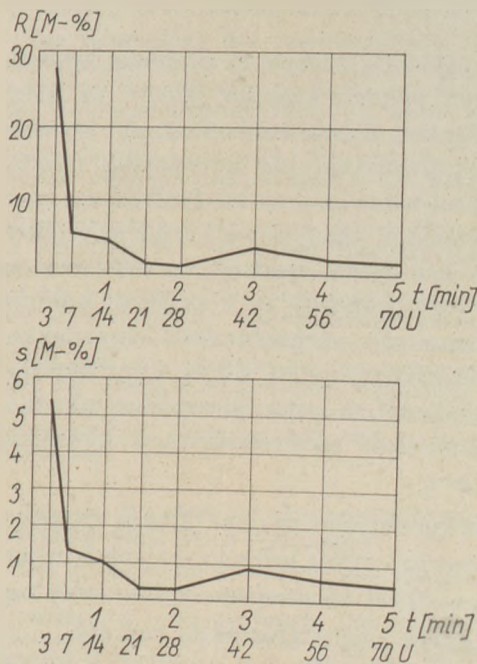
2. ábra. Az „A” keverék elkeveredésének lefolyása (fizikai módszer)  $R$ , ill.  $s=f(t)$  ( $t$  keverési idő),  $U$  keverőberendezés fordulatszáma

berendezéssel — az adott paraméterek mellett, mint pl. a nyersanyagok kémiai összetétele, szemcse nagyság eloszlása, a keverőberendezés terhelése — elérhető optimális keverék-homogenitásnak.

A 3. ábra a „B” keverék elkeveredésének lefolyását szemlélteti a minimum értékekre vonatkoztatva. Az elkeveredési görbék lényegében ugyanazt a lefutást mutatják mint az „A” keverék esetében.

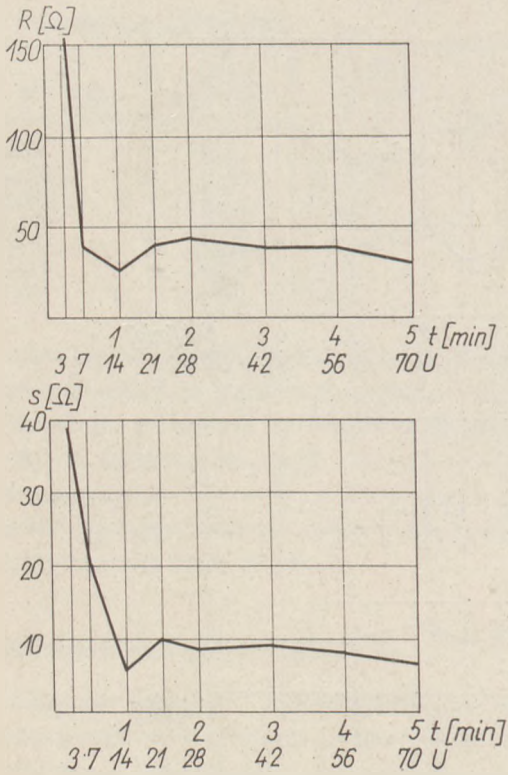
A homogenitás maximuma ugyancsak 1,5 perces keverési idő esetén áll fenn. A görbék általánosan megfigyelt emelkedése az „R” tartomány, ill. az „s” szabványos eltérés minimumán történő áthaladás után ennél a keverékfajtánál kevésbé jellegzetes. A vezetőképesség mérés alapján meghatározott, vízben oldható keverék részarányok elkeveredését mutatja a 4. ábra. Itt a legalacsonyabb „R”, „s” érték már 1,0 perc keverési idő eltelte után bekövetkezik. Ezt az eltérést az előző görbékhez viszonyítva a meghatározási módszer különbözőségével lehet magyarázni. A vizsgált keverékben az elektromos vezetőképességhez 3 alkotórész járul hozzá: a szóda, a hamuzsír és a káliumnitrát, amelyek együttes meghatározása a keverék idő előtti homogenitását jelzi.

A különböző vizsgálati eljárások egyidejű alkalmazása a keverék homogenitásának ellenőrzéséhez lehetőséget ad a módszeres összehasonlításra az



3. ábra. Az ólomkeverék alkatrész elkeveredésének lefolyása a B üvegkeverékben (kémiai módszer)  $R$  ill.  $s=f(t)$  ( $t$  keverési idő),  $U$  keverőberendezés fordulatszáma

alkalmazhatóság, az értékelés és az idősükséglet tekintetében. Így például az oldatos vizsgálatok kifejezetten egyenletes görbéket mutatnak, ha csak egy-egy keverék alkatrészt vizsgálnak meg. Ez



4. ábra. A szóda hamuszír és káliumnátrít (alkatrészek elkeveredésének lefolyása a B keverékben (fizikai-kémiai módszer):  $R$ , ill.  $s=f(t)$  keverési idő,  $U$  keverőberendezés fordulatszám)

mutatkozik például a mészpát és a minium keverék alkatrészekből történő kalcium, illetve az ólom meghatározásakor. Ezzel szemben az „A” keverék alkáli meghatározásánál két nyersanyag (szóda, hamuszír) járul hozzá az elemzési értékekhez, ezért olyan görbe adódik, amelyeknek kisebb az értékelhetősége. A két fizikai módszer, nevezetesen az elektromos vezetőképesség és a színezett káliumkarbonát szemcsék megszámlálása ugyanakkor kedvezőbb eredményeket ad. Ehhez a munkaráfördítés is csekélyebb. A színezési módszer alkalmazása meghatározott szemcsenagyságú keverékre van korlátozva.

A vezetőképesség mérését és az oldatos vizsgálati eljárást elsősorban akkor kell a keverékek homogenitási vizsgálatánál alkalmazni, amikor csak egy keverékalkatrész meghatározásáról van szó.

A homogenitási vizsgálatból kapott eredmények lehetővé teszik, hogy megállapítsák az adott üvegkeveréknél alkalmazott keverőberendezés részére szükséges keverési feltételeket. Lehetővé teszik továbbá a keverékkészítési technológia optimalizálását, mely döntően hozzájárul, hogy a munkatermelékenység a termelés előkészítő szakaszában fokozni lehessen.

## A kísérletek lefolytatása

### Az „A” keverék alkálitartalmának meghatározása

A 0,70 g keveréket 100 ml desztillált vizet tartalmazó 250 ml-es főzőpohárban 40–50 °C-ra felmelegítik. Miután az oldatot szobahőmérsékletre lehűtötték, 300 ml-es Erlenmeyer-lombikba szűrőpapíron átszűrik. Ezután desztillált vízzel addig mossuk, amíg a szűrlet alkálimentes lesz.

A tiszta szűrletet 0,1  $n$  sósavval metilorange indikátor (0,1%-os, 10 csepp) hozzáadása után (sárgából hagymasárgába történő átcsapásig) megtitrlják.

$$\text{Na}_2\text{O súly}\% = \frac{\text{ml } 0,1 \text{ } n \text{ HCl} \cdot 3,0991 \cdot 100}{\text{keverék bemérés}} \quad (3)$$

### Az „A” keverék kalciumtartalmának meghatározása

1,5 g keverékhez 300 ml-es Erlenmeyer-lombikban 25 ml desztillált vizet és cseppenként 5 ml tömény sósavat adnak. A keveréket felmelegítik, 2–3 percig forrásban tartják, ezt követően pedig vízzel 150 ml-re hígítják. Az oldathoz 0,1 mólos „Chelaplex-3”-t adnak a szükséges mennyiség körülbelül 80%-ában. Ezután 2  $n$  nátronlúggal, a pH értéket körülbelül 12-re állítják be, és 0,1 mólos „Chelaplex 3”-mal addig titrlják, amíg a színeződés vörös-ibolyáról kékes-ibolyára csap át.

$$\text{CaO súly}\% = \frac{\text{ml } 0,1 \text{ mól „Chelaplex-3”} \cdot 5,608 \cdot 100}{\text{keverék bemérés}} \quad (4)$$

(A számításnál figyelembe kell venni a „Chelaplex-3” faktorát.)

### A „B” keverék ólomtartalmának meghatározása

0,7 g keverékhez 500 ml-es Erlenmeyer-lombikban 50 ml desztillált vizet, 2 ml tömény salétromsavat és 3–4 csepp 30%-os hidrogénperoxidot adnak hozzá. Az oldatot felmelegítik és 4 percig állandó keverés közben forralják. Nem szabad semmiféle fekete maradéknak visszamaradnia ( $\text{PbO}_2$ ). Az oldatot lehűlése után desztillált vízzel 150 ml-re hígítják, és hexametilentetraminnal a pH-t 5-ös értékre állítják be. Ezt követően 0,1 mólos „Chelaplex-3”-mal xylenol-narancssárga indikátor segítségével vörösés-kékről sárgára titrlják.

$$\text{PbO súly}\% = \frac{\text{ml } 0,1 \text{ mól „Chelaplex-3”} \cdot 22,319 \cdot 100}{\text{keverés bemérés}} \quad (5)$$

(A számításnál figyelembe veendő a „Chelaplex-3” faktora.)



### Az „A” keverékhez adagolandó színes káliumkarbonát tartalmának elkészítése

12 g „piakril granulátumot”<sup>1</sup> 50 ml benzolban oldanak. Az oldási folyamatot szobahőmérsékleten 1—2 nap után befejezik. Az oldást oly módon gyorsítják meg, hogy visszacsepegő hűtő alkalmazásával felmelegítik az oldatot. Ebbe az oldatba 30 g „fluogén-vörös 0,23 N”<sup>2</sup> nappali fényenél világító pigmentet adagolnak és összekeverik.

500 g 8—1,0 mm szemcsenagyságú káliumkarbonátot a festékanyag hozzáadása után erőteljesen összekeverik addig, amíg valamennyi káliumkarbonát szemcse egyenletesen festékpigment réteggel be nem nedvesedik, illetve be nem vonódik. A nedves preparátumot szárítószekrényben 80 °C-on megszáritják. Ennek során igen gyorsan bekövetkezik a pigmentréteg megkeményedése. A szárítási folyamat alatt a színezett káliumkarbonátot állandóan forgatni kell, hogy a részecskék összetapadását el lehessen kerülni.

Az esetleges összecsomósodásokat szárítás után enyhe szétnyomással szüntetik meg vászonrongy segítségével. Ezt követően szitálást végeznek a jelzett 0,0—1,0 mm-es szemcsefrakcióra.

### A „B” keverék elektromos vezetőképességének meghatározása

2,0 g keveréket  $\pm 1,0$  mg pontossággal 250 ml-es mérőlombikba mérnek be. A mérőlombikot desztillált vízzel jelig feltöltik, majd mozzgatással feloldják a vízben oldható alkatrészeket. Az elektromos vezetőképesség mérése termosztátos mérőcellában történik. A vizsgálandó oldatba két, egymástól 3 cm távolságba platinaelektrodót mártanak, amelyek felülete egyenként 2 cm<sup>2</sup>.

Az oldat elektromos ellenállását mérőhíddal<sup>3</sup> mérik  $f = 50$  Hz frekvencián.

<sup>1</sup> A piakril granulátumot a következő vállalat gyártja Düngemittelkombinat VEB Stickstoffwerk Piesteritz, 4602 Wittenberg-Lutherstadt (NDK).

<sup>2</sup> A nappali fény világító pigmentet, amelynek elnevezése: „fluogén-vörös 0,23 N” vegyi-műszaki szükségletre a Hannalíngyár ill. a következő vállalat gyártja: Richard Wibelitz Vállalat, 14 Oranienburg (NDK).

<sup>3</sup> A 221—3 típusú, RIC jelű egyemetemes mérőhídról van szó, amelyet a Drezdai VEB Funkwerk gyárt (NDK).

### IRODALOM

Fachausschussbericht Nr. 64 der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft: über das Mischen von Rohstoffmengen für die Glasschmelze, Frankfurt (Main), August 1966.

Doering, K. und Pohle, G. (1969): Silikattechnik 20, 197.

### Doering, K.—Pohle, G.: Homogenitási vizsgálat üvegipari gépi keverék-készítéshez

Új olvasztási technológiák bevezetése az üvegiparban mind jobban növeli az üvegkeverék ellenőrzésének jelentőségét. A folyamatos olvasztási eljárások különösen optikai üvegeknél megkövetelik állandó összetételű és egyenletes keverékadagolás biztosítását hosszabb időszakon át. A szerzők optikai tömegüvegek részére automatikusan készített keveréksorozatokat klasszikus kémiai, fiziko-kémiai és fizikai módszerekkel végzett vizsgálatok alkalmazási lehetőségeit mutatják be. A szűrőpróbáknál nyert mérési adatokat matematikai-statisztikai módszerrel értékelik, és ellenőrző kártyákra rögzítik. Az ezekből levonható megállapításokat elsősorban az automatikus keverékkészítés technológiai folyamatára gyakorolt hatás szempontjából vitatják meg.

### Доэринг, К.—Похле, Г.: Обеспечение постоянства состава при автоматическом приготовлении стекломассы

Внедрение новых технологий стекловарения в стекольной промышленности повышает значение контроля стекломассы. Непрерывные методы стекловарения — особенно в случае оптических стекол — требуют обеспечения равномерной подачи смеси постоянного состава в течение продолжительного промежутка времени. Описываются возможные применения классических химических, физико-химических и физических методов испытаний на серии смесей для массового оптического стекла, приготовленных автоматически. Оценка полученных результатов проводится математическим методом и регистрируется на контрольных карточках. Выводы, сделанные на основе этой оценки, обсуждаются в первую очередь с точки зрения влияния автоматического приготовления стекломассы на технологический процесс.

### Doering, K.—Pohle, G.: Gleichmäßigkeitsuntersuchungen bei der automatischen Glasgemenzubereitung

Zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit und Qualität von Glasgemengen werden am Beispiel automatisch gefertigter Gemengechargen für zwei optische Glastypen die Untersuchungsmöglichkeiten nach klassisch-chemischen, physikalisch-chemischen und physikalischen Prüfmethode aufgeführt. Die erhaltenen Meßdaten werden mathematisch-statistisch ausgewertet und als Funktion der Mischzeit graphisch dargestellt. Die sich daraus ableitenden Aussagen werden bezüglich optimaler Mischzeit bei gegebenem Mischaggregat, des Einflusses der Korngrößenzusammensetzung des Gemenges auf den zu erreichenden Grad der Gemengegleichmäßigkeit und möglicher Entmischungerscheinungen diskutiert. Die resultierenden Parameter erlauben Schlußfolgerungen zur Optimierung des technologischen Ablaufs der Glasgemengebereitung. Schließlich werden die angewandten Untersuchungsmethoden im Hinblick ihrer Einsetzbarkeit, Aussagekraft und Aufwand kritisch betrachtet.

### Doering, K.—Pohle, G.: Uniformity of Composition in Automatic Glass Batch Preparation

The introduction of new melting technologies in the glass industry increases more and more the importance of controlling the glass batch. The continuous melting processes, especially in case of optical glasses, require constant composition and uniform batching, during a long period. Authors introduce the application possibilities of investigations carried out with physico-chemical and physical methods in mixture series prepared automatically, concerning optical bulk glasses. The measuring data resulting from samples taken at random are evaluated with mathematical-statistical methods and registered on control files. The observations derived are discussed, first of all, from the point of effect on the technological process of automatic mixture preparation.

# Külföldi szabványok az építőanyagipar számára

SZABÓ BERTALAN

Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest

Ahhoz, hogy vázlatos képet kapjunk az építőipari, építőanyagipari szabványosítás munkaterületeiről, eredményeiről, elég belelapozni a napjainkban megjelenő külföldi szabványok növekvő halmaiba. Láthatjuk, hogy laboratóriumi anyagvizsgálatoktól helyszíni előregyártásig, tűzbiztonsági előírásoktól üvegezési tömítőanyagokra vonatkozó követelményekig milyen sokféle területen hasznosítják világszerte a szabványosításból származó előnyöket. Műszaki-gazdasági feladatok megoldásához szükséges — dokumentációban előírt, vagy szakirodalomban idézett — szabványok műszaki tartalmának megismeréséhez, vagy akár ahhoz, hogy egy-egy munka közben felmerülő szakmai kérdésre megtaláljuk a választ, természetesen nem elegendő a felgyülemlett szabványhalmokban alkalmilag lapozgatni, ez csak időpazarlás lenne.

A nemzetközi szabványosításnak 1947-ben újjászervezett, és azóta egyre szélesebb munkaterületen, egyre hatékonyabban tevékenykedő intézménye, a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet egyik első iniciatívája az volt, hogy létrehozta a szabványosítási kiadványok kölcsönös cseréjét a Szervezet tagtestületei, vagyis a részt vevő országok hivatalos szabványügyi szervei között. A kiadványesere módszere bevált, ma már több mint 50 tagtestület szabványkiadványainak (szabványok, ajánlások, publikációk) sokirányú áramlása ad lehetőséget arra, hogy az öt világrész különféle országaiban folyó szabványosítás új és újabb eredményeiről szinte késedelem nélkül értesülhessünk. Ezt a kiadványcserét jelentős mértékben gazdagítja a szocialista országok szabványosító szervezeteinek egymás közötti és a KGST Szabványügyi Intézettel folytatott kiadványcseréje.

A szabványosító munka eredményei elsősorban magukban a különféle szakterületeket érintő szab-

ványokban tükröződnek. Más országok, nemzetközi szervezetek szabványai ezért tekinthetők hazai szabványosításunk számára és népgazdaságunk egésze számára is sok tanulságot rejtő műszaki adatforrásoknak. Jelentőségük folytán elsősorban a KGST állandó bizottságaiban és szekcióiban folyó tevékenység eredményeire kell gondolnunk. Műszaki életünkben jelentős súlya van a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) és a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC) előírásainak is.

Az említett szabványkiadványok (külföldi és nemzetközi szabványok, ajánlások, publikációk) hazai üzeink, vállalataink, kutató- és tervezőintézeteink számára közvetlenül elérhetők: a Magyar Szabványügyi Hivatal a kiadványcsere keretében megkapott külföldi és nemzetközi szabványkiadványokat szakszerűen rendezett szabványgyűjteményébe sorolja és azokat egyrészt közvetlenül a szabványalkotó munkában, másrészt információs szolgáltatásokkal hasznosítja.

Hasonló a gyakorlat a szabványosítási szakfolyóiratok hasznosításában is. Ezt a kiadványtípust több mint 40 különféle nemzetközi és külföldi folyóirat képviseli az MSZH műszaki könyvtárában (pl. Voproszű sztandartizacii, ISO Bulletin, Sztandartü i Kacsesztvo, Standardisierung und Qualität, DIN-Mitteilungen, BSI News, ANSI Reporter, Courier de la normalisation stb.).

A szabványokra vonatkozó dokumentációs és tájékoztató tevékenységet a 29/68 Korm. sz. rendelet a Hivatal feladatai közé iktatja. Jelenleg mintegy 200 ezer féle szabványból áll a külföldi szabványok gyűjteménye, összesen félmilliót közelítő példánnyal. Ez a nagy dokumentumtömeg tartalmát tekintve a népgazdaság minden ágazatát, a tudomány, a technika, az igazgatás sok területét érinti, természetesen az építészetet, az építőipart,



az építőanyagipart éppen úgy, mint a velük kapcsolatos szakterületeket. Méreteit és a képviselt tárgykörök sokaságát tekintve ez a *gyűjtemény egyedülálló az országban*. A külföldi szabványok gyűjteményének a gondozásával és fejlesztésével valamint hasznosításával járó feladatokat a Magyar Szabványügyi Hivatal Műszaki dokumentációs osztálya végzi.

A gyűjteményben felhalmozott fölmérhetetlen mennyiségű műszaki tapasztalatanyag gyakorlati hasznosításában a következő *szolgáltatások segítik az üzemek, vállalatok, intézetek kutatóit*:

— *Tájékoztató szolgálat* megadott témák szabványirodalmának a felkutatásában, vagyis a külföldi szabványok kétnyelvű (magyar és idegen), kartotékrendszerű katalógusának valamint az idegennyelvű szabványjegyzékeknek a használatában;

— *Olvasótermi tanulmányozásra* a teljes szabványgyűjteményt igénybe lehet venni;

— A külföldi szabványok gyűjteményének *legújabb szaporulata* — negyedévenként 3500 különféle szabvány — szintén olvasóteremben tanulmányozható. Ez utóbbi szolgáltatás a *gyorstájékoztató* egyik formája: maguk az új szabványok magyar nyelvű címfordítással ellátva és tárgykörök szerint csoportosítva állnak a kutatók rendelkezésére. A szabványok másodpéldányait ugyanakkor már kölcsönözni lehet a szabványok kölcsönző raktárából. Az említett időszakos szabványösszeállításoknak a rendszeres figyelmével a kutató teljes és folyamatos tájékoztatást biztosíthat magának az érdeklődési körébe tartozó szabványirodalom legkorszerűbb újdonságairól;

— *Kölcsönző szolgálat* útján a szabványokat intézmények tartósabb használatra (kétheti időtartamra) is igénybe vehetik. Ennek az a feltétele, hogy a kölcsönzést kérő intézmény írásban szavatolja a kéthetes kölcsönzési határidő betartását és a kölcsönzött szabványok épségét. Ezt az utóbbi követelményt devizagazdálkodási érdekek is indokolják;

— A legfontosabb, újonnan érkezett külföldi és nemzetközi szabványkiadványok magyar nyelvű címanyagából tárgykörök szerint tagolt *negyedévi kiadvány készül, a „Tájékoztató külföldi és nemzetközi szabványkiadványokról”*. Ezt a kiadványt elő lehet fizetni, vagy példányonként be lehet szerezni az MSZH Értékesítési és Terjesztési osztályán;

— Az MSZH a tájékoztató tevékenységét kiegészítő *technikai szolgáltatásokat* is nyújt, így pl. a Hivatal — éppen úgy mint a többi ISO tag-

testület — vállalja külföldi szabványkiadványok eredeti példányainak a *beszerzését*. A beszerzés a megrendelő intézmény deviza- és forintkeretének a terhére történik. Az ilyen igényt az MSZH Műszaki dokumentációs osztályával kell közölni, ahol megadják a beszerzésre vonatkozó részletes felvilágosítást;

— További technikai szolgáltatás a szabványkiadványok *gyorsmásolása*. A szabványok gyűjteményének egyes darabjairól másolatot lehet rendelni a hivatal Értékesítési és Terjesztési osztályától;

— A szabványkiadványokhoz hasonlóan a szabványosítási szakirodalom különféle egyéb kiadványaival kapcsolatban (szabványjegyzékek, szabványgyűjtemények, szabványosítási szakfolyóiratok és könyvek stb.) is igénybe lehet venni az *MSZH Műszaki dokumentációs osztályának* tájékoztató és olvasótermi szolgálatát és az *Értékesítési és Terjesztési osztály* gyorsmásoló szolgálatát;

— A világszerte intenzíven folyó szabványosítási tevékenységről rendszeresen tájékoztatnak a szabványosítási szakfolyóiratok, ezért tartalmukat fontos forrásnak kell tekintenünk akár az általános elméleti, gazdasági, szervezési kérdésekre, akár a szakterületi szabványosítás kérdéseire vonatkoznak a közlemények. A szabványosítási tájékoztatás fejlesztésének egyik soronkövetkező lépése a 15 legfontosabb külföldi és nemzetközi szabványosítási szakfolyóirat tartalmának a rendszeres ismertetése. A számításba vett *külföldi folyóiratok magyar nyelvű tartalomjegyzékét az 1974. évi számoktól kezdve közli a „Tájékoztató külföldi és nemzetközi szabványkiadványokról” című negyedévi kiadvány*;

— Ide kívánczik annak az említése is, hogy az MSZH Műszaki dokumentációs osztályának információs szolgáltatásai közül a *kölcsönző szolgálatot, a szabványbeszerzési szolgálatot posta útján is igénybe lehet venni*. Ugyanez vonatkozik a MSZH Értékesítési és Terjesztési osztályának gyorsmásoló szolgálatára is. Cím: Magyar Szabványügyi Hivatal, 1450 Budapest 9, postafiók 24.

Személyes megkeresések intézésére a MSZH Budapest IX., Üllői út 25. alatti székházában a következő *nyitvatartási idők* szolgálnak:

hétfő—kedd . . . . .	09—13 <sup>h</sup>
szerda . . . . .	09—18 <sup>h</sup>
csütörtök—péntek . . . . .	09—13 <sup>h</sup>

Jelenleg több mint ötezer darab különféle tárgyú külföldi szabvány van érvényben az építőanyagipar szakterületén. Ez a mennyiség az építőipar gyors fejlődésével, a követelmények növekedésével, a kutatási eredmények elterjedésével együtt állandóan gyarapszik. Saját magán segít, mivel munkát, időt, költséget takarít meg minden kutató, tervező, szerkesztő, technológus és kivitelező, amikor a külföldi tapasztalatokból leszűrt és itthon rendelkezésre álló műszaki eredményeket felhasználja. Ez eléggé közismert tény, de az kevésbé, hogy ezt

a felismerést már milyen sokan hasznosítják. Az érdeklődés mértéke egyetlen adattal is jellemezhető: 1972-ben 53 000 db külföldi szabványt kölcsönöztek a Magyar Szabványügyi Hivatal Műszaki dokumentációs osztályától. E mellé írva az 1973. év megfelelő adatát, 70 700 db-ot, világosan látszik a külföldi szabványok iránt mutatkozó igény erősödése. A külföldi, nemzetközi szabványok, ajánlások, a műszaki-gazdasági feladatok megoldásának köznapi eszközeivé válnak. Ez nyilvánvaló lehetőség az építőanyagipar számára is.

## PÁLYÁZAT

### 1974. évi kutatási jutalmakra

A Magyar Tudományos Akadémia pályázatot ír ki a távlati tudományos kutatási terv kutatási főirányában elért jelentős eredmények jutalmazására.

A Magyar Tudományos Akadémia elnöke 1/1974. MTA-E. sz. utasításának megfelelően pályázhatnak tudományos kutatók és egyetemi hallgatók, ill. kollektívák, továbbá kutatással foglalkozó más szakemberek függetlenül attól, hogy milyen munkahelyen dolgoznak.

A pályázatban — két évnél általában nem régebbi — nyomtatásban megjelent tanulmánnyal vagy közlésre alkalmas kézirattal (kivételesen kutatási zárójelentéssel) lehet részt venni, függetlenül attól, hogy az adott kutatás a távlati terv keretében indult-e meg, vagy csak a munka folyamán kapcsolódott hozzá.

A kutatási jutalom az eredmény jelentőségétől függően egyéni pályázó esetében 5000—15 000 Ft, kutatói kollektívák esetében 6000—25 000 Ft.

Nem részesíthetők a fenti jutalomban:

- az Akadémia tagjai, a kutatóintézetek igazgatói, a tanszéki akadémiai kutatócsoportok vezetői;
- akik az adott kutatási tevékenységért a munkabéren és járulékaiban, illetve a már megjelent tanulmány szerzői díján kívül más ellenértékben (kutatási szerződési, szakértői, újítási, szabadalmi díjban, kutatási eredményért kapott külön jutalomban stb.) részesültek;
- kutatási jutalomban már részesített, vagy ezzel kapcsolatban már érdemben elbírált pályamunkák, kivéve ha az elbírálás óta elért számottevő új tudományos eredményt tartalmaznak.

A pályázatnak tartalmaznia kell:

1. A pontosan kitöltött pályázati űrlapot (beszerezhető: az MTA Tudományos Testületi Titkárságán, Bp. V., Münnich F. u. 7. sz. alatt, az egyetemek rektori hivatalaiban, továbbá akadémiai- és ipari kutatóintézetekben).

2. A kutatási eredményt tartalmazó tanulmányt (közlésre alkalmas kéziratot). Szükség esetén a kutatási főirányért felelős tárcák koordináló bizottságai adnak felvilágosítást arra nézve, hogy az adott pályamunka, tematikája alapján melyik főirányhoz tartozik.

A pályázatot (tanulmányt és pályázati űrlapot) 1974. május 30-ig kell a kutatóhely vezetőjéhez benyújtani, aki a pályázati űrlapra felveheti szakvéleményét, és a pályázatot június 15-ig továbbítja az Akadémia Tudományos Testületi Titkárságának.

Az előírt határidő után, vagy hiányosan, továbbá nem kellően rendezett alakban benyújtott pályázatok

nem vehetők figyelembe. A már benyújtott pályázati anyagot kiegészíteni, vagy módosítani nem lehet.

A kutatási jutalmak kiosztására december hó második felében kerül sor.

A kutatási jutalomban részesített pályamunkákat az MTA — főirányért felelős tárcavélemények figyelembevételével — szabadon hasznosíthatja.

Budapest, 1974. február hó 12.

A Magyar Tudományos Akadémia  
Elnöksége

#### A TÁVLATI TERV KUTATÁSI FŐIRÁNYAI:

Országos szintű kutatási főirányok

A Magyar Tudományos Akadémia gondozásában

1. Szilárdtestek kutatása
2. Az életfolyamatok szabályozásának mechanizmusa
3. A közigazgatás fejlesztésének komplex tudományos vizsgálata
4. A szocialista vállalat

A Nehézipari Minisztérium gondozásában

5. Biológiaiailag aktív vegyületek kutatása

A Művelődésügyi Minisztérium gondozásában

6. A köznevelés fejlesztését szolgáló pedagógiai kutatások

Tárcaszintű kutatási főirányok

(amelyek nem azonosak az országos főiránnyal)

A Belkereskedelmi Minisztérium gondozásában

1. Lakossági fogyasztási, keresleti tendenciák
2. A kereskedelem fejlesztésének hosszútávú koncepciója
3. Vállalatok, szövetkezetek szervezetének és tevékenységének racionalizálása

Az Egészségügyi Minisztérium gondozásában

1. Számítástechnika alkalmazása az orvostudományban és az egészségügyben
2. A lakosság védelme a természetes és mesterséges környezet (bioszféra) káros hatásaitól (főleg orvosi vonatkozásban)



3. Perinatalis mortalitás csökkentésére irányuló kutatás
4. Transzplantációs munkálatokat előkészítő kutatás
5. Tömegesen elterjedt betegségek epidemiológiájának kutatása
6. Daganatok ethiopathogenesise és therápiája
7. Sérülések pathológiája és ellátása
8. Radioizotópok orvosi alkalmazása
9. Genetikai kutatások

*A Központi Földtani Hivatal gondozásában*

1. Az ország természeti erőforrásainak kutatása és feltárása

*A Központi Statisztikai Hivatal gondozásában*

1. Társadalmunk rétegződésének alakulása és az életmód változása

*Országos Testnevelési és Sporthivatal gondozásában*

1. A népesség fizikai erőnlétének fejlesztése és fenntartása a testkultúra eszközeivel

*A Magyar Tudományos Akadémia gondozásában*

1. A számítástechnika alkalmazásai (kivéve az orvostudományi alkalmazások)
2. Az ember természeti környezetének védelme (főleg a bioszféra megváltozása szempontjából)
3. Gazdaságpolitikánk tapasztalatainak elemzése; javaslatok, továbbfejlesztésre
4. Középtávú világgazdasági prognózis, különös tekintettel a népgazdasági tervezés szempontjaira
5. A tudományos-technikai forradalom mint világtörténelmi folyamat a kapitalizmus és szocializmus viszonyai között. (A tudományos-technikai forradalomra való felkészülésünk tudományos megalapozása)
6. A társadalmi tudat fejlődése Magyarországon a felszabadulás óta

*A Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium gondozásában*

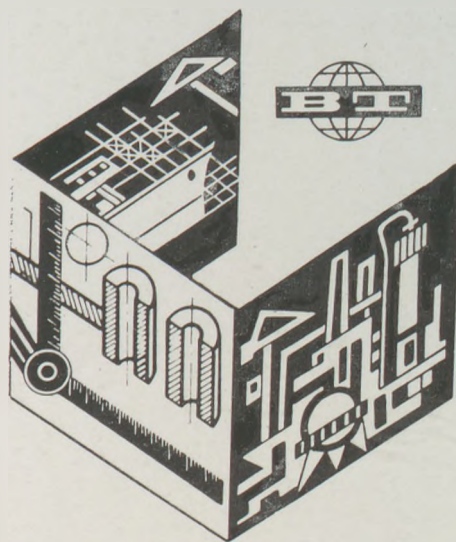
1. A kemizálás és a biológia alapösszefüggéseinek kutatása
2. A vízgazdálkodás alapösszefüggéseinek kutatása
3. A zöldségtermesztés biológiai és gépesítési alapjainak kutatása
4. A szőlőtermesztés biológiai alapjainak kutatása
5. Kertészeti növények genetikája és nemesítési módszereinek fejlesztése
6. A háziállatok fertőző és nem fertőző betegségei elleni védekezés komplex rendszabályait megalapozó kutatások
7. Hazai és külföldi növényfajták gyűjtése, megőrzése, cseréjük szervezése
8. A mezőgazdasági vállalatok ökonómiai kérdéseinek kutatása
9. Állami gazdaságok és termelőszövetkezetek vezetésfejlesztése
10. Az élelmiszergazdaság közigazdasági szabályozórendszerének fejlesztése
11. Az élelmiszergazdaság jelentőségének, makroökonómiai törvényszerűségeinek feltárása, tervezési módszereinek tökéletesítése
12. Főbb mezőgazdasági ágazatok ökonómiai sajátosságainak feltárása, továbbfejlesztése
13. A mezőgazdasági nagyüzemek vállalati mechanizmusának és gazdaságpolitikai üzemi hatásának vizsgálata
14. Az élelmiszergazdaság egyes ágazatainak fejlesztési koncepció kialakításához módszerek, prognózisok kidolgozása
15. Közigazdasági befolyásoló eszközök és módszerek hatásának vizsgálata (a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban)
16. Korszerű vállalati szervezés és módszerek kutatása (a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban)

*A Munkaügyi Minisztérium gondozásában*

1. A munka társadalmi, gazdasági összefüggései.

## VNYESTECHNIKA

SZOVJETUNIO MOSZKVA



## A KÜLFÖLDI MŰSZAKI – TUDOMÁNYOS CSERÉKET LEBONYOLÍTÓ ÖSSZ-SZÖVETSÉGI EGYESÜLÉS

segítségét nyújt a szovjet és külföldi tudományos, kutató, tervező-szerkesztő és tervező-technológiai intézeteknek, iparvállalatoknak és cégeknek a műszaki-tudományos együttműködés megvalósításával kapcsolatos kereskedelmi, szállítmányozási és jogi kérdésekben az alábbi témakörökben:

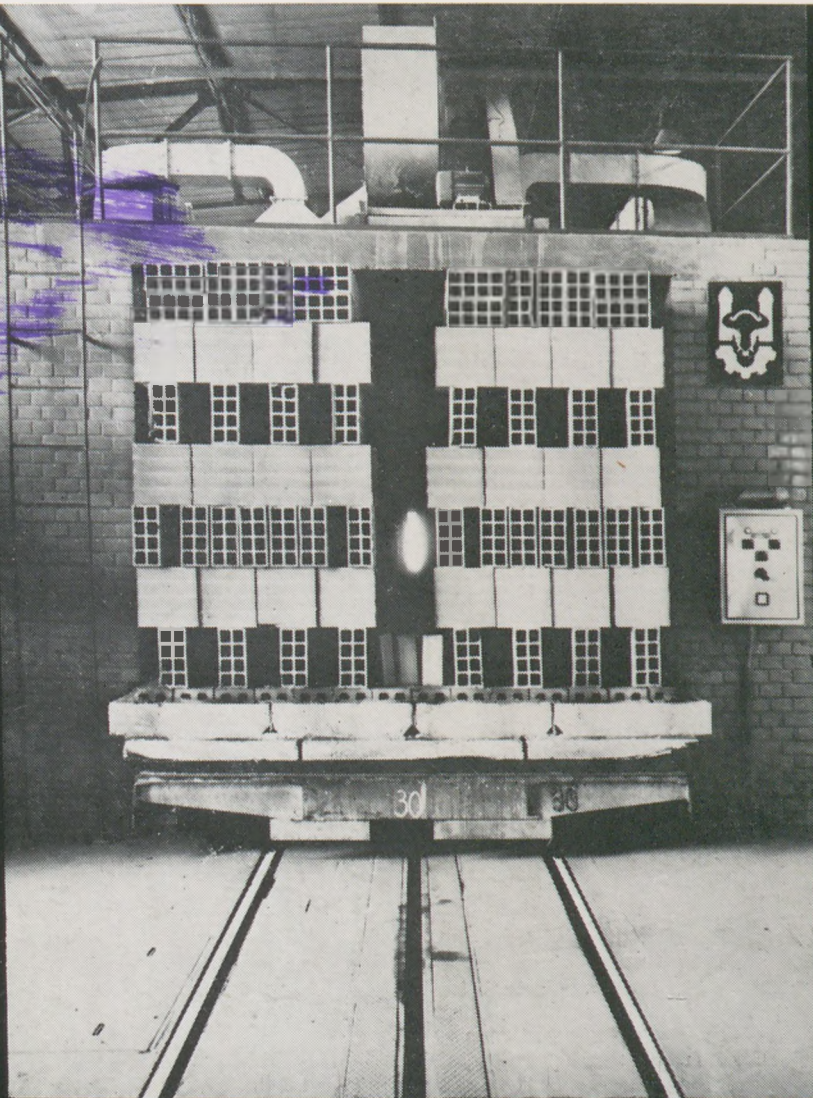
- közös, illetve egyedi megrendelésre elkészített tudományos, kutató, tervező-szerkesztő és tervező-technológiai munkák kivitelezése;
- szovjet és külföldi cégek részére műszaki dokumentáció készítése és átadása, valamint tudományos berendezések, kísérleti minták, termékek és anyagok megrendelés szerinti kivitelezése;
- műszaki-tudományos szakvélemények kidolgoztatása, berendezések és anyagok vizsgálata, konzultációk lebonyolítása.

VNYESTECHNIKA

ÖSSZ-SZÖVETSÉGI EGYESÜLÉS

Moszkva, Starokoniusshenny, 6.





A PRAGOINVEST munkatársai az épület- és finomkerámia alagútkemencéinek tervezésénél már ma a holnap igényeinek kielégítését tartják szem előtt. Minden alagútkemence évtizedes tapasztalat, állandó kutatás és a gyakorlati szakemberrel tartott szoros kapcsolat eredménye.

A képen látható olajtüzelésű alagútkemencében évente 55 200 tonna vékonyfalú tégláarut égetnek 1000 °C hőmérsékleten. 248 kcal/kg fajlagos hőfelhasználásával ez a kemence a jövő igényeit szolgáló termékek közé tartozik.

A PRAGOINVEST segít, ha égetési problémák merülnek fel.

Gyártja:

**PREROV MACHINERY**

Exportálja:

**pragoinvest**

Praha 9, Českomoravská 23  
Csehszlovákia