

302.935
17
1975



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

5

XXVII. ÉVFOLYAM
BUDAPEST 1975. MÁJUS
EPITAA 27 (5) 161–200 (1975)

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

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

TARTALOM

<i>Szombathy Zoltán</i> : 1420 °C-on fehéren tömörre égő 90% Al_2O_3 tartalmú nagyfrekvenciás kerámiák	161
<i>Kausay Tibor</i> : Az 5 mm-nél kisebb zúzottkőtermékek finomszemtartalma	164
<i>Szöllősi József</i> : Úton a nagyszilárdságú üveg felé I.	171
A világ szilikátiparából	178
<i>Tiggesbäumker, Peter</i> : Tendenciák a nyersanyagok szárazőrlésének és a klinker őrlésének területén	179
<i>Skalny, J.—Odler, I.</i> : Különböző feltételek mellett képződött kalciumszilikát-hidrátok nitrogénnel és vízgőzzel meghatározott pórusszerkezete	188
Egyesületi élet	170, 196
Pályázati felhívás	197
Lapszemle	199, B/3

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сомбати, З.</i> : Высокочастотные, плотные, обожженные при 1420 °C до белого черепка керамики, содержащие 90% Al_2O_3	161
<i>Каушай, Т.</i> : Содержание тонких фракций в щебенке тонкостью менее 5 мм	164
<i>Селлеш, Й.</i> : На пути к получению высокопрочного стекла I.	171
<i>Тидешбаумкер, П.</i> : Тенденции в области сухого помола сырьевой муки и клинкера	179
<i>Скальни, Й.—Одлер, И.</i> : Поровая структура гидросиликатов кальция, полученных в различных условиях	188

INHALT

<i>Szombathy, Zoltán</i> : Bei 1420 °C weiß dichtbrennende Hochfrequenzkeramik mit 90% Al_2O_3 -Gehalt	161
<i>Kausay, Tibor</i> : Der Feinkornanteil der Splitterzeugnisse unter 5 mm	164
<i>Szöllősi, József</i> : Wege zum Glas hoher Festigkeit I.	171
<i>Tiggesbäumker, P.</i> : Tendenzen der trockenen Vermahlung von Rohmaterialien und der Vermahlung von Zementklinker	179
<i>Skalny, J.—Odler, I.</i> : Mittels Stickstoff und Wasserdampf bestimmte Porenstruktur unter verschiedenen Bedingungen entstandener Kalziumsilikathydrate	188

CONTENTS

<i>Szombathy, Zoltán</i> : High-Frequency White Ceramics of 90% Al_2O_3 Content	161
<i>Kausay, Tibor</i> : Fine Grain Content of Crushed Stone Products	164
<i>Szöllősi, József</i> : Ways to High-Strength Glass I.	171
<i>Tiggesbäumker, P.</i> : Trends of Dry Grinding of Raw Materials and of Clinker Grinding	179
<i>Skalny, J.—Odler, I.</i> : Pore Structure by Nitrogen and Water Vapor of Calcium Silicate Hydrates Formed under Different Conditions	188

1420 °C-on fehéren tömörre égő 90% Al_2O_3 tartalmú nagyfrekvenciás kerámiák

SZOMBATHY ZOLTÁN
Kőbányai Porcelángyár, Budapest

Bevezetés

Az utóbbi években egyre nagyobb jelentőségüknek megfelelően az Al_2O_3 -kerámiák több típusának gyártástechnológiáját dolgoztuk ki a Kőbányai Porcelángyárban [8, 9]. Jóllehet ezek a szigetelők kiváló mechanikai, termikus és elektromos paraméterekkel rendelkeznek, sorozatgyártásuk csak viszonylag nagy darabszám mellett, illetve akkor gazdaságos, ha a velük szemben támasztott követelmények arányosak az árukkal. Az irodalmi adatok [1...7] és a kerámiagyártók katalógusai szerint a MnO_2 és TiO_2 -t tartalmazó sötétbarna színű Al_2O_3 -kerámia az egyetlen típus (fejlesztési munkánk eredményeként ezt vállalatunk is gyártja), amely a hagyományos szigetelők (szteatit, porcelán) égetésére alkalmas alagút kemencében tömörre égethető 1300—1400 °C közötti hőmérsékleten. Ez a szigetelő azonban nagyfrekvenciás célokra nem alkalmas és színe miatt sok esetben esztétikailag sem megfelelő. Fenti megfontolások és a várható igények felmérése alapján a Kőbányai

Porcelángyár Híradástechnikai Fejlesztési Osztályán kidolgoztuk egy olyan új, általunk AlF-90-nek elnevezett fehér színű, magas Al_2O_3 tartalmú (Al_2O_3 tartalom ~90%) kerámia gyártástechnológiáját, amely előállítási költségek szempontjából összemérhető pl. a szteatit-kerámiával, ugyanakkor műszaki jellemzők vonatkozásában a magas alumíniumoxid tartalmú szigetelőkhez áll sokkal közelebb.

Minőségi előírás, égetési kísérletek és gyártási eljárás

A kerámiagyártók szigetelőanyagokra vonatkozó katalógus adatai alapján megállapítható, hogy a bevezetőben is említett feltételekkel jelenleg sem szocialista sem tőkés vállalatok nem gyártanak Al_2O_3 -kerámiákat. Részletezve ezek a feltételek az 1. táblázatban láthatók. Összehasonlításképpen ugyanitt két másik, ugyanolyan Al_2O_3 tartalmú kerámia szokásos adatait is közöljük.

Az 1. táblázatból látható, hogy az AlF-90 alumíniumoxid kerámiát a táblázat 3. oszlopában szereplő MnTiO₃ adalékot tartalmazó anyagnak megfelelő gyártási feltételekkel, tehát többek között a

1. táblázat
90% Al₂O₃ tartalmú kerámiák jellemző tulajdonságai.
A műszaki adatok 20 °C-ra vonatkoznak

Jel	AlF-90	90% Al ₂ O ₃ tart. kerámia	90% Al ₂ O ₃ tart. kerámia
Al ₂ O ₃ tart.	~ 90	~ 90	~ 90
Szín	fehér	fehér	barna
Éget. hőm. °C	max. 1420	1500—1700	1300—1400
Sűrűség g/cm ³	min. 3,5	3,6—3,8	3,5—3,6
Hajl. sz. kp/cm ²	> 2000	> 2500	1500—2000
tg. δ 1 MHz · · 10 ⁻⁴	max. 8	3—5	10—25
R _{szig.} ohm · 10 ¹³	> 1	> 10	> 0,1
Adalék		CaO, MgO, BaO	MnTiO ₃

korund kerámiák vonatkozásában viszonylag alacsony égetési hőmérséklet mellett kívántuk előállítani, de úgy, hogy az új szigetelőanyag az 1. táblázat 2. oszlopában található kerámia jellemző tulajdonságait elérje vagy erősen megközelítse. Ha a kerámia tömörre égethető max. 1420 °C-on, akkor feladatunkat megoldottuk, mivel a nagy alumíniumoxid tartalom biztosíték az AlF-90 előírt paramétereinek elérésére.

Az Al₂O₃-kerámia fenti feltételek szerinti tömörre égetéséhez olyan olvasztó anyagra — frittre — volt szükség, amely

- nem színezi a szigetelőt
- olvadáspontja legalább 200 °C-kal kisebb, mint az AlF-90 kerámia esetén, de lehetőleg minél alacsonyabb legyen
- alkálioxidokat ne tartalmazzon vagy csak elhanyagolható mértékben
- az alapanyagként felhasználásra kerülő alumíniumoxid por szemcséivel könnyen lépjen reakcióba.

Az a) pont kizárja több nehézfém-oxid alkalmazását, amelyek egyébként mint mineralizátorok közismertek (Cr₂O₃, MnO₂, TiO₂, WO₃) stb. A követelményeket ezért egy Al₂O₃—SiO₂—CaO—MgO négyes rendszerrel kívántuk biztosítani. (Kísérle-

teink szerint az irodalomban található hármas rendszerek céljainak nem feleltek meg, öt komponensből álló olvasztó anyag kidolgozását pedig egyéb lehetőségek hiányában nem tudtuk vállalni.)

A legmegfelelőbb négyes rendszer kialakítása céljából timföld, kaolin, CaCO₃ és talkum előre meghatározott — kémiai összetételüket figyelembe vevő — mennyiségeiből masszazorozatokat állítottunk össze. Bemérés után minden egyes masszát 6 óráig homogenizáltunk 2 kg-os porcelán malomban. A 2. táblázat az egyes komponensek súlyarányát mutatja.

2. táblázat
Négyes rendszer komponenseinek
egymáshoz viszonyított súlyaránya

Megnevezés	Súly %
Techn. timföld	10—30
Kaolin	40—60
Talkum	17—27
CaCO ₃	3—13

Égetési kísérletekkel minden összetétel olvadáspontját meghatároztuk, ill. megállapítottuk, hogy ez az érték 1400 °C felett van-e. Hat keverék olvadáspontja 1200—1220 °C lett, vagyis a fritt anyagát ezek közül kellett kiválasztanunk.

Következő lépés az Al₂O₃ masszák készítése és minősítése volt. Ebből a célból 1150 °C-on kifritteltük a hat kiválasztott anyagot, majd ezeket 48 óráig technikai timfölddel összeőröltük. A timföld súlyaránya 70—90, míg az egyes fritteké ennek megfelelően 10—30% volt. Az égetési kísérletek és a kiégetett mintadarabok műszaki paramétereinek

3. táblázat
Az AlF-90 kerámia kémiai összetétele

Komponens	%
Al ₂ O ₃	89,01
SiO ₂	7,9
MgO	2,51
CaO	0,6
Fe ₂ O ₃	0,27
K ₂ O	< 0,1
Na ₂ O	0,15

a mérése alapján bebizonyosodott, hogy az egyik fritt 15 súly% aránya (+85% timföld) mellett sikerült előállítanunk egy ~90% Al_2O_3 tartalmú tömör fehér kerámiát, amelynek égetési hőmérséklete 1420 °C.

Az általunk Alf-90-nek nevezett kerámia kémiai összetételét a 3. főbb műszaki jellemzőit a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat

Az Alf-90 kerámia főbb műszaki jellemzői

Megnevezés	Érték
Max. alkalmazási hőm. °C	1500
Sűrűség g/cm ³	3,55
Szín	fehér
Diel. veszt. tényező 1MHz 20 °C	$4-6 \cdot 10^{-4}$
R_{szig} ohm 20 °C	$> 10^{13}$
Lin. hőkitérj. együttható $\cdot 10^{-6}$ 20...100 °C	8
Hajl. szilárdság kp/cm ²	> 2500
Dielektromos állandó 20 °C	9

Az Alf-90 kerámiák felhasználása

A kiváló műszaki paraméterekkel rendelkező Alf-90 alkatrészek a magas hőmérsékleti technika és a mikroelektronika kivételével minden olyan helyen felhasználhatók, ahol a szteatit és porcelánnál jobb mechanikai és termikus paraméterekkel rendelkező nagyfrekvenciás kerámia szigetelőkre van szükség, ugyanakkor a követelmények nem indokolják pl. 96% vagy annál magasabb Al_2O_3 tartalmú kerámiák előállítását. Elsősorban nagy hőlökésállóságuk és hajlítószilárdságuk következtében különböző méretű rudak, csövek, gyűrűk és egyéb változatos formájú szigetelő testek gyárthatók Alf-90 kerámiákból. Keménysége és kopásállósága alapján nagyon jó minőségű őrlőtesteket lehet belőle készíteni. Ez irányú kísérleteink folyamatosan vannak.

IRODALOM

- [1] W. J. Smothers—H. J. Reynolds: Sintering and grain growth of alumina. J. Amer. Ceram. Soc. 37 (12) p. 588. (1954).
- [2] Floyd, J. R.: Alumina additive makes a difference. Cer. Age. 82 (4) p. 70—74 (1966).
- [3] Hart, L. D.—Hudson, L. K.: Grinding low-soda alumina. Am. Cer. Soc. Bull. 43. p. 13—17 (1966).
- [4] Keshi, J. R.—Cutler, J. B.: Effect of manganese oxide on sintering of alumina. J. Amer. Cer. Soc. p. 653—654 (1965).

- [5] Sterne, J. H.—Stratton, C. L.: Dry ball mill grinding of ceramic aluminas Amer. cer Soc. Bull. 47. (3) p. 298—301 (1968).
- [6] Schüller, K. H.: Al_2O_3 -keramik und ihre ubettelisi-rung. Elektro-Anziger 20. (15) p. 14—16. (1967).
- [7] Sztankovics, L.: Timalox korund kerámiák. Finom-mechanika. 9 (1) p. 24. (1970).
- [8] Szombathy, Z.: 1400 °C alatt tömörre égő Al_2O_3 -kerámiák gyártása. Építőanyag 22 (12) p. 477—480 (1970).
- [9] Szombathy, Z.: Alumíniumoxid kerámiák. Elektro-kerámiai Közlemények. 7. p. 15—22 (1970).

Szombathy Zoltán: 1420 °C-on fehéren tömörre égő 90% Al_2O_3 tartalmú nagyfrekvenciás kerámiák

1974-ben a Kőbányai Porcelángyár Híradástechnikai Fejlesztési Osztályán kifejlesztettünk egy új, fehér színű 90% Al_2O_3 tartalmú kerámia szigetelő anyagot. Az általunk Alf-90-nek elnevezett Al_2O_3 -kerámiából készített alkatrészek előállítása rendkívül gazdaságos, mivel 1420 °C-on hagyományos alagút kemencében tömörre égnék; ugyanakkor rendelkeznek a korund kerámiák minden kedvező tulajdonságaival is. A kifejlesztett új szigetelő anyag kísérleti gyártását elkezdtük; elsősorban rudak, gyűrűk, és őrlőtestek készülnek belőle.

Сомбати, З.: Высокочастотные, плотные, обожженные при 1420 °C до белого черепка керамики, содержащие 90% Al_2O_3

В 1974 году Отдел развития радиотехники Кебаньского фарфорового завода создал новый, белый керамический изоляционный материал, содержащий 90% Al_2O_3 . Изготовление различных деталей из этого керамического материала, названного изобретателями Alf, является необыкновенно экономичным, так как они обжигаются при температуре 1420 °C в традиционной туннельной печи до плотного черепка и в то же время обладают всеми положительными свойствами, присущими корундовым керамикам. Начато экспериментальное производство нового изоляционного материала, из которого в первую очередь изготавливаются стержни, кольца и мелющие тела.

Szombathy, Zoltán: Bei 1420 °C weiß dichtbrennende Hochfrequenzkeramik mit 90% Al_2O_3 -Gehalt

In 1974 wurde an der Fernmeldetechnischen Entwicklungs-Abteilung der ungarischen Porzellanfabrik Kőbányai Porcelángyár, ein neuer, weißer, 90% Al_2O_3 -haltiger, keramischer Isolierstoff entwickelt. Die Herstellung verschiedener Einzelteile aus dieser Alf-90 benannten Al_2O_3 -Keramik ist äußerst wirtschaftlich, da diese bei 1420 °C in herkömmlichen Tunnelöfen dichtgebrannt werden können; gleichzeitig verfügen solche Erzeugnisse über alle günstigen Eigenschaften der Korundkeramiken. Die versuchsweise Herstellung des neu entwickelten Isolierstoffes wurde eingeleitet; es werden daraus hauptsächlich Stäbe, Ringe und Mühlkörper angefertigt.

Szombathy, Zoltán: High-Frequency White Ceramics of 90% Al_2O_3 Content

A new, white ceramic insulator, containing 90% Al_2O_3 was developed in 1974 in the Kőbánya Porcelain Works. The new material, marketed under the trade name "Alf-90" is very economical, because it can be sintered to high density in conventional tunnel kilns at 1420 °C. It resembles in all properties to corundum ceramics. Alf-90 is produced on a pilot-plant scale as rods, rings and grinding media.

Az 5 mm-nél kisebb zúzottkőtermékek finomszemtartalma

K A U S A Y T I B O R

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

A hazai $\square$ 5 mm-nél kisebb szemnagyságú, 0/3, 3/5 és 0/5 jelű KZ és NZ zúzottkőfrakciók az MSZ 1992—70 „Zúzott kőtermékek” című termékszabványban megengedett értéknél sok esetben több 1 mm és 0,1 mm alatti szemet tartalmaznak.

Az ezeket a frakciókat felhasználó aszfalt-útépítőipar szabványos, tehát finomszemfeleslegtől mentes zúzottkő-termékekre tart igényt, ugyanakkor keverőtelepein az aszfaltokba a finomzúzottkővön kívül finomszemet szintén tartalmazó H 0/2,5 jelű homokot, kizárólag finomszemből álló 00 jelű mészkőlisztet, esetleg finom exhaustorport is adagol, ezzel látszólag mintegy pótolva a korábban kiosztályozott finom zúzottkőszemeket.

A finomfrakciók többszöri kezelése első hallásra gazdaságtalannak tűnik. Ezért megvizsgáltuk, hogy a fenti műveletek műszakilag indokoltak-e, és van-e lehetőség arra, hogy a 0/3, 3/5 és 0/5 jelű KZ és NZ zúzottkőfrakciók termékszabvány szerinti finomszemfeleslegének eltávolítását részben, vagy egészben elkerüljük.

A tanulmányt az *ÉVM Műszaki Fejlesztési Főosztálya* megbízásából készítettük el. Az irodalomjegyzékben felsorolt munkákon túl felhasználtuk *Fürész Sándor* (UVATERV), *Járay Tamás* (Útépítő Tröszt), *Serédi Béla* (ÉVM), *Simon Miklós* (KÖTUKI), *Vajda László* (KÖES) információit.

Útépítési követelmények

A zúzottkőtermékek legnagyobb, és a finomfrakciók szinte kizárólagos felhasználója az útépítőipar. Az útépítésen belül nemcsak a finom adalékanyagszemek különböző aszfalt- és betonszerkezeti jelentősége, hanem a jelenlegi aszfalt-, és betonútépítési volumenarányok következtében is, ma Magyarországon — szemben a betonnal — az aszfalt

útpályaszerkezeti rétegeknek, és ezek gyártási, és építési technológiájának van a zúzottkőtermékek megengedhető finomszemtartalmára meghatározó szerepük.

Az aszfaltútépítésben 5 mm alatti finomzúzottkővet az útpályaszerkezeti rétegek három fajtájához, a melegen hengerelt aszfaltokhoz, az öntött-aszfaltokhoz és a hidegaszfaltokhoz használnak. Az egyébként is kismennyiségű öntöttaszfalt termelés a jövőben várhatóan nem fog emelkedni, a hidegaszfalt termelés már napjainkban is csökken. A nagy töltőanyag-tartalmú, bitumen-túladagolású, tömött szerkezetű öntöttaszfalt minősége különben sem túl érzékeny a finomzúzottkő minőségére.

Így elegendő a melegen hengerelt aszfaltok vizsgálatára szorítkoznunk. Ezek közé az AB-8, AB-12, AB-20 jelű aszfaltbetonok, a K-20 jelű kötőréteg, a kevert záróréteg, a záróréteggel ellátott KM-60 és KM-120 jelű kevert aszfaltmakadám, és a kavicsaszfalt tartozik. Az utóbbiban nincsenek 5 mm-nél kisebb szemnagyságú zúzottkőfrakciók, ezért ez az aszfaltféleség esetünkben érdektelen.

Az ÉKSZ Építőipari Kivitelezési Szabályzat VI. kötet 3. munkanem D. 132. pontja szerint az aszfaltbeton-burkolatokat KZ osztályú zúzottkőből kell készíteni, a kötőréteg, a kevert záróréteg, és az aszfaltmakadám készülhet NZ osztályú zúzottkőből is.

A kevert aszfaltmakadámok kivételével a melegen hengerelt aszfaltok finomszemtartománya nemcsak finomzúzottkőből, hanem mészkőlisztből és homokból is áll. Ez a körülmény az esetleges helyettesíthetőség gondolatát veti fel, aminek tisztázása megköveteli az aszfalttulajdonságok és technológia bizonyos mélységű elemzését.

Ennek során a 2 mm-nél finomabb aszfaltösszetevőket, tehát a bitument, a mészkőlisztet, az esetleg visszaadagolt exhaustorport, valamint a homok és a zúzottkő 2 mm szemnagyság alatti részét habarcsnak nevezzük. Filler alatt a habarcs, 0,1 mm alatti ásványi szemeket értjük. Az aszfaltok és közöttük elsődlegesen a melegen hengerelt aszfaltok habarcs és filler tartalma és minősége nem tetszőleges, mert az aszfalt stabilitása és bedolgozhatósága, az aszfaltút tömörsége, idő-, és forgalomállósága, érdessége csak így biztosítható. Ez a magyarázata annak, hogy a melegen hengerelt aszfaltokban a kötött habarcs : aszfalt és filler : bitumen arányok miatt, a mészkőlisztből, a homokból, a finomzúzottkőből, és az esetleg visszaadagolt exhaustorporból álló finomszemek összmenyisége nem növelhető.

Az aszfaltokban az adszorpció és adhézió együttesen hozzák létre a kohéziót, ami azt jelenti, hogy a finom ásványi szemeknek kémiai és fizikai szerepük egyaránt van. Az ásványi szemek kémiai szerepét tekintve, az eruptív kőzetek többé-kevésbé savas jellegűek, a mészkő bázikus. A bitumenek savas vegyületeiknél fogva a bázikus kőzetekhez tapadnak jobban. Ezért követelmény, hogy a töltőanyag nyersanyagának kalciumkarbonát-tartalma legalább 90 súly%, és az adalékanyag 0,09 mm alatti részének kalciumkarbonát-tartalma legalább 60 súly% legyen. Ennek a feltételnek a mészkőliszt felel meg.

Az ásványi szemek kémiai tulajdonságai a hígított bitumennel készülő hidegaszfaltok esetén már háttérbe szorultak, mert a hígított bitumenhez, annak gyártása során, a kőzetek hidrofílium tulajdonságát kedvezően megváltoztató kationaktív tapadásjavítót kevernek, miáltal a bitumen a savanyú kémhatású ásványt, például kvarcot tartalmazó adalékanyagokhoz is jól tapad. A melegen hengerelt aszfaltokhoz használatos útibitumenek nem tartalmaznak tapadásjavító-anyagot, de van olyan törekvés, hogy ezen a téren előrelépés történjen. A nehézséget az okozza, hogy a tapadásjavítószerek nagy része — az aszfaltkeverék előállítása során ez idő szerint huzamosabb ideig ható, elkerülhetetlen magasabb hőfokon — elbomlik, elveszti a hatását. Ha a kérdés valamely módon megoldódik, akkor a finom-adalékanyagul szolgáló kőzet fajtája az útibitumenekkel készülő melegen hengerelt aszfaltok esetén is közömbös, és ebből a szempontból a töltőanyagként adagolt mészkőliszt bazalt-, andezit-, vagy kvarckavics-örleménnyel teljesen, vagy részben helyettesíthető lesz. Mindaddig azonban, amíg a tapadásjavítószerek alkalmazása a melegen hengerelt aszfaltokhoz nem

oldódik meg, addig a szabványosnál több finomszemet tartalmazó zúzottkőfrakciókat a mészkőliszt mennyiség rovására nem szabad alkalmazni.

A finom ásványi anyagok fizikai tulajdonságait illetően a szemeloszláson túl, a szemalakról, a szemérdességről kell szót ejteni. A megfelelő szemeloszlás a jó minőségű aszfalt készítésének alapvető feltétele. A fizikai tulajdonságokkal függ össze, hogy a természetes homok és a — zúzotthomoknak is nevezett — 2 mm alatti finomzúzottkővek aránya szintén fontos, ezek nem helyettesíthetik egymást. A természetes homok gömbölyödött alakja, sima felülete folytán az aszfaltok tömöríthetőségét, az érdes, sarkos zúzotthomok a Marshall-stabilitást növeli, illetve a másikat csökkenti. Az arányban az optimumot kell megtalálni. Ha jobb műszaki jellemzőjű finiserek, vibrohengerek, gumihengerek állnának az útépitőipar rendelkezésére, akkor több zúzotthomokot lehetne az aszfaltokba keverni. Ez tehát ebben a vonatkozásban a természetes homok zúzotthomokkal való akárcsak részbeni helyettesíthetőségének jelenlegi akadálya.

A természetes homok összetétele akkor lenne ideális, ha az egy rész gömbölyű folyami homokból és egy rész érdes bányahomokból állna. Ezt ritkán lehet megvalósítani, de az érdes bányahomokot csak folyami homokkal szabad helyettesíteni. A zúzotthomokkal való pótlás nem megengedett, mert a zúzotthomok érdessége, sarkossága messze túllépi az érdes bányahomok ugyanilyen jellemzőit.

A melegen hengerelt aszfaltokat 150 °C feletti hőmérsékleten keverik. Ezt megelőzően a homok- és zúzottkőfrakciókat mérsékelt pontos előadagolással az olajtüzelésű forgó-szárítódobba juttatják. A szárítódobhoz porelszívó, exhaustor berendezés kapcsolódik, amely a tüzelési huzat biztosításával egyidejűleg az adalékanyagot az éghetetlen szennyeződéstől is megtisztítva, a 0,6 mm alatti szemek egy részét elszívja. Az exhaustorpor elszívása tulajdonképpen gazdaságtalan, hiszen adalékanyagárban vásárolt, szállítási, kezelési költséggel terhelt anyag megy veszendőbe, amelyet az aszfalt-keverőtelepről még el is kell szállítani, és így az ára az eredetinek kétszeresére nő. Nagyobb finomszemtartalom esetén a kár is nagyobb. Ezért vannak olyan gépészeti megoldások, amelyek a környezetvédelmi szempontok miatt felfogott exhaustorpornak az aszfaltkeverőbe való visszajuttatását lehetővé teszik. A finomzúzottkő és a természetes homok tisztasága, szemeloszlásának időbeni változatlansága a feltétele annak, hogy ezzel a lehetőséggel legalább részben éljünk. Hazánkban ritkán adagolnak exhaustorport az aszfaltkeverékbe, míg

külföldön ezzel a módszerrel mészkőlisztet is megtakarítanak. Ez azt sejteti, hogy a hazánkban kialakult mészkőliszt: homok arány a mészkőliszt javára túlzott, aminek oka nem az adalékanyag kémiai, vagy fizikai tulajdonságainak félreismerése, hanem az elszívott exhaustorpor pótlásának szükségessége. Ez bizonyos helyettesíthetőségre enged következtetni, amely tapadásjavító-szer egyidejű adagolása mellett semmi esetre sem kifogásolható.

További lehetőség az olyan aszfaltkeverő-berendezések alkalmazása, amelyek a szárítódobba, a még hideg zúzottkőre és homokra permetezik a bitument, ide juttatják be a mészkőlisztet is, és az aszfaltkeveréket melegítik, miáltal a porképződést és a finomanyag-vesztés keletkezését megelőzik. Az alkalmazás feltétele itt is az anyag tisztasága, és a frakciók megbízható belső szemeloszlása.

A szárított és tisztított természetes és zúzott-homokból, zúzottkőből álló szemhalmazt a szárítódobból kikerülve melegosztályozásnak vetik alá, majd a mészkőliszttel, a bitumennel és esetleg az exhaustorporral együtt pontos súlyszerinti adagolással az aszfaltkeverőbe juttatják. Az 5 mm alatti zúzottkőfrakciók egyenletes minőségével és belső szemeloszlásával szembeni igényesség egyik magyarázata, hogy az exhaustor elszívás utáni 5 mm alatti maradékanyag meleg-szétosztályozására, és belső szemeloszlásának a részfrakciók adagolásával való javítására ma hazánkban nincs lehetőség. Így a zúzottkőből és homokból álló 5 mm alatti anyag az előadagolás és az exhaustor-elszívás pontatlanságával terhelt szemeloszlással kerül az aszfaltkeverékbe. Ezzel a melegosztályozás lényege kerül háttérbe, hiszen az adalékanyagnak mintegy 50 súly%-át kitevő, és legkényesebb finomrésznek a pontos adagolása nincs megoldva. A melegosztályozásnak az a célja, hogy az aszfaltkeveréket a melegen szétosztályozott frakciók belső szemeloszlásának ismeretében a kívánt adalékanyag szemeloszlás szerint lehessen összeállítani. Ehhez az 5 mm-nél finomabb anyagot is több frakcióra kell bontani.

Ezen a hiányosságon feltétlenül javít a homok- és zúzottkőtermékek homogenitása, jó és ingadozásoktól mentes változatlan minősége, de a kérdést megnyugtatóan nem oldja meg. Ugyanakkor a finomanyag melegosztályozásának, és az exhaustorpor visszaadagolásának majdani bevezetése sem teszi szükségtelessé az állandó és jó adalékanyag-minőséget, hiszen a frakció belső szemeloszlások gyakori változását az aszfaltkeverék összeállításának folyamatában nem egyszerű követni.

Ezzel elérkeztünk az 5 mm-nél kisebb szemnagyságú zúzottkőtermékek minőségének kérdéséhez.

Termékminőség

Az MSZ 1992—70 termékszabvány szerint a zúzottkőfrakciók mállott, gyengébb minőségű, azaz széteső, duzzadó, nagy vízfelvételű, porózus szemeket csak erősen korlátozott mennyiségben tartalmazhatnak. A mállott szemek mennyisége a bányászott kőzet minőségének, és a meddőleválasztás hatékonyságának képezi függvényét. Ezek mennyiségét csak az 5 mm-nél nagyobb szemnagyságú frakciók esetén lehet makroszkopikusan vizsgálni, ezért az 5 mm alatti frakciók gyengébb minőségű szemeire számszerű vizsgálati eredményekkel sem rendelkezünk. Bizonyos fenntartásokkal az 5 mm feletti zúzottkövek gyengébb szemeinek vizsgálati eredményeiből lehet feltételezéseket megfogalmazni, amely szerint ezen a téren a jó minőséget általában sikerül biztosítani.

Az aszfalt-adalékanyagokra, és így értelemszerűen az 5 mm-nél finomabb zúzottkőfrakciókra is vonatkozó további követelmény, hogy azok nem lehetnek agyag- és iszaprögökkel szennyezettek, a szemeket nem vonhatja be agyag- és iszapréteg. Az ÉKSZ VI. kötet 3. munkanem D. 122.1 pontja előírja, hogy a homok, kavics és murva anyagok nem tartalmazhatnak 5 tömeg%-nál több, hidrometrálással meghatározható 0,02 mm alatti szemet. Ezt az előírást pontosabb körülírás hiányában az 5 mm-nél kisebb szemnagyságú részekre vonatkoztatjuk, és keressük ennek érvényét a finom-zúzottkövekre is.

Az MSZ 1992—70 zúzottkő termékszabvány a 0,02 mm alatti szemek megengedhető mennyiségét, és ezek vizsgálatát nem közvetlen, hanem közvetett módon, a 0,1 mm alatti szemek megengedett súly%-ának megadásával írja elő. Ezt a szabványkövetelményt az 1. táblázatban tüntettük fel. Az MSZ 1991—67 vizsgálati szabvány 9.21 pontjára hivatkozva feltételezhetjük, hogy a 0,02 mm alatti szemek mennyisége a 0,1 mm alatti szemek súlyának közelítőleg a felét teszik ki, aminek alapján az MSZ 1992—70 termékszabvány a 0,1 mm-es határértékkel a 0,02 mm alatti szemeket tulajdonképpen az 1. táblázat utolsó sorában feltüntetett súly%-ban kívánja korlátozni.

A zúzottkőtermékekre kikövetkeztetett értékek közül a teljes 0—5 mm-es szemnagyságtartományt felölelő, és ebben a tekintetben mértékadó KZ 0/5 és NZ 0/5 termékekre vonatkozó 2 súly% és 4 súly% nagyságú követelményt összehasonlítva a homokra megadott 5 tömeg%-os követelménnyel,

1. táblázat

Az MSZ 1992—70 zúzottkő termékszabvány finomszemekre vonatkozó követelménye

A minősítő szita nyílása ☐ mm	A minősítő szitán áthulló anyag megengedett mennyisége, súly %					
	KZ	NZ	KZ	NZ	KZ	NZ
	0/3		3/5		0/5	
	jelű frakció esetén					
	1	40	65	6	15	25
0,1	8	15	2	6	4	8

A 0,02 mm alatti szemek 0,1 mm-es szitával korlátozott súly %-a

—	4	7,5	1	3	2	4
---	---	-----	---	---	---	---

megállapítható, hogy a természetes homok megengedett agyag-iszaptartalmának előírásával a zúzottkőtermékek közül az *NZ* osztályú anyagok előírása van összhangban. Tehát ezen az alapon végezve az összehasonlítást, a homok tisztasági követelményéhez képest a zúzottkő termékszabvány 0,1 mm szemnagyságra vonatkozó előírása *KZ* termékek esetén szigorú.

Ha a homokok ÉKSZ szerinti agyag-iszaptartalmi követelményét a homokfrakció szemnagyságával azonos szemnagyságú 0/3 jelű zúzottkővekre megengedett 0,1 mm alatti szemek mennyiségével hasonlítjuk össze, akkor a *KZ* termék és az 5 tömeg % megengedett agyag-iszaptartalmú homok között találunk megfelelést. A kétféle összehasonlításból adódó kétféle eredmény rámutat az ÉKSZ értelmezési nehézségére. Nem szerencsés körülmény az sem, hogy az ÉKSZ a *KZ* és *NZ* zúzottkővel épülő melegen hengerelt aszfaltokra azonos homok agyag-iszaptartalmi követelményt állít.

Meg kell ugyanakkor jegyezni, hogy a homokok agyag-iszaptartalmára megadott 5 tömeg %-os követelmény — ha *Udvardy János* és *Karpov László* [3] alatti mérései alapján feltételezzük, hogy a 0,02 mm alatti szemek tömeg %-ban értelmezett mennyisége az agyag-iszaptartalom térfogat %- szerint meghatározott értékének 0,24-szorosánál nagyobb, és 0,42-szorosánál kisebb, azaz középértékben a tömeg %-ban kifejezett érték a térfogat %-ban megadottnak egyharmada, akkor ez — az agyag-iszaptartalom hozzávetőlegesen 15 térfogat %-ban való megtűrését jelenti. Ez nem tekinthető szigorú értéknek, hiszen a szokványos minőségű betonok esetén is csak 6 térfogat %-ot szoktak megengedni.

Melegen hengerelt aszfaltok esetén a természetes homok : zúzotthomok keverési súlyarány 1 : 1,75

körüli érték. Ezt figyelembe véve és feltéve, hogy a durvább frakciók agyag-iszapmentesek, a szabványos természetes homokkal és *KZ* osztályú zúzotthomokkal készült nyers adalékanyag-keverék finomanyag tartományának agyag-iszaptartalma legfeljebb 3,1 súly %, az *NZ* zúzotthomokkal készülté legfeljebb 4,4 súly % lesz. Az aszfaltkeverékbe ezeknek a mennyiségeknek legrosszabb esetben is csak a fele kerül be, mert az exhaustor a szárítódobból a 0,1 mm alatti szemeknek durván a felét elszívja. Ezen a viszonyon az exhaustorpor esetleges visszaadagolása sem változtat, mert korszerű kétlépcsős porleválasztás esetén csak a ciklonban felfogott 0,06 mm feletti szemek bizonyos hányada kerül visszaadagolásra, míg a 0,06 mm alatti nedvesen leválasztott szemeket hordozó zagy nem szennyezheti az aszfaltkeveréket.

Az 5 mm alatti zúzottkőtermékek közvetlen agyag-iszaptartalom vizsgálatának bevezetése esetén az agyag-iszaptartalom szempontjából a 0,1 mm alatti szemekre vonatkozó követelmény el is hagyható, vagy módosítható, de fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a 0,1 mm alatti szemek megengedett mennyiségének előírása nemcsak az agyag-iszaptartalom szabályozását szolgálja, hanem szemeloszlási jelentőséggel is bír. Ugyancsak megjegyzendő, hogy a ma szabványos minősítéssel az agyag-iszap-, vagy saját kőzetportartalom megkülönböztetésére nincs lehetőség.

Az MSZ 1992—70 termékszabvány finomszemekre vonatkozó előírásait a szemeloszlás szempontjából is össze kell hasonlítani az aszfaltkövetelményekkel. Ez az összehasonlítás a 0/3 jelű zúzottkőtermékek segítségével jól elvégezhető.

A 0/3 jelű zúzottkőfrakciók zúzottkő-adalékanyagból való 20—40 súly %-os részesedéséből és maximum 40, illetve 65 súly % 1 mm alatti szemtartalmából következik, hogy a szabványos *KZ* 0/3 frakcióval a zúzottkőmennyiségre vonatkoztatott max. 8—16 súly %, a szabványos *NZ* 0/3 frakcióval a zúzottkőmennyiségre vonatkoztatott max. 13—26 súly % 1 mm alatti zúzottkőszemet lehet a nyers adalékanyag-keverékbe bevinni. Ezekből a mennyiségekből az aszfaltbetonokra *KZ* esetén a 12—16 súly %-os, és az egyéb melegen hengerelt aszfaltokra *NZ* esetén a 13—20 súly %-os intervallum érvényes, amely az 1 mm alatti szemek mintegy 12 súly %-os exhaustor-elszívása miatt, az aszfaltkeverékbe kerülő zúzottkőre számított 10—14 súly % és 11—18 súly % értékre módosul. A zúzottkő szemeloszlásból az 1 mm alatti szemek mennyisége aszfaltbetonok esetén 10—14 súly %, egyéb melegen hengerelt aszfaltok esetén 5—10 súly % kell legyen. Ez az igény az aszfaltbetonokra

KZ termékkel kielégíthető. Az egyéb melegen hengerelt aszfaltok esetén az NZ termék alkalmazása az 1 mm alatti szemek túladagolását okozhatja, míg KZ termékkel a nyers adalékanyag-keverékben 8—12 súly%-os, az aszfaltkeverékben 7—11 súly%-os 1 mm alatti szem mennyiség biztosítható, ami összhangban van az 5—10 súly%-os igényvel.

A 0,1 mm alatti zúzottkőszemek teljes adalékanyagból való részesedése 1—3 súly% kell legyen, ahol az 1 súly% körüli érték vonatkozik az aszfaltbetonokra. A homokot és mészkőlisztet is magába foglaló adalékanyag 0/3 jelű zúzottkő tartalma 15—30 súly%, ami aszfaltbetonok esetén 22—30 súly%, és egyéb melegen hengerelt aszfaltok esetén 15—22 súly%. Az MSZ 1992—70 termékszabvány szerint a 0,1 mm alatti szemek mennyisége KZ esetén max. 8 súly%, NZ esetén max. 15 súly% lehet, ezért a nyers adalékanyag-keverékben a teljes adalékanyagra vonatkoztatott max. 1,8—2,4 súly% 0,1 mm alatti rész származhat a szabványos KZ 0/3 frakcióból, míg ugyanez a szám az NZ 0/3 frakcióval előállított egyéb melegen hengerelt aszfaltok esetén max. 2,2—3,3 súly%. Az 50 súly%-os exhaustor-elszívás ezeket a mennyiségeket az aszfaltkeverékben max. 0,9—1,2 és max. 1,1—1,6 súly%-ra csökkenti. Az aszfaltbetonok 1 súly% körüli igénye tehát szabványos KZ termékkel kielégíthető. A szabványos NZ frakcióval az egyéb melegen hengerelt aszfaltokba bevihető 0,1 mm alatti szemek mennyisége szemeloszlási szempontból nem sok, több is lehetne. Ez a körülmény elentmondást jelent az agyag-iszaptartalom tárgyalásánál mondottakkal, és egyben rávilágít az agyag-iszaptartalom szitavizsgálattal történő korlátozásának ilyen oldalú előnytelenségére.

A termékszabvány követelményei az 5 mm-nél kisebb szem nagyságú zúzottkőfrakciókkal szemben nehezen teljesíthetők. A *Bányászati Kutató Intézet* 1971. január 1—1974. június 30 között végzett méréseinek eredményeit tartalmazó *KÖTUKI* jelentések [4] alapján megállapítható, hogy átlagosan az esetek 25%-ában fordul elő az 1 mm, vagy a 0,1 mm alatti szemek szempontjából kifogásolható 5 mm alatti KZ és NZ termék. A megvizsgált 724 KZ frakcióból az 1 mm alatti szemekre nézve 16%, a 0,1 mm alatti szemekre nézve 40% nem felelt meg. Ugyanezek a számok 1905 vizsgálat alapján az NZ frakciók esetén 25 és 24%-os értéket vesznek fel. Az összesen 2629 vizsgált frakció 22%-a az 1 mm alatti szemekre, 28 százaléka a 0,1 mm alatti szemekre vonatkozó szabványkövetelményt nem elégítette ki. A szabványtól való eltérés mértékadóan tekinthető középértéke az 1 mm

alatti szem nagyságnál KZ és NZ esetén egyaránt 8 súly%, a 0,1 mm alatti szem nagyságnál KZ esetén 4 súly%, NZ esetén 6 súly%, középértékben 5 súly%.

Ha a KZ és NZ termékek 1. táblázatbeli szabványkövetelményeinek különbségét kiszámítjuk — amely különbség a 0/3, 3/5, 0/5 frakcióknál az 1 mm szem nagyságra rendre 25, 9, 15 súly%, és a 0,1 szem nagyságra rendre 7, 4, 4 súly% — és ezeket az értékeket a KZ frakciók szabványtól való közepes eltéréseivel összehasonlítjuk, akkor kitűnik, hogy az eltérések kevés kivételtől eltekintve kisebbek, mint a KZ—NZ követelmények különbsége. Eszerint a KZ technológiával előállított, de a KZ minőséget el nem érő termékek nagy része NZ minőségű. Az ezt bizonyító közepes eltérések az 1 mm szem nagyságra meg nem felelő 113 esetből 112 esetet, a 0,1 mm szem nagyságra meg nem felelő 287 esetből 284 esetet képviselnek, tehát számuk jelentős.

A szabványkövetelmények szigorúak, de a teljességhez tartozik, hogy különösen az NZ termékek esetén nem teljesíthetetlenek, amire a kiváló *uzsai, zalahalápi, komlói* eredmények utalnak. Uzsán, Zalahalápon és Komlón csupán az esetek 5%-ában fordult elő szabványon kívüli 5 mm alatti NZ termék. Hasonlóan szép eredményt érnek el rendszeresen Uzsán és Zalahalápon a KZ 3/5 termékkel is.

Hazai zúzottkő termékszabványunkat összehasonlítva néhány külföldi előírással kitűnik, hogy szabványunk korszerű, és egy-két kivételesen jó minőségű terméktől eltekintve, általában több feltételt szab, mint a külföldiek. Így például az NSZK-ban a zúzottkőfrakciók belső szemeloszlását nem szabályozzák, csak a méreten aluli és felüli szemek mennyiségét kötik meg. Hasonló a helyzet Csehszlovákiában és Lengyelországban is. Az NDK-ban az I. osztályú 0/2 és 0/4 jelű frakciók 0,09 mm alatti szemeinek mennyisége szerződéses megállapodás tárgyát képezi, az ugyanilyen II. osztályú termékekre nem tehető kikötés. A 0/4 jelű frakciók 2 mm alatti szemeinek minimumát az I. osztályú minőség esetén 85 súly%-ban, a II. osztály esetén 80 súly%-ban szabályozzák, a maximumot nem adják meg. Az I. osztályú 0,09/2 jelű frakciók 0,09 mm-nél kisebb szemeinek megengedett mennyisége 5 súly%. Ez a követelmény szigorúbb, mint a hazai KZ 0/3 jelű anyag előírása. Az NDK szabvány ezeken túlmenően szintén csak a méreten aluli és felüli mennyiségekre tartalmaz előírást azzal, hogy az agyag-iszaptartalmat korlátozandó, az I. osztályú termékekre 70%-nál nagyobb homok egyenértéket követel meg, ami közepes szigorúságú

feltétel. *Finnországban* a 0/6 jelű zúzottkő 44—52 súly%-a kell 1 mm-nél, 6—18 súly%-a kell 0,1 mm-nél kisebb legyen. A *finn* előírás lazább a mi *NZ* szabványkövetelményünkénél. Tájékozódásunk szerint a külföldi zúzottkővek az előírásoknak általában megfelelnek. Az összehasonlítás rávilágít az MSZ 1992—70 zúzottkő termékszabvány feltételeit teljesítő hazai anyagok, ezeken belül különösen a *KZ* termékek magas minőségi színvonalára.

Hazánkban 1974. évben mintegy 120 ezer tonna *KZ*, és 770 ezer tonna *NZ*, összesen 890 ezer tonna 5 mm-nél finomabb zúzottkövet állítottak elő. Figyelembe véve a napjainkban 3500 ezer tonnára tehető aszfaltgyártást, az aszfalt-útépítőipar 5 mm alatti zúzottkőigénye az ÉKSZ ideális állapotot tükröző előírásainak betartása esetén mintegy 850 ezer tonna, amiből az aszfaltbetonokra — tehát olyan burkolatokra, amelyeket *KZ* anyagból kell megépíteni — 500 ezer tonna esik. A szükséges finomszemű zúzottkőfrakciók össz mennyiségben rendelkezésre állnak, de a *KZ* termékeket ilyen mennyiségben a kőbányaipar ma nem tudja előállítani, és ha előállítaná, értékesítési gondjai lennének.

A melegen hengerelt aszfalt termelés 1980. évre a mai évi 3200 ezer tonnához képest várhatóan majdnem megkétszereződik, és akkor a jelenlegi útépítési burkolatarányok és technológiák alapulvételével az 5 mm alatti zúzottkőfrakciók iránti aszfaltútépítési igény mintegy 1500 ezer tonna lesz évente, amelyből a finomszemű *KZ* termékre 900 ezer tonna esik. Ezek a számok a *KZ* anyagok beépítését előíró szabályzatok érvényre juttatását követően a kőbányaipar *KZ* programjának, azaz a finomosztályozás hatékonyságának erőteljes továbbfokozása mellett szólnak, még akkor is, ha, a zúzottkő minőségi követelmények esetleg a mai-nál valamivel szerényebbek lesznek.

Következtetés

A fentiek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a hazánkban ma alkalmazott aszfaltútépítő technológiák és útépítőgépek mellett szükség van az MSZ 1992—70 termékszabvány szerinti magas minőségi szintet kielégítő finomzúzottkővekre. Ezen túlmenő, de szintén indokolt követelmény a zúzottkőtermékek egyenletes minősége.

A finomzúzottkővek 1 mm és 0,1 mm alatti szemeinek hányadát illetően csak akkor tehető bizonyos fokú engedmény, ha a tapadásjavító-szerek útbitumenes aszfaltokhoz való adagolása, hatékonyabb aszfaltbedolgozó berendezések üzembe helyezése, az exhaustorpor részbeni visszaadagolása,

az 5 mm alatti frakciók aszfalt-keverőtelepen való melegosztályozása megoldódik. A zúzottkőtermelés végső, és többszöri áttételen keresztül megvalósuló célja a jó minőségű, időálló, és teherbíró közút építése, aminek egyik feltétele korszerű útépítési technológia és géppark alkalmazása. Ha azonban ezek az utóbbi években megtett nagy fejlődés ellenére sem állnak ezen a szinten, akkor természetesen tűnik az a törekvés, amely a hiányosságokat kiváló anyagminőséggel kívánja kiegyenlíteni.

A műszaki fejlődés jövője feltehetően az, hogy a korszerű építési technológiának az olyan erős igénybevételnek kitett helyeken, mint az útburkolat, nagyon jó minőségű építőanyagokkal kell párosulnia. Ezért nézetünk szerint az útépítési technológia várható fejlődése ellenére sem szabad feladni a zúzottkővek minőségével szembeni igényességet, hanem arra kell törekedni, hogy a finomosztályozás színvonalának növelésével egyre több kőbányaüzem legyen képes olyan minőségileg minden tekintetben kifogástalan zúzottkőtermék előállítására, amelyre ma még csak néhány kőbányának van lehetősége.

I R O D A L O M

- [1] Nemesdy, E.: Utak és autópályák pályaszerkezete. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1971.
- [2] Zakar, P.: Bitumen zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1961.
- [3] Udvardy J.—Karpov, L.: Gyorsvizsgálati módszer homokos kavics iszap- és agyagtartalmának meghatározására. Építőanyag. 26. évf. 1974. 10. szám 383—389 p.
- [4] Puskásné, Bné.—Reznák, L.: I—XV. sz. Vizsgálati jelentés a kőbányák termékeinek minőségéről. KÖTUKI kiadvány. Budapest. 1971—1974.
- [5] MSZ 1992—70 Zúzott kőtermékek.
- [6] MSZ 1991—67 Természetes építési kövek és kőzúzalékok vizsgálati módszerei.
- [7] ÉKSZ Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat. ÉTK, Budapest. 1970.

Kausay, Tibor: Az 5 mm-nél kisebb zúzottkőtermékek finomszemtartalma

Az MSZ 1992—70. termékszabvány az 5 mm alatti zúzottkőtermékek megengedhető finomszemtartalmát olyan értékben határozza meg, hogy annak rendszeres betartására csak néhány kőbányaüzemben van lehetőség. Ezért megvizsgáltuk, hogy ez az előírás a legnagyobb zúzottkő-felhasználó, az aszfalt-útépítőipar szempontjából indokolt-e.

Az adalékanyagok fizikai és kémiai szerepe az aszfaltban, az aszfalt-útépítés technológiája, az ezekből fakadó követelmények, valamint a zúzottkő vizsgálatok eredményeinek elemzése azt bizonyítja, hogy a jelenlegi útépítési adottságok mellett a több finomszemet tartalmazó zúzottkőtermékek alkalmazása — a mészkőliszt és természetes homok adagolásának egyidejű csökkentése esetén is — az aszfaltút minőségére nézve kedvezőtlen. A finom-zúzottkőszemek mennyiségének korlátai ezért csak az aszfaltútépítési technológia fejlesztését követően tárgyhatók.

Kaušai, T.: **Содержание тонких фракций в щебенке тонкостью менее 5 мм**

Стандарт МС 1992-70 определяет допускаемое в щебенке тоньше 5 мм содержание тонких фракций в таких пределах, систематическое соблюдение которых возможно только на некоторых горных предприятиях. В связи с этим нами была исследована обоснованность этих требований с точки зрения наиболее частого потребителя щебенки -асфальтово-дорожной промышленности.

Анализ физической и химической роли наполнителя в асфальте, технологии асфальтового строительства, а также сделанные на основе этого анализа выводы, испытания щебенки, показали, что в условиях настоящего дорожного строительства применение щебенки, содержащей повышенное количество тонких фракций — также и в случае одновременного снижения расхода известковой муки и естественного песка — является с точки зрения качества асфальтовой дороги отрицательным. Таким образом расширение границ допустимости тонких фракций щебенке может быть осуществлено только после соответствующего развития технологии асфальтового дорожного строительства.

Kausay, Tibor: **Der Feinkornanteil der Splitterzeugnisse unter 5 mm**

Die ungarischen Normen begrenzen den zulässigen Feinkornanteil der Splitterzeugnisse unter 5 mm zu einem derart geringen Wert, der bloß in wenigen Steinbruchbetrieben eingehalten werden kann. Es wurde daher untersucht, inwiefern diese Vorschrift in Hinsicht des größten Splittverbrauchers, des Asphaltstraßenbaues, begründet ist.

Aufgrund der Analyse der physikalischen und chemischen Rolle der Zuschlagstoffe im Asphalt, des technologischen Verfahrens des Asphaltstraßenbaues, der daraus erwachsenden Forderungen, sowie der Ergebnisse der Splittuntersuchungen hat sich erwiesen, daß unter den gegenwärtigen Straßenbauverhältnissen, die Anwendung von Splitterzeugnissen mit einem höheren Feinkornanteil — selbst bei gleichzeitiger Verringerung der Kalkmehl- und Natursandzugabe — die Güte der Asphaltstraße ungünstig beeinflusst. Die Grenzen des feinkörnigen Bruchsandanteils können daher bloß nach einer Weiterentwicklung der Asphaltstraßenbauverfahren erweitert werden.

Kausay, Tibor: **Fine Grain Content of Crushed Stone Products**

The Hungarian standard prescribes for the < 5 mm fraction of crushed stone a low fine grain content which can be hardly kept in most quarries. Examinations described in the paper were aimed at finding whether this prescription is justified or not taking the demands of the largest user, asphalt roadbuilding into consideration. The following factors were analysed: physical and chemical role of aggregates in asphalt, technology of roadbuilding and its demands and data compared with properties of the crushed rock. It was proved that in the present roadbuilding technology, crushed products of higher fines content will result in the deterioration of road quality, even if the addition of ground limestone and natural sand is decreased. The quantitative limitation of fines content in crushed products are thus justified until the asphalt roadbuilding technology can be developed in this respect.

Egyesületi élet

Finomkerámiai szakosztályunk január 23-án ankétot rendezett „Intenzív fejlesztési lehetőségek a FIM gyáraiban” címmel. Az ankét tájékoztatta az ipar szakembereit azokról a fejlesztési lehetőségekről, amelyek az ipar területén a megvalósítás stádiumában vannak, vagy a közel jövőben kerülnek megvalósításra. Az ankét szervezésében részt vevő Finomkerámiai Ipari Művek az ankét címében kifejezésre kívánta juttatni azon óhaját, hogy a gyártmány- és technológia-fejlesztések rövid határidővel a legintenzívebb eredményre vezessenek.

A megnyitó előadást *Sárközy*

Dezső (FIM) tartotta, ismertette a FIM fejlesztési feladatait és az egyes gyárokra háruló munkákat. Felhívta a figyelmet az anyag- és energia-takarékosság követelményeire. Utána *Molnár Gyula* (FIM) a meglévő berendezések kihasználásának néhány kérdéséről adott elő, kiemelve azokat a lehetőségeket, amelyek új beruházások nélkül, tisztán jobb szervezéssel oldják meg a gyártásfejlesztést. *Galambos Attila* (Alföldi Porcelángyár) ismertette szaniter gyáregységük fejlesztési tervét, amelynek végrehajtásával termelésük a másfélszerezésre emelkedik. *Kemény István* és *Karacs*

Gábor (FIM) a háztartási edénygyártás dekorálásának gépesítési lehetőségeivel foglalkoztak. Színes ábrákon új külföldi automatákat mutattak be, amelyek közül néhányat egyes gyáraink fejlesztési programjukba már be is tervezték. Végül *Lenkei György* (FIM) ismertette a Pécsi Porcelángyár kamráskemencéinél az égetési idő csökkentésére irányuló fejlesztési munka konkrét eredményeit. Ezeket új beruházás nélkül, tisztán szervezéssel érték el.

Az elhangzott előadásokat *Molnár Gyula* foglalta össze, majd kifejezte reményét, hogy az ankét megszervezésével a Szakosztály és a FIM elérte célját: sikerült az ipar műszaki dolgozóinak érdeklődését felkelteni.

Molnár Barnabásné

Úton a nagyszilárdságú üveg felé I.

SZÖLLŐSI JÓZSEF

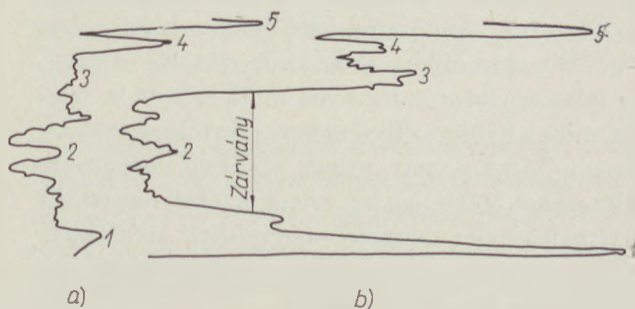
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Miért törékeny az üveg? — tettük fel a kérdést ezt megelőző, „Az üveg láthatatlan zárványai” című cikkünkben [1]. A válasz egy részét már ott megadtuk: azért, mert szerkezete nem homogén, 10—30 mikrométeres, SiO_2 -ben dús zárványokat tartalmaz. Ezeket a zárványmagokat alkáliában dús üvegfilmek veszik körül. Az üveg törése az alkáldúsulások mentén halad végig. Nézetünket három vizsgálati módszerre alapoztuk: a fénymikroszkóp, az elektronmikroszkop és az olajban edzett üveg repedéseibe öntött fenoltalein oldat egyaránt kimutatta a zárványmagok körül dúsuló alkáliát. Már az [1]-ben is hangoztattuk azonban, hogy talán még az egyenlőtlen SiO_2 és R_2O eloszlásnál is jobban rontja az üveg szilárdságát az üvegben oldott gáz, mert ez létesíti benne a leggyengébb kötési helyeket. Az üveg gáztartalmának a szilárdságcsökkenésben kifejtett szerepéről újabb fejtegetést ígértünk. Ehhez az alábbiakban kezdünk hozzá.

Az [1]-ben említettek kiegészítéseként jegyezzük meg itt még ennyit: elektronmikroszkopos vizsgálatainkhoz olyan elektronsugarat használtunk, amely az üvegfelszínt, egy vonalban végighaladván rajta, megolvasztotta. Kiválasztottuk a műszerhez tartozó fénymikroszkópban azt az üvegfelület-részt, amelyből, a környezetétől eltérő fénytörésmutatója következtében élesen elkülönült a zárvány, s ezen a zárványon haladtunk végig a pontba fókuszált elektronsugárral. A fénymikroszkópban eközben szemmel kísérhettük az elektronsugár melegítő, üvegolvasztó hatásának következményeként képződő olvadácsík kialakulását: sötétebb színével ez a csík elvált a meg nem olvasztott üveggörnyezettől. Csak az ilyen „agresszív” elektronsugár hatására dúsult fel az alkália azokban az üvegfelszíni pontokban, amelyekben már eleve is nagyobb mennyiségben volt jelen,

vagyis a zárványhéjakban. A fenti olvasztóhatást 35 kilovoltos gyorsítófeszültséggel, 1 mikroamperes szondaárammal, 4—5 mikrométer átmérőjű elektronsugárral értük el. Ha a sugarat kevésbé fókuszáltuk, ha átmérőjét 30—40 mikrométerre növeltük, olvasztó- és az alkáliákat pontokban felduzzasztó hatása lényegesen kisebb lett. Emlékeztésként az [1]-ben bemutatott görbékre, nézzünk meg még egy ábrát, amelyen két sugárút eredményét helyeztük egymás mellé (1. ábra).

Ebből az ábrából, a későbbiek megértése szempontjából, egyetlen dolog fontos: az alkáliák különféle külső okok hatására az üveg belsőbb rétegeiből a felületre vándorolnak, de nem egyenletesen, hanem egyes helyeken feldúsulva. Ahol feldúsulnak, ott nagy hőtágulású anyag dúsul fel, az üveg törékenységének már ez is oka, részben, hiszen az üveg a gyakorlatban állandóan hőingadozásokat szenved el, s ha egyes üvegfelszíni pontjai másként tágnak, mint ezek környezete, a repedések kialakulásának máris megvan az egyik oka. A másik ok viszont éppen mostani elmélkedésünk tárgya lesz: ahol az alkáliák dúsulnak, ott bontja meg legkönnyebben az üvegfelszínt a víz és ott bomlanak meg a szilícium-nitrogén kötések is.



1. ábra. Káli-ólomüveg elektronmikroszkopos vizsgálata káliumra, egy zárvány környezetében. a) első sugárút; b) második sugárút; 1, 2, 3, 4, 5: néhány káliumcsúcs

1. Az üvegfelszíni nátriumdúsulás és a szilárdságesőkkenés

Műszeres vizsgálataink eredményeként igen gyakran jutottunk olyan elméleti jellegű megállapításokhoz, hipotézisekhez, amelyek igazolását, megerősítését a gyakorlattól kellett várnunk. Ilyen gondolat a fent már említett is: az üveg felszínén dúsuló alkália rontja a szilárdságot. Anélkül, hogy már itt részletesen boncolgatnánk az okokat, hatásmechanizmusokat (hogyan rontja, miért rontja), bizonyítanunk kell, hogy csakugyan rontja. Bizonyítanunk kell, hogy annak az üvegnek, amelynek felszínében több az alkália, kisebb a szilárdsága. Bizonyítani szeretnénk ezzel párhuzamosan még azt is, hogy az üveg gyártása közben elegendő idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy az üveg felszínében az alkáli ionok mérhető mennyiségben feldúsuljanak s kifejtsék szilárdságesőkkentő hatásukat.

Azt, hogy nagy hőmérséklet hatására az alkáli ionok az üveg felszíne felé vándorolnak, már régóta tudjuk a szakirodalomból. Korányi [2] több kutató ilyen irányú vizsgálatairól is beszámol. Görbesorozatok formájában bemutatja vizsgálati eredményeiket. E görbékéből az derül ki, hogy néhány órán át történő hevítés hatására az üveg transzformációs hőmérséklet-tartományának — 500—700 °C eléréseig egyenletesen dúsul az üvegfelszínben az alkália, majd beáll az egyensúly, az alkália egy részének feltételezett elpárolgása következtében. Schwiete, Körnert és Nusselin [3] a fentínél nagyobb hőmérsékletek hatásának tettek ki üveges kohósalak-örleményt: ők 700—900 °C között is észlelték a jelentős alkáli (nátrium és kálium), valamint az SO_3 -tartalom növekedését a porfelszínben. Véleményük szerint a nátrium, a kálium és a kéntrioxid kis felületi feszültségük miatt jutnak ki az üveg belsőbb rétegeiből a felszínre, s minél nagyobb a kezelési hőmérséklet, annál könnyebben, minél kisebb az illető ion felületi feszültsége, annál gyorsabban. A 700, 800 és 900 °C-on 2—2 órán át kezelt minták közül a 900 °C-on kezelt porból tudták kioldani a legtöbbet mindhárom anyagból, s ezek közül is legtöbbet a legkisebb felületi feszültséggel bíró SO_3 -ból. Ami mindebből pillanatnyilag legfontosabb számunkra: ez az anyagdúsulás az üvegpor felszínén szintén több óra alatt zajlott le, éppúgy, mint a Korányi által idézett szerzők vizsgálatainak közben. Tichane már csupán 5 percig melegítette az üvegeket 500 °C-on [4], ennek hatására is észlelt az üvegfelszínen mérhető mennyiségű alkálidúsulást. Itt már tehát nem órákról, csak percekről van szó. De még itt is több pereről.

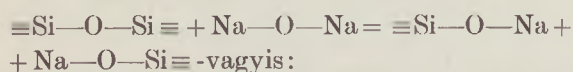
Ugyanakkor az általunk vizsgált síküvegek közül a 2 mm vastagságúnak 137 cm/perc volt a hú-

zási sebessége, így tehát azt az 50 cm távolságot, amelynek megtétele a síküvegyárban végzett hőmérsékletméréseink szerint elegendő ahhoz, hogy az üvegszalag a húzócsónak 950 °C-áról 550 °C alá hűljön, ahonnan kezdve már feltehetően igen kicsi a nátriumionok mozgékonyasága, ezt az 50 cm távolságot a 2 mm-es vastagságú üveg mintegy 22 másodperc alatt megtette. A 3 mm-es vastagságú üveget 85 cm/perc sebességgel húzták, ennek tehát „már” több, mint 35 másodperc idő állott rendelkezésére megszilárdulásáig. A 7 mm-es üveget 52 cm percenkénti sebességgel gyártották, ennek húzása közben tehát csaknem 58 másodperc, csaknem 1 teljes perc volt az az időtartomány, amíg az alkálidiffúzió a felszín felé viszonylag gyorsan végbemehetett. Csaknem 1 teljes perc, de azért mégsem 1 perc, különösen nem 5 perc, hogy órákról ne is beszéljünk. Mind az üvegyártó szakemberek, mind mi magunk kissé kételkedve fogadtuk azt a gondolatot, hogy ez alatt a 0,3—1 perc alatt mérhető mennyiségű anyag dúsul fel az üveg felszínén a kis felületi feszültségű üveggkomponenseknek a felszín irányába ható vándorlási hajlama következtében. Mivel azonban az [1]-ben közölt szilárdságvizsgálati eredményekből azt a következtetést kellett levonnunk, hogy a kemence irányába néző, az [1]-ben melegnek nevezett üvegoldal kisebb szilárdságát az okozza, hogy annak felszíni rétegében több a nátrium mint a „hideg” üvegoldalban, ki kellett alakítanunk valamilyen vizsgálati eljárást, amivel ezt a két üvegoldalban mutatókozó nátriumtartalom-különbséget sikerül kimutatnunk, sőt azt a nézetünket is alá kellett támasztania ennek a vizsgálati metodikának, hogy a nagyobb nátriumtartalmat nem csupán a kemencéből hozza magával a melegoldali üvegfelszín, hanem tovább nő a meglevő nátriumtartalom húzás közben mind a meleg-, mind a hidegnek nevezett, tehát a kemencétől távolabb eső üvegoldalban. A sikertelen vizsgálati módszerekről nem számolunk be. Ami végre meghozta a várt eredményt, amennyire eredményes, annyira egyszerű. Az alábbi gondolatmenet vezetett el hozzá:

Ha a 950—550 °C között az üveg felszínében mind a nátrium, mind a kálium, mind az SO_3 dúsul, hármuk közül a síküveg esetében a nátrium dúsulása jelentheti a legnagyobb veszélyt a szilárdságra, a vizsgálati metodikát tehát elsősorban a nátriumdúsulás „megfogása” céljából kell kidolgozni. A káliumot azért tartottuk kevésbé veszélyesnek, mert ez a síküvegben csupán szennyezésként, míg a nátriumoxid 15 súly%-nyi mennyiségben van jelen. Bármennyire kisebb is a kálium felületi feszültsége a nátriuménál — Dietzel [5]

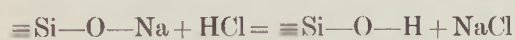
szerint 0,7 dyn/cm, a 2,2-vel szemben — az üveg felületén mégis a nátrium dúsul fel jobban, mert a síküvegben hozzá viszonyítva a kálium elhanyagolhatóan kevés. Az SO_3 a nátriumsulfát derítőszerből kerül az üveg összetételébe s a kész üvegben is benne marad mintegy 0,3%. A szulfát ionnak Dietzel szerint minden üvegkomponensénél lényegesen kisebb a felületi feszültsége: —40, így tehát, noha csupán 0,3%-ot tartalmaz belőle a síküveg, előfordulhat, hogy jóval nagyobb mennyiség vándorol ki szulfátból az üvegfelületre a gyártás közben, mint amennyi a belső rétegekben marad. A szulfát azonban minden ilyen irányú szakcikk szerint nem rontja, hanem inkább javítja az üveg szilárdságát. Mind szilárdságrontásban feltételezett szerepe, mind mennyisége miatt legésszerűbbnek és legkönnyebbnek fentiek miatt a nátriumdúsulás vizsgálata ígérkezett.

Az üvegfelületre kijutott nátriummennyiségből is az látszott a leginkább mérendőnek, amit a szintén a felületre diffundált szulfát ionok nem kötöttek le, nem semlegesítettek. Ahol ugyanis ilyen lekötetlen nátrium található, ott egyben szakadás is van. Ha ugyanis a nátriumoxid kis felületi feszültsége hatására felszínre kerül a belső üvegrétegekből, erős szilícium-oxigén kötéseket, hidakat bonthat meg, eképpen:



ahol eddig kötés volt, ott most már szakadás látható. (Még könnyebben bontja a nátriumoxid a szilícium-nitrogén-kötéseket, e kérdés vizsgálata azonban a későbbiekben külön fejtegetést igényel.)

Mindebből az következik, hogy annak a nátriummennyiségnek az elemzése, ami a felszínen szakadásokat keltett, az üvegfelület savval történő lemosásával válhat valóra. A sav lebontja a nátriumot az oxigénről, hidrogén iont ültet a helyébe:



Annyi tehát csupán a teendő, hogy az üveget pontosan beállított faktorú savba merítjük, hagyjuk, hogy az üvegfelület oxigén ionokon lógó, könnyen leválasztható nátrium ionjai a savat részben semlegesítsék. A semlegesítetlen savat nátriumhidroxiddal visszatitráljuk. Annál kevesebb nátriumhidroxid fogy majd a titrálásnál, minél több volt az üvegfelületen az aktív-, a mikroropédeket keltett nátrium.

Ha azt akarjuk, hogy a sav ne az üveglap mindkét oldalát támadja, hanem külön oldja ki a kioldható nátriummennyiséget egy meghatározott nagyságú „hideg” üvegfelületből és külön egy

ugyanekkora „meleg” üvegoldalból, üvegcsíkokat kell vágnunk, ezeket akkor, amikor a „hideg” oldal nátriumtartalmára vagyunk kíváncsiak, a „meleg” oldalukkal egymás felé ragasztjuk össze paraffinnal (és ugyancsak paraffinnal lezárjuk az üvegcsíkok vágási felületeit is, hogy onnan se oldódhassék ki nátrium); ha viszont a „meleg” oldal nátriumtartalmát akarjuk savval lemosni, akkor a „hideg” oldalaikkal ragasztjuk egymás felé össze a két üveglapot.

A 2 mm vastagságú üvegekből 10 ilyen üvegpárat tettünk Erlenmeyer lombikba. A csíkok mérete 30×80 mm volt. Úgy helyeztük el őket a szintén beparaffinozott belsejű lombikban, hogy mindkét szabadon hagyott oldalukhoz jól hozzáférjen a 0,1 n sósav. Összesen tehát 480 cm^2 üvegfelületet támadott így a sav 1 órán át, szobahőmérsékleten. A 3 mm vastagságú üvegekből szintén belefért 10 üvegpár a lombikba, a 7 mm vastagságúakból viszont csupán 5. Nem végeztük el a 7 mm vastagságú üvegek vizsgálatát kétszer, így ezek esetében a 480 cm^2 üvegfelületből kioldott nátrium mennyisége a 240 cm^2 -ből kioldottnak a kétszereseként szerepel az 1. táblázatban. Később, ha egészen pontos értékekre leszünk kíváncsiak, megismételjük majd a nátriumkioldást 240 , sőt 480 cm^2 -nél is nagyobb felületből. A tendenciát azonban már ez az első vizsgálat is mutatja, hipotézisünket már ez is igazolta.

1. táblázat

Az üvegfelület nátriumtartalma és az üveg szilárdsága

Üvegfajta	Na_2O , g 480 cm^2 üvegfelületben	Az üveg eltöréséhez szükséges erő kp/30 mm ² üveg-szélesség	Hajlítószilárdság kp/mm ²
2 mm			
hideg o.	0,013	22,09	16,02
meleg o.	0,023	11,56	8,38
3 mm			
hideg o.	0,027	34,37	11,10
meleg o.	0,035	20,55	6,60
7 mm			
hideg o.	0,040	123,50	7,30
meleg o.	0,101	85,10	5,03

A táblázat egyértelmű eredményt mutat. Kiderül belőle, hogy az üvegfelület nátriumtartalmának növekedése csökkenti a hajlítószilárdságot. Mind-egyik üvegfajta meleg oldalában több a nátrium, mint ugyanennek az üvegnek a hideg oldalában, és mindegyik üvegfajta meleg oldala kisebb szilárdságú a hideg oldalánál. Kiderül a táblázatból az is,

hogy a síküveg húzása közben igenis növekszik az üvegfelület nátriumtartalma: legtöbb a nátrium a leglassabban húzott 7 mm vastagságú üvegben, legkevesebb, a leggyorsabban húzott 2 mm vastagságúban. Ahogy nő az üvegvastagság és vele együtt az üvegfelület nátriumtartalma, úgy csökken a szilárdság: a három vizsgált üveg közül a 2 mm-es a legszilárdabb, a 7 mm-es a legkönnyebben törhető (ezen a könnyen törhetőségen természetesen nem a töréshez szükséges erőt, hanem ennek a mm^2 -re átszámított értékét figyelembe véve). Az alkáloxid felületi dúsulásának szilárdságcsökkentő hatása tehát egyértelműen bizonyított.

Korányi [2] ugyan Keppeler vizsgálatai alapján olyan eredményekről is beszámol, melyek szerint az üveg vastagodásával, a húzási sebesség csökkenésével egyidőben csökken az üvegfelület alkalitása, nő a szilárdság, ezek a vizsgálatok azonban generátorgáz-tüzelésű kemence által termelt üveggel kapcsolatosak, vagyis ennél az üvegnél a szénből felszabadult kéntartalmú gázok kötötték meg az üvegfelületi nátrium egy részét, idézték elő a szilárdulást. Az általunk vizsgált üveg földgáz-tüzelésű kemencében gyártódott, húzókamrájában nem volt mérhető mennyiségű kéntartalmú gáz.

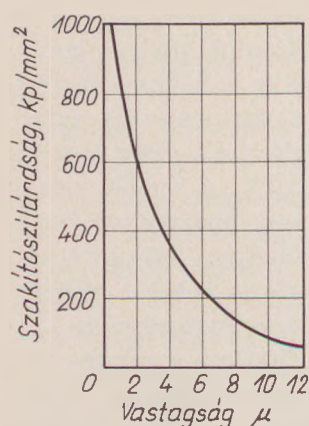
Az üvegfelületek nátriumtartalmának kioldását 0,1 n sósavon kívül desztillált vízzel is elvégeztük. Ha paraffin helyett epoxigyantát használtunk az üvegcsíkok összeragasztására, melegíthettük is a lombikokba rakott mintákat. Különböző hőmérsékleteken, különböző oldási időtartamok hatására a nátrium lángfotométerrel meghatározva is mindig több volt a vastagabb üvegekben mint a vékonyakban.

Ezzel az üvegszilárdság-romlás egyik kórokozóját azonosítottuk.

2. Az üvegszilárdság és a víz

1920 óta, amikor Griffith közzétette hipotézisét az üvegfelszíni mikropedésekről, a későbbi üveg-törés kiinduló forrásairól, ismerjük az alábbi, szintén az ő cikkében [6] szereplő ábrát.

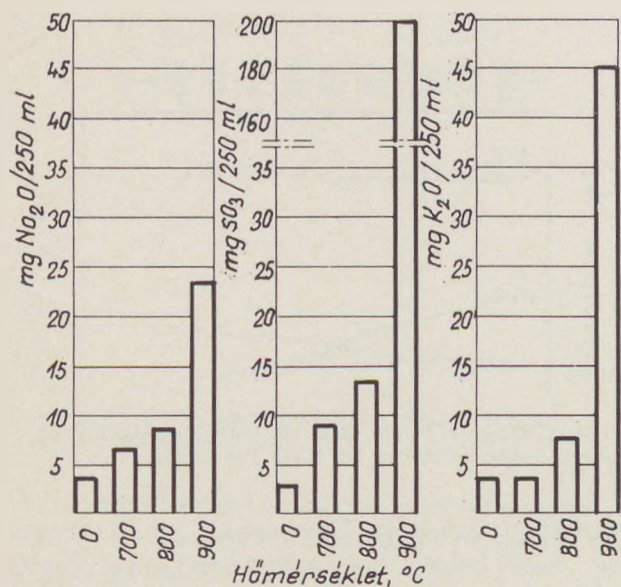
Vékonyabb üvegszálaknak tehát nagyobb, vastagabbaknak kisebb a szakítószilárdsága. Ugyanazt mondja ki ez az ábra, amit mi kimondtunk az imént a síküvegek hajlítószilárdságáról. Mivel az üvegek hajlító- és szakítószilárdsága gyakorlatilag azonos (csupán a nyomószilárdság nagyobb ezeknél, megközelítőleg egy nagyságrenddel), úgy is felfoghatnánk a 2. ábrát, mint a mi vizsgálati eredményeink elejét. Ha a 12 mikrométernél Griffith által mért érték és a 2 mm-nél általunk mért érték közé beiktatnánk a többi vastagsághoz tartozó



2. ábra. Üvegszálak szakítószilárdsága vastagságuk függvényében (6)

értéket is, teljessé válna ez az alsó ágával a vízszintes tengelyt egyre jobban, asszimptotikusan megközelítő görbe. Márpedig, ha a görbe jobb oldali végén elhelyezkedő üvegekről megállapítottuk, hogy azok szilárdságromlását a növekedő vastagsággal együtt a felületükben dúsuló nátrium okozza, legalábbis részben, akkor talán nem tűnik most már megengedhetetlen merészségnek, ha azt véljük: ugyanez az alkálitartalom-különbség az oka, úgyszintén legalábbis részben, a legvékonyabb üvegek, az üvegszálak szilárdságkülönbségének. Bármennyire a másodperc tört részeiben különbözik is egymástól a 4 és a 12 mikrométer vastagságú üvegszálak húzási- és megszilárdulási időtartama, még ez a rendkívül kis időtartam-különbség is elegendő lehet ahhoz, hogy a vastagabb üvegszál felületébe több nátrium diffundáljon ki, mint a vékonyéba, ennek következtében a 12 mikrométer vastagságú szál annyival kisebb szilárdságú legyen, amennyivel kisebbnek látjuk az ábrán a 4 mikrométeresnél. További vizsgálatok kérdése csupán, hogy ezt a véleményünket kémiai elemzésből származó bizonyítékokkal alátámaszszuk. De, még ha feltételezzük is, hogy a tervezett vizsgálat megerősíti ezt a hipotézisünket is, akkor is azt kell kijelentenünk, már előre, hogy az üvegfelszíni alkálitartalom-különbség nem az egyedüli oka a szilárdságkülönbségnek. 1920 óta már alkáli-mentes vagy csupán — a régi összetételhez viszonyítva — elhanyagolható mennyiségű alkáliát tartalmazó üvegszálakat is gyárt az ipar, azért, mert a nagy alkálitartalmú szálak eléggé érzékelhetően nedvsvívó sajátosságúak.

És ez az üvegszálak felületén adszorbeálódó, a szálfelszínt korrodeáló nedvesség a másik oka annak, hogy a vastagabb üvegek kevésbé szilárdak a vékonyaknál. Ha a síküveg, avagy az üvegszál gyártása közben jelentkező kisebb-nagyobb időtartam-különbségek elegendőek lehetnek ahhoz, hogy az üveg belsőbb rétegeiből — végeredmény-

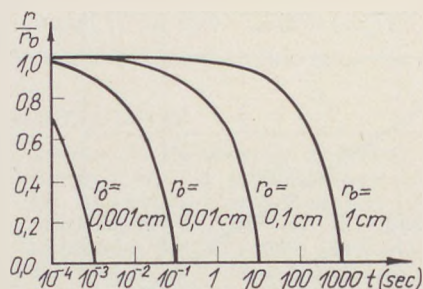


3. ábra. Kohósalak kilúgozási értékei hőkezeletlen, illetve 700, 800 és 900 °C-on 2—2 órán át hőkezelt 50 g anyagból (3)

ben azért mégiscsak eléggé nagy viszkozitású anyagban mozogva, előrehaladva — kijussanak az üvegfelületre a kis felületi feszültségű anyagok, mennyivel inkább hatásos lehet ez a húzási idő-hossz-különbség arra, hogy a légtérben jelenlevő, mozgékonyságukban semmi által nem gátolt vízmolekulák szinte belebombázzódjanak az ilyen nagy, 900 °C körüli gyártási hőmérsékletű üveg vörösen izzó, rendkívül reakcióképes felszínébe!

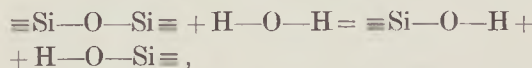
Hogy ebben a hőmérséklet-tartományban mennyire hajlamos arra az üvegfelület, hogy kémiai-fizikai sajátosságait megváltoztassa, szemléljük meg Schwiete és társai [3] eredményeit (3. ábra).

Láthatjuk az ábrából, hogy 900 °C-on igen nagy mennyiségű oldható SO₃ halmozódott fel az üvegporszínén. Lényegesen kevesebb a kioldható K₂O, még kevesebb a Na₂O. A három vizsgált anyag közül a legkisebb felületi feszültségűből lehetett kioldani a legtöbbet, több mint egy nagyságrenddel nagyobb mennyiséget, mint hármuk közül a legnagyobb felületi feszültségűből. Az üveg tehát, amint azt Jølsen Marwedel már régen megírta [7], oxidáló légtérben kis felületi feszültségűvé válik. Ez a folyamat a felszínen kezdődik el, innen halad a belsőbb üvegrétegek felé. Az oxidáló légtér az üveg gyártása közben ott található az üvegfelület mellett. Néha, mint Keppeler esetében történt, ez az oxidáló légtér kéndioxidot, kéntrioxidot is tartalmaz, ilyenkor ez a kis felületi feszültségű anyag épül be az üvegfelületbe s ezáltal némi szilárdulás jelentkezik. Ha azonban SO₃ nincs jelen, víz lép reakcióba az üvegfelszínnel, ez csökkenti a felületi feszültségét. Scholze [8] számos kutató



4. ábra. Vízgőztartalmú buborékok oldódása a szóda-mész üvegben 1400 °C-on. r_0 : a buborék kezdeti sugara (8)

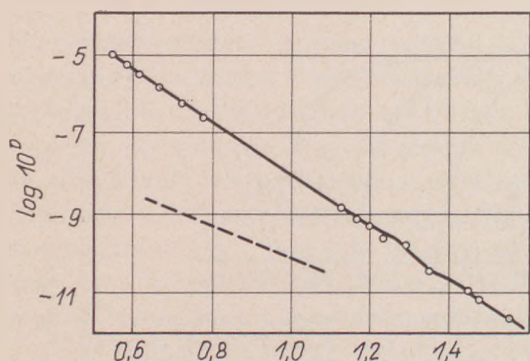
vizsgálati eredményeit foglalja össze, ezek szerint a víznek az üveg felületi feszültségét csökkentő hatása egyértelműen bizonyított. Ugyancsak Scholze feltételezi, hogy a víz így épül be az üvegbe:



vagyis eszerint a víz ugyanúgy bontja az erős szilícium-oxigén kötéseket, ahogyan a Na₂O. Ahol eddig kötés volt, ott most szakadás jelentkezik. Salmang [9] azonban idézi Arrhenius-t, aki megállapította, hogy a víz savként, nagy hőmérsékleten igen erős savként támadja az üveget. Kérdés tehát, hogy csakugyan azonos módon viselkedik-e az üvegben egy erős sav az erős bázissal? Egyes kutatók szerint a víz nem elsősorban Si—O—Si kötéseket bont meg, hanem Si—N—Si kötéseket; ennek a kérdésnek a boncolgatása azonban a cikk második részének a feladata lesz. Most csupán annyit fogadjunk el a szakirodalomból, hogy a víz könnyen beépül az üvegszerkezetbe, miközben csökkenti a felületi feszültséget, erős kötések helyébe szakadásokat léptet.

Lássuk magának Scholzenak a vizsgálati eredményeit arról, hogy az alkáli-mész-szilikát üvegek hogyan nyelik a vizet az üvegolvasztási hőmérsékleten (4. ábra).

Ezen a hőmérsékleten nem vízmolekulák, hanem még vízcseppek is másodpercek tört részei alatt elnyelődhetnek az üvegolvadékban. A síküveg azonban ennél kisebb hőmérsékleten, 950 °C környékén kerül ki a húzócsónakból (Fourcault technológia esetén) és — legalábbis a „hideg” oldala, amelyik alsóbb üvegrétegekből fordítja függőlegesbe az üvegszerkezetet — csak ezen a 950 °C-on léphet reakcióba a légtér víztartalmával. Itt már nyilvánvalóan kisebb a víznyelés sebessége, de ha vízcseppeket nem is, vízmolekulákat még ezen a hőmérsékleten is a másodperc tört része alatt ránt magába az üveg, különösen pedig a bázikus, az alkálitartalmú üveg. Nézzük meg erről Scholze másik görbéjét is, amit kiegészített az általa idézett Cocram és társai eredményeivel (5. ábra).

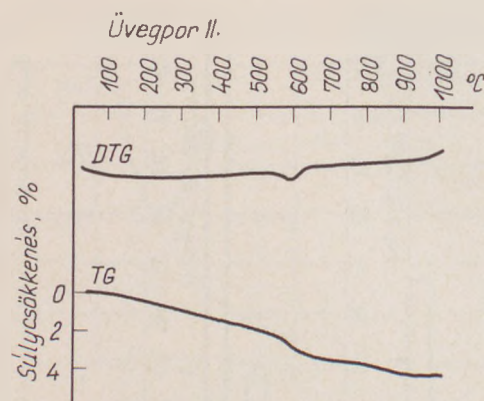


5. ábra. A diffúziós koefficiens logaritmusának a diffúziós hőmérséklet reciprokának függvényében. Felső görbe: alkáli-mész-szilikát üvegben oldódó víz; alsó görbe: üvegszerű SiO_2 -ben oldódó víz (8)

Az 5. ábrából tehát már a kvarcüveg víznyeléséről is kapunk tájékoztatást. Kvarcüveg esetében nyilvánvalóan nem lehet oka az üvegfelületi alkáli-tartalom-különbség annak, hogy a vastagabb üveg mm^2 -re átszámított szakító- vagy hajlítószilárdsága kisebb a vékony üvegszálakénál, ezt a szilárdságkülönbséget a felületi víztartalom különbség okozhatja. Hogy hogyan és miért, arról a következő közleményben beszélünk. Itt még a saját, e tárgyú vizsgálati eredményeinket szeretnénk bemutatni.

Az üvegfelület által adszorbeálható víz mennyiségét kívánatos kimutatni differenciál-termogravimetriával. Púderfinomságúra őröltük az üveget, hogy minél nagyobb legyen a fajlagos felülete, ezt a port vízben ülepítettük, hogy még jobban fajtázódjék, a nagyobb átmérőjű, kisebb fajlagos felületű szemcsék leüljenek az üveghengerbe öntött desztillált víz aljára. Csak a lebegésben maradó, legfinomabb szemcséket választottuk le és szárítottuk meg szobahőmérsékleten, ezután vittük a műszerbe és kezdtük hevíteni. A DTG- és TG-görbét erről a porról a 6. ábra mutatja be.

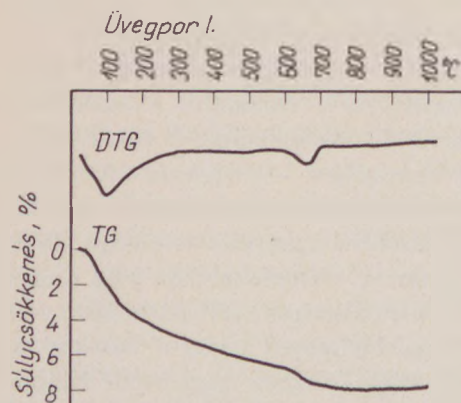
Korányi [2] végzett ilyen irányú vizsgálatokat, ő mérte az üvegfelület különböző hőmérsékleteken



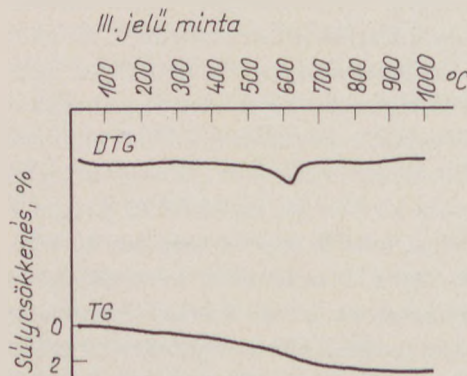
7. ábra. 1%-os HF-ban ülepített, majd desztillált vízzel mosott, megszáritott por DTG- és TG-görbéje

leadott víztartalmát. Ugyancsak ő említi könyve egy másik helyén, hogy a hidrogénfluorid fluorid ionokat rak az üvegfelületi hidroxil ionok helyébe, ezt több külföldi kutató vizsgálatainak eredményeivel bizonyítja. Második kísérletünkben mi is ezt kívántuk megnézni: mi lesz az üvegfelülettel, ha nem desztillált vízben, hanem híg, 1%-os HF-oldatban ülepítjük a port rövid ideig, 1 percre, hogy az üveg mélyebb rétegeit lehetőleg ne támadtassuk a savval, csupán a felszín-hidroxilmentesítő hatásáról nyerjünk értesülést. Erről a porról a 7. ábra mutatja be a megfelelő görbéket. Anélkül, hogy az eredményt számszerűleg is vizsgálnánk, elég ha itt annyit veszünk figyelembe, hogy megszűnt az előző ábrán 100°C -nál észlelt minimum a DTG-görbén.

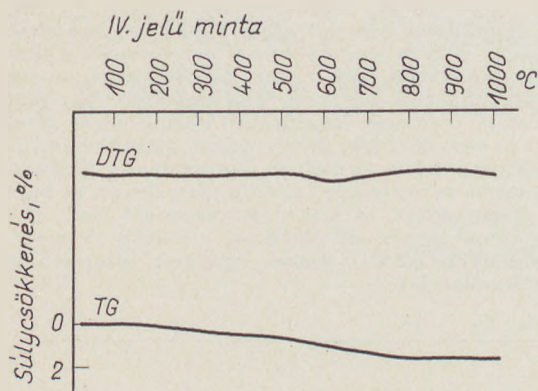
Következő kísérletünkben a vízben ülepített port káliumnitrát olvadékban hevítettük 400°C -on 30 percig, vagyis „kémiai edzés”-nek vetettük alá. Eredmény: 8. ábra. Most is hiányzik a DTG-görbén a 6. ábrán 100°C -nál látott minimum. A káliumnitrát olvadék tehát víztelenítette a porfelszínt, illetve olyan felületűvé alakította át, hogy ezt a felületet, amikor a port kimostuk vízzel a lehűtött káliumnitrát közül, ez a víz már nem tudta tele-



6. ábra. Desztillált vízben ülepített üvegpor legfinomabb frakciójának DTG- és TG-görbéje



8. ábra. Desztillált vízben ülepített, majd 400°C -on KNO_3 olvadékban 30 percig kezelt üvegpor DTG- és TG-görbéje



9. ábra. Mint a 8. ábra szerinti üveggör, de előzetes vizes ülepítés nélkül

rakni annyi hidroxil ionnal, hogy annak eltávozása 100 °C-nál jelentősebb minimumot idézhessen elő a DTG-görbén.

A negyedik görbénk szintén káliumnitrátos kezelést kapott üveggörrel készült, de most nem ülepítettük a porszemcséket a káliumnitrátba helyezésük előtt, nem raktunk a felszínükre az ülepítő közegből származó hidroxil ionokat. Eredmény: 9. ábra. Ezen a DTG-görbén már a másik, az üveg transzformációs hőmérséklet-tartományában, az első három DTG-görbén 500—700 °C között látható minimum is csaknem teljesen hiányzik.

Az eredményeket táblázatba foglaljuk a TG-görbék segítségével.

2. táblázat

Különböző módon felületkezelt üveggörök súlyvesztései 1000 °C-ig

Kezelési mód	Súlyvesztés %			
	100 °C-ig	580 °C-ig	630 °C-ig	1000 °C-ig
Ülepítés deszt. vízben	1,9	7,0	7,5	7,5
Ülepítés 1%-os HF-ban . .	0,1	2,6	3,1	4,5
KNO ₃ olvadékban deszt. vizes ülepítés után	0,1	1,6	2,1	2,7
KNO ₃ olvadékban deszt. vizes ülepítés nélkül . .	0,0	0,8	1,15	1,5

Mindehhez mindössze egyetlen gondolatot még: mind a HF-dal kezelt, mind a KNO₃-ban ioncserélt felszínű üvegnek megnő a szilárdsága. Vajon csupán a felszíni mikropedések lemaratása, avagy a Na-K ioncsere révén bekövetkező felszínömörődés okozza ezekben az esetekben a szilárdságnövekedést? Az a tény nem járul hozzá a minőségjavuláshoz, hogy eltávolítottuk az üvegfelszínről azt a vízréteget, amelyik az üveg húzásakor-hajlításakor, ott, azonnal, helyben lévén, segít a mechanikai energiának az üvegszerkezet bontásában? A kívülről betáplált húzó-hajlítóerő mellé nem éppen ez a víz szolgáltatja a kémiai kötéseket megbontó

anyagot? S ha igen, akkor hogyan és miért? Erre igyekszünk felelni a cikk második részében.

IRODALOM

- [1] Szöllősi J.: Építőanyag, 26 (1974), 172—180.
- [2] Korányi, Gy.: A szilikátüvegek felületi tulajdonságai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960.
- [3] Schwiete, H. E.; Körnert, W.; Nusselin, M.: Glas-technische Ber. 41 (1968) 451—455.
- [4] Tichane, R. M.: Glass Technology, 1966, 7. 26—29.
- [5] Dietzel, A.: Sprechsaal, 75 (1942), 83.; Mit. Dt. Ker. Ges. (1949), 12—15.
- [6] Griffith, A. A.: Trans. Roy. Soc. (London) 221 A kötet (1920), 163.
- [7] Jebsen-Marwedel: Glastechnische Fabrikationsfehler, Springer Verlag, Berlin—Heidelberg—Göttingen, 1959.
- [8] Scholze, H.: The Glass Industry, 1966, 546—551, 622—628, 670—675.
- [9] Salmang, H.: Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Glasfabrikation, Springer-Verlag, Berlin, 1957.

Szöllősi József: Úton a nagyszilárdságú üveg felé I.

„Az üveg láthatatlan zárványai” című cikkében kifejtette a szerző, hogy az üveg törése, alkáliüvegek esetén, a mikroszkopikus méretű, SiO₂-ben dús zárványok alkáliában dús zárványhéjai mentén halad végig. Jelen cikkben vizsgálati eredményekkel bizonyítja, hogy az a síküveg, amelyiknek a felületében nagyobb a nátriumtartalom, kisebb szilárdságú, s hogy ez a felületi nátrium mennyiség a síküveg húzása közben rendelkezésre álló idő alatt mérhető módon nő: a lassabban húzott, vastagabb üvegeknek a felületében több a nátrium mint a vékonyakéban, hajlítószilárdságuk emiatt kisebb a gyorsabban húzott vékonyakénál. Elkezdte a víz szerepének vizsgálatát is a szilárdságra. Az alkáliák, a víz és a nitrogén kölcsönhatásait, szilárdságrontásban kifejtett együttes tevékenységüket a cikk folytatása igyekszik majd megvilágítani.

Селлеши, Й.: На пути к получению высокопрочного стекла I.

В своей статье „Невидимые включения в стекле“ (I) автор уже указывал, что разрушение щелочного стекла происходит обычно по ходу оболочек включений, богатых щелочами, расположенных вокруг зародышей включений, богатых SiO₂. В данной статье автор на основе результатов испытаний доказывает, что листовое стекло, содержащее на поверхности повышенное количество натрия, обладает пониженной прочностью, и что поверхностное содержание натрия во время вытягивания листового стекла в течение имеющегося в распоряжении времени увеличивается заметным образом: у медленно вытянутого, более толстого стекла на поверхности содержится больше натрия, чем у тонкого, в связи с чем их прочность при изгибе меньше прочности быстро вытянутого тонкого стекла. Автором начато изучение влияния воды на прочность. Взаимные влияния щелочей, воды и азота, выражающиеся в снижении прочности, будут описаны в следующей статье.

Szöllősi, József: Wege zum Glas hoher Festigkeit I.

In seinem Artikel „Unsichtbare Einschlüsse im Glas“ [1] führte der Verfasser bereits aus, daß die Bruchlinie bei Alkaliglas, entlang den alkalireichen Hüllen der SiO₂-reichen Kerne der Einschlüsse mikroskopischer Abmessungen verläuft. In dieser Arbeit wird anhand der erhaltenen Versuchsergebnisse der Beweis erbracht, daß ein Tafelglas, in dessen Oberflächenschicht der Natriumgehalt höher liegt, über eine geringere Festigkeit verfügt und der Natriumgehalt der Oberflächenschicht in der, während dem Ziehen des Tafelglases zur Verfügung stehenden Zeitdauer, in meßbarem Maße anwächst: der Natriumgehalt der Oberflächenschicht ist beim stärkeren Tafelglas, infolge der geringeren

Ziegeschwindigkeit höher, als bei einem dünneren, also mit einer höheren Geschwindigkeit gezogenem Tafelglas. Es wurden auch Untersuchungen bzgl. des Einflusses von Wasser auf die Festigkeit eingeleitet. Als Fortsetzung dieser Arbeit wird versucht werden, die Wechselwirkungen und den gemeinsamen festigkeitsbeeinträchtigenden Einfluß der Alkalien, des Wassers und des Stickstoffes zu erörtern.

Szóllósi, József: Ways to High-Strength Glass I.

In his earlier paper the author has proved that—in case of alkali glasses—cracks propagate along the boundaries of microscopic inclusions. The cores

of these inclusions are silica-rich and alkali-deficient, at their boundaries concentration ratios are inverted. In this paper it is proved by actual measurements that sheet glasses having a high sodium concentration on the surface are of lower strength. This superficial sodium concentration increases measurably during sheet glass drawing: in case of thick, slowly drawn glass the superficial sodium content is higher, consequently flexural strength lower as contrasted to thin glass drawn at high velocity. The effect of water is discussed too. The complex phenomenon of chemical strength deterioration, including alkali—water—nitrogen interactions will be discussed later.

A világ szilikátiparából

Elektrotermikus batározás

Két szovjet kutató: V. R. Rzszev-szki (Moszkva) és B. Dobrezov (Leningrád) beszámolnak a Szovjetunióban végzett kísérletekről, amelyek eredményeképpen nagy érc- és kötőbök másodlagos aprításánál robbantás helyett 1972-től kezdődően folyamatosan bevezetik az elektrotermikus eljárást. A szerzők az elektrotermikus batározás számos módját a felhasznált villamos energia frekvenciája szerint osztályozzák:

kisfrekvenciás eljárások
(50 Hz-ig)

elektromos ívfény;
kontakt módszer: hőközlés szikraképzéssel;
a Moszkvai Bányászati Intézet eljárása: kisfrekvenciás hevítés;

nagyfrekvenciás eljárások
(50 Hz-en felül)

kontakt módszer: hőközlés szikraképzéssel;
elektromos mező indukcióval: kondenzátor útján;
szupernagyfrekvencia: rádiófrekvencia.

E módszerek közül a Moszkvai Bányászati Intézetben kifejlesztett kisfrekvenciás hevítési eljárás van a legelőrehaladottabb stádiumban.

Az elektrotermikus batározásnak három alapvető jelentőségű előnye van a szokásos másodlagos aprítási módszerekkel szemben:

1. a villamos energia a legkisebb veszteséggel, közvetlenül végzi az aprítást;
2. az aprítás a közet hőtágulása következtében fellépő feszültségek következménye, és a köz-

vetlen energiaátadás következtében gyorsabb, mint a robbantásnál;

3. az aprító szerszámot az elektrotermikus energiát a közetbe bevezető elektródák képviselik: ezek környezetében fellépő hőhatás következménye az aprítás.

A robbantással összehasonlítva, az elektrotermikus eljárás előnye még, hogy nem szükséges fúrólyukat készíteni és nem jelentkezik veszélyes kőszórás.

Az Intézet által kifejlesztett módszer egyszerű, megbízható és akadálytalanul alkalmazható a kemény és igen kemény közeteknél. A berendezés alkatrészei a kereskedelemben kaphatók, egyszerűek és olcsók, összeszerelve nehézség nélkül és veszélytelenül működtethetők. Lényeges részei: a hűtőtráfo típusú, hordozható transzformátor, amely az általában rendelkezésre álló háromfázisú hálózatból egy fázis feszültségét az üzemi szintre redukálja, és a szigetelt fogantyúk segítségével irányítható elektródákból, illetve az ezeket rögzítő könnyű szerkezetből áll.

A kísérletek folyamán nyilvánvalóvá vált, hogy az elektrotermikus közethevítés a legkisebb energiával a kötőb súlypontjában végezhető. Ehhez azonban az elektródákat egy legalább 60 mm átmérőjű furatban kellene működtetni. A közetfelületen alkalmazott hevítés több energiát igényel ugyan, de gyorsabb és olcsóbb a fúrólyukas eljárásnál.

A berendezés méretezéséhez ismerni kell a közet mechanikai,

termikus és elektromos tulajdonságait a hőmérséklet függvényében. A tanulmány részletesen foglalkozik ezekkel a kérdésekkel és megállapítja, hogy sok esetben nem várható a szükséges „munkavolumennek” megfelelő gyors felmelegedés. Ilyen esetben az elektródák közé jól vezető, könnyen olvadó közetport, „iniciátort” (magnetit, dolomit, vastartalmú kvarcit stb) szórnak, ez elősegíti a hőfejlődést és hőátadást annak a közetkörnyezetnek, amely a batár szétrepesztéséhez szükséges.

A szerzők, a laboratóriumi kísérleteken túl, a Szovjetunió több dolomit, kvarcit és sziderit bányájában végeztek üzemszerű aprítást 1—12 tonnás kötőbökkel. Az aprítás megfelelő, ha a tömbben átmenő repedések keletkeznek. A tömböt általában kettőnél több darabra osztották. Az aprítási idő — a batárok nagysága szerint — 5—10 perc. A munkafeszültséget 3 m³-es batárokig 80—100 V-ra, nagyobb tömböknél 120—150 V-ra javasolják. Az elektródákat — szén és grafit-elektrodákat használtak — 12—35 mm átmérővel alkalmazták és távolságukat 30—100 mm-re vették. A különböző közeteknél 2,5—10,0 kWh/m³ fajlagos aprítási energiát mértek.

A bevezetőben említett másik két kisfrekvenciás módszer közül az ívfénnyel dolgozó hátránya, hogy fúrólyuk kell hozzá, és energiahatásfoka ennek ellenére is kisebb. A kontakt módszer főleg elektromosan vezető ércnek esetén használható és — mivel nagyfeszültségű áramot igényel — bal-esetveszélyesebb.

(Die Naturstein-Industrie, 1974. 9. és 10.)

E. I.

Tendenciák a nyersanyagok szárazőrlésének és a klinker őrlésének területén*

TIGGESBÄUMKER, PETER
Polysius A. G, Neubeckum

A) Nyersanyag őrlés

A nyersanyagok őrléséhez a cementtermelésnél felhasznált összes villamos energiának kb. 20—30%-a szükséges.

A megfelelő őrlési eljárás kiválasztásánál — az energia és hőfelhasználás mellett — további jelentőséggel bírnak a beruházási költségek, a helyigény, az építési igény, a fenntartási költségek stb. A nyersliszt száraz eljárású előállítására igen sokféle szárító és őrlőrendszer ismeretes. A fontosabb tényezők, amelyek a kiválasztást befolyásolhatják: feladott szemnagyság, őrlőhatóság, nedvességtartalom, az őrlendő anyag koptató hatása stb. A legtöbb esetben több lehetőség van a legjobb eljárás kiválasztására.

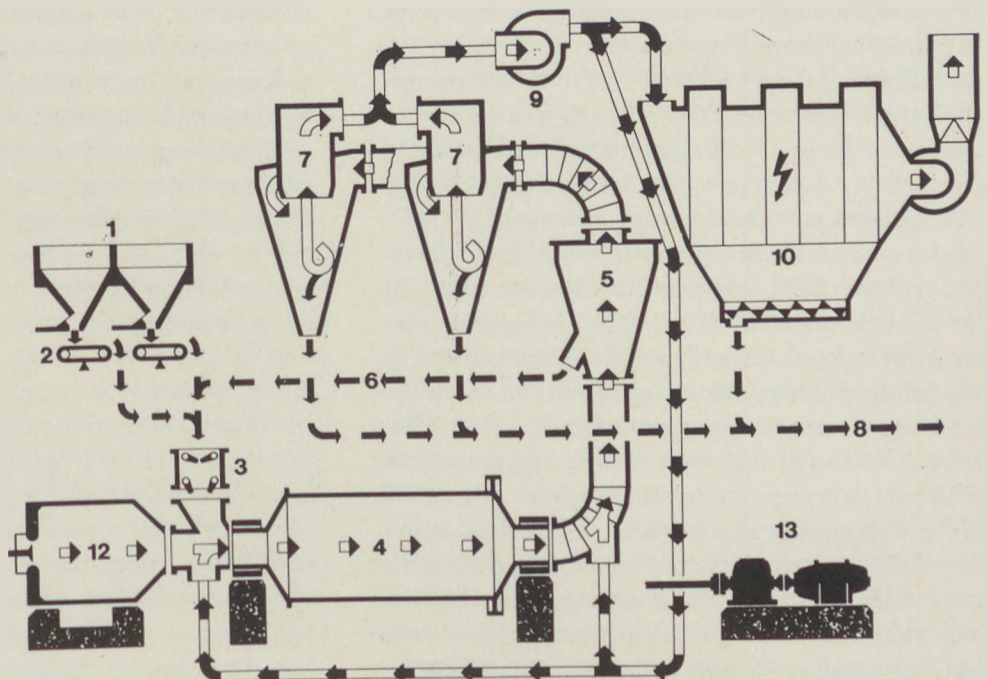
* Az Egyesület Cementszakosztályában elhangzott előadás.

A következőkben a POLYSIUS cég által előállított berendezések példáin keresztül bemutatjuk a különböző lehetőségeket.

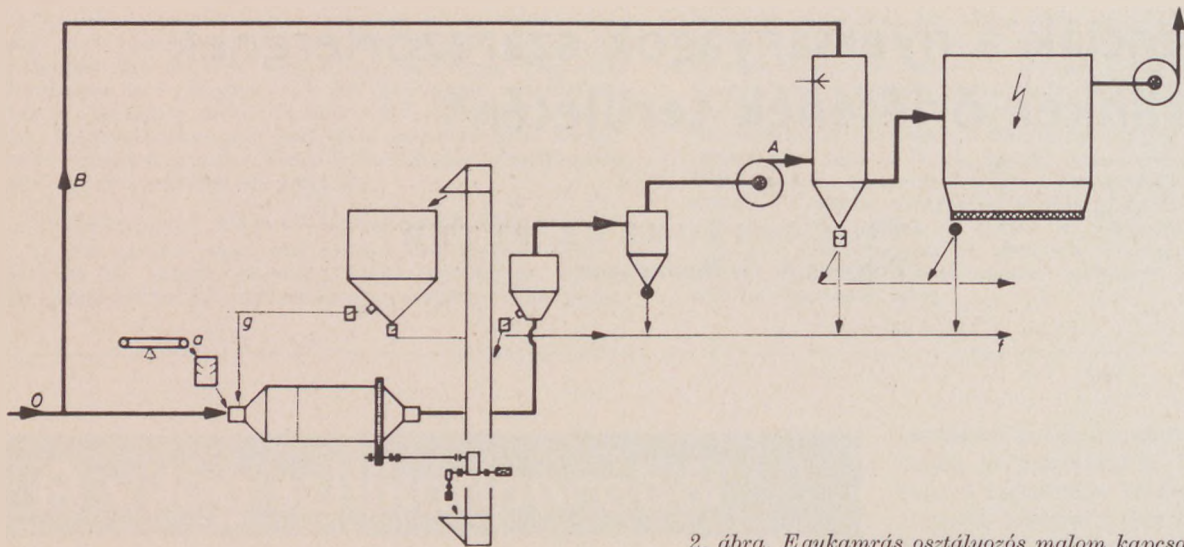
1. Légáram malom

A légáram malmot már 30 évvel ezelőtt bevezették, mert szárítási és őrlési fajlagos energiaigénye kisebb volt, mint a külön előszárítóval ellátott többkamrás malomé.

Az őrlendő anyag egy feladó bunkerből adagoló berendezésen keresztül kerül a malomba, ahol a légáram rendszerű őrlőberendezésben az anyag szárítása és őrlése megy végbe. A megőrölt anyagot a légáram a malomból kiragadja a szélosztályozóba, ahol a finom őrleményre és a darára való szétválasztás megtörténik. A darát a malomba



1. ábra. Egy légáramos
őrlőmalom kapcsolási
sémája



2. ábra. Egykamrás osztályozós malom kapcsolási sémája

visszavezetik, a finomőrlemény a légárammal a porleválasztóba távozik. Az őrlemény légáramos szállításához nagy légmennyiség szükséges, amelyet azonban ki lehet használni az anyag szárítására. Ennek megfelelően a légáram malmok jól alkalmazhatók a nedves anyagokhoz, kb. 15% nedvességtartalomig. Nagy nedvességtartalmú anyagok esetén a malom első részébe egy szórólemezekkel ellátott szárító kamrát építenek, ahol az anyag előszárítása megtörténik.

Egy közel-keleti üzemben, ahol közepes őrölhetőségű anyagot 200 t/ó teljesítménnyel kellett őrölni (30 mm-es feladott szemnagyság, 23% szitamaradék, a 0,09 mm-es szitán), 5 m-es átmérőjű és 2550 kW energiafelvételű légáram malmot helyeztek üzembe. A 15% nedvességtartalmú anyag előszárítására az őrőkamra elé szárítókamrát kapcsolnak. A körbenjáró anyagmennyiség pneumatikus szállítására egy 460 000 m³/ó teljesítményű ventilátort terveztek, 90 °C levegőhőmérsékletre. A malom után egy 7,5 m átmérőjű daraleválasztót helyeztek el. A készterméket két ciklon választja le. A végleges portalanítást egy elektrofilter végzi.

A légáram malmot szén őrlésére is lehet használni, egészen 20% nedvességtartalomig és 2–15 százalékos késztermék finomságig. A légáram malom előnyei közé tartozik az alacsony hőmérsékletű kemence füstgázok, vagy a hűtőn átáramló gázok nagy mennyiségben való felhasználási lehetősége. Hátránya az őrölt anyag pneumatikus szállításának nagy energiaszükséglete, kb. 4–5 kWó/t. Egykamrás malomnál a golyótöltet összeállításánál kompromisszumot kell kötni a durva és a finom őrlés által igényelt követelmények között. Ezek következtében a feladási szemnagyság nem lehet túl nagy, a 30 mm-t nem szabad túllépni.

2. Egykamrás malom elevátoros körfolyamattal

Az őrleendő anyagot a malmon való áthaladás után elevátor és pneumatikus légesatorna szállítja a szélosztályozóba.

Az anyag szárítására a malmon keresztül forró gázt szívatnak. Ezt a gázt ezután egy szűrőberendezésben portalanítják. A malom és a szűrő közé egy daraleválasztót kapcsolnak, melyek aztán újból visszaszállítanak az őrlési folyamatba. A malomból az anyag eltávolítása mechanikus úton történik. Ennek következtében a malmon keresztül szívott gázmennyiséget alacsony szinten lehet tartani, emiatt a malomban kisebb gázsebesség jön létre, amely az őrlési folyamatot nem zavarja. Ez természetesen kisebb szárítási lehetőséget ad, a feladási nedvességtartalmat kb. 8%-ban lehet behatárolni. Mint a légáram malomnál, itt is kompromisszummal kell megelégedni a golyótöltetnél a durva és finom őrlés között, ezért a 15 mm-es feladási szemnagyságot nem szabad túllépni.

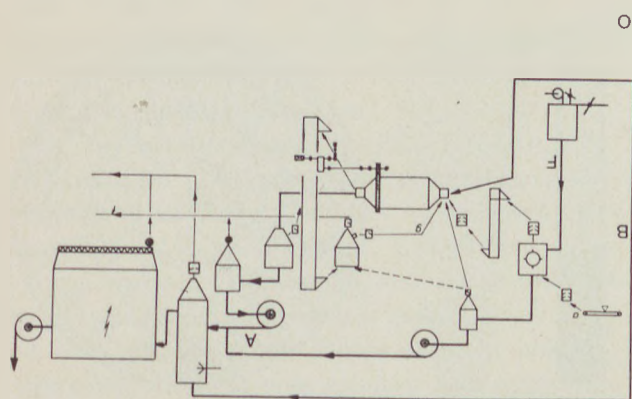
Mexikóban egy közepesen őrölhető anyag őrlésénél, amelyet viszonylag nagy finomságra kellett őrölni (3%-os szitamaradékra, 0,09 mm-es szitán mérve) egy 135 t/ó teljesítményű, 2900 kW elektromos energia felvételű malmot alkalmaztak. A feladási szemnagyság 16 mm-ben, a nedvességtartalom 4%-ban van határolva. A malom átmérője 4,8 m, hossza 10 m. A malomterméket két elevátor szállítja a két szélosztályozóhoz. A nyersanyag szárításhoz 140 000 m³/ó 90 °C hőmérsékletű füstgáz felhasználása szükséges. Ezzel együtt az elevátoros szállítás, a szélosztályozás és a portalanító ventilátor működtetése 4,5 kWó/t fajlagos elektromos energiát igényel, amely 3,0 kWó/t értéknek felel meg normális szitamaradékra való őrlés esetén. Így az őrlés fajlagosan kb. 10–20%-kal ki-

sebb energiaszükségletű volt, mint ha légáram malomban történt volna.

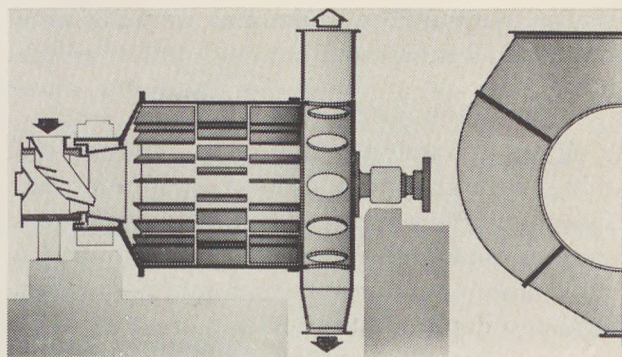
Nagy teljesítményeknél lehetséges, hogy két egykamrás malmot egy malomban egyesítsenek; így a malom két őrlő kamrával rendelkezik, amelyeket mindkét oldalról a nyakcsapágyakon keresztül táplálnak nyersanyaggal. Az őrlött anyag a malom közepén két különválasztott kifolyónyíláson keresztül távozik és ennek megfelelően két teljesen különválasztott körfolyamat áll elő. Az egykamrás malom alkalmazásának hátránya, hogy csak viszonylag alacsony nedvességtartalmú anyagokat lehet vele feldolgozni, és finomabb feladási anyag szem-szerkezetet kíván. Ezt a hátrányt ki lehet küszöbölni, ha a malom elé egy olyan berendezést kapcsolnak, amelyben a nyersanyagot előtörni és egyidejűleg előszárítani lehet, ilyen pl. egy röpitőtörő. Ilyen rendszerrel 22% feladási anyagnedvesség-tartalomig és 150 mm szemnagyságig lehet anyagokat feldolgozni.

Egy spanyolországi berendezésben, amely 150 t/ó teljesítményű, a nyersanyagot 80 mm szemnagyságban és 10% nedvességtartalommal röpitőtörőre adják, ahol az anyagot kb. 20 mm nagyságra törik, és 4% nedvességtartalom alá szárítják. A finom-őrlés egy 3,8 m átmérőjű, 7,85 m hosszú egykamrás osztályozós malomban történik. A malomba még egy szárítókamrát is beépítettek. A mindkét gép-egységből távozó levegőt egy-egy ventilátor a közös elektrofilterbe nyomja.

Lehetséges, hogy a törőből távozó anyag már lelegendő mennyiségben finomterméket is tartalmaz, ezért ezt a körfolyamatos elevátoros malomnál az osztályozóra fel lehet adni. Ilyenkor az osztályozóban utólagos szárítást is el lehet érni. Mivel ebben az esetben az osztályozóhoz vezethető légmennyiség és a belépő füstgáz hőmérséklete is behatárolt (az osztályozó csapágyazásának védelmében), így az osztályozó elgőzölögtetési teljesítménye alacsony. Ekkor a malmot friss levegővel kell szellőztetni és emiatt az összes portalanítandó légmennyi-



3. ábra. Előtörővel ellátott őrlőmalom kapcsolási sémája



4. ábra. Szórószárító

ség nagyobb, mintha a szárítás csak a malomban folyt volna le. Alapvető hátránya a malom elé való törő kapcsolásának, hogy a kalapácsok és törőkosár kopásának előrehaladásával a törő terméke durvább lesz, és emiatt a malom teljesítménye erősen lecsökken, másrészt pedig a malom golyótöltése már nem optimális.

Igen nagy nedvességtartalom esetén a fűtött törő helyett szárítódobot is lehet a malom elé kapcsolni. Itt két alapvető típusról beszélhetünk, az egyik a klasszikus szárítódob nagy hossz/átmérő viszonytal, amelyet szórószárítónak neveznek.

Ez a szórószárító az anyag beömlési oldalon egy nyakcsapágyban, a másik oldalon pedig egy szemcsapágyban van csapágyazva. Hajtása központi hajtóművön keresztül történik. Fordulatszáma megfelel a malom fordulatszámának. A szárítótérben emelőlécek vannak elhelyezve, amelyek az anyagot állandóan a füstgázáramba szórják. A tényleges szárítási tér egy szűkítő gyűrűvel van lezárva, amely mögött a kifolyó nyílások kezdődnek. Ezek szerint ez a rendszer megfelel egy malom szárítókamrájának. A szórószárító fajlagos elgőzölögtetési teljesítménye kb. kétszerese, a lassan forgó szárítódob elgőzölögtetési teljesítményének. Szórószárítót idáig 20 000 kg víz/ó gőzölögtetési teljesítményig építettek már.

Egy délnyugat-németországi üzemben 7% nedvességtartalmú és maximálisan 35 mm szemnagyságú anyagra 220 t/ó teljesítményű szórószárítót építettek, amely 3,8 m átmérőjű és 5 m hosszú. Ebben a szárítóban az anyagot kemencefüstgázokkal kb. 2,5% nedvességtartalomra szárítják. A szórószárítódobból kilépő anyagot közvetlenül a malomba — egy 4 m átmérőjű, 13 m hosszú doppelrotatorba — adják.

A malom előtti szárításra egyszerű építési lehetőséget ad az ejtőaknás szárítóval való előszárítás. Az anyagot egy légelező szerkezeten keresztül aknára adják fel. Az aknán ellenáramban forró füstgázt áramoltatnak keresztül, amely szárítja az

anyagot. Amennyiben szükséges, a szárító akna elé törőt is lehet kapcsolni.

3. A doppelrotator-kapcsolás

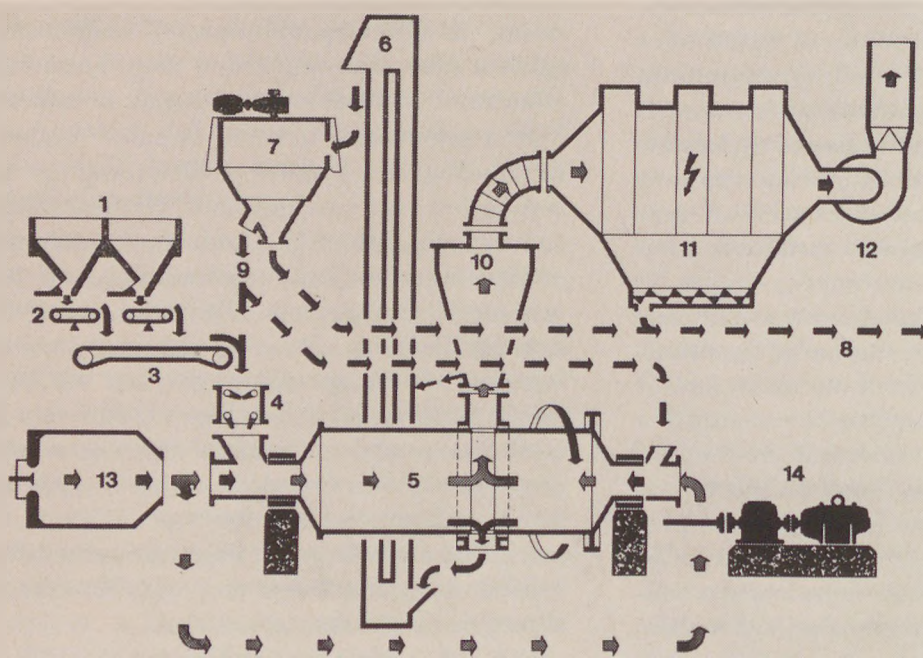
Az előzőekben ismertetett mindkét rendszer előnyeit — vagyis a légáram malom nagy légátbocsátó képességét, amely nagy eltávolítható nedvességtartalmat jelent, és az elevátoros körfolyamatos malom alacsony fajlagos energiaigényét — egyesíti magában a doppelrotator-rendszer.

A doppelrotator-nál a malom szárítókamrájában a nyersanyagot az anyagbunkerből egy adagoló berendezés segítségével adagolják az előőrölt termék egy részével együtt. A középkiömléstől a kapott előőrölt anyagot egy pneumatikus csatorna, egy elevátor és egy további csatorna a szélosztályozóba továbbítja, ahol a finom és durva részre való szétválasztás történik. A dara nagy része a finomőrítő kamrába lesz feladva, viszonylag kisebb része az első őrlőkamrába, azért,

szélosztályozóba kerül. Az osztályozás után a malomhoz visszavezetett dara nagy részét a másik nyakcsapon keresztül a finomőrítő kamrába adják fel. Ezt 50—30 mm átmérőjű golyókkal töltik fel.

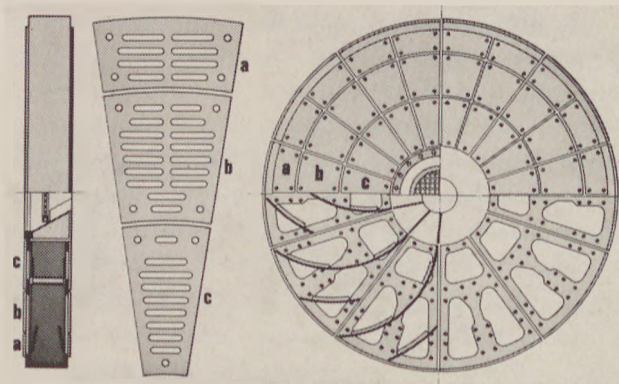
Azok a füstgázok, amelyeket az előszárító kamrán és az első őrlőkamrán keresztül szívznak át, valamint az a malom levegő, amely a második őrlőkamra szellőzéséhez szükséges, a középkiömlésen keresztül távozik el a malomból. A poros levegőáramból daraleválasztóval történik a durva anyag leválasztása; az ezután kapcsolt ciklonok és szűrők választják le a finom terméket.

A finom és durva őrlésre való szétválasztás segítségével — amely lehetővé teszi az optimális őrlési feltételek biztosítását mind az őrlőtest összetétel, mind a levegősebesség szempontjából — olyan előny adódik, amely lehetővé teszi, hogy a feladási szemnagyság 30 mm-ig elmelessen, de lehetséges 50 mm élhosszúságú durva anyag feladása is. Másik előnye, hogy a maximális feladási nedves-



5. ábra.
Egy doppelrotator-rendszerű őrlőberendezés kapcsolási sémája

hogy a durva őrlésnél az őrlendő anyag folyási tulajdonságait javítsa. A szárítókamrát az első őrlőkamrától egy nyílásokkal ellátott fal választja el, előtte emelőlapátos rendszer van, amely a megszáritott anyagot a szárítókamrától az első őrlőkamrába továbbítja. Itt történik a szárított anyag durva őrlése 100—60 mm átmérőjű durva őrlőgolyó töltettel. A durva őrlőkamra végéről a kiömlő válaszfalon keresztül a kiömlő kamrába kerül az anyag, amelyet az a hengerkerületen elhelyezett nyílásokon keresztül hagy el és a körfolyamatban levő szállítóberendezések segítségével a



6. ábra. Emelőfal csőmalomok részére

ségtartalom 14%-ig elmehet, amelyből 5—8%-ot el lehet távolítani egy elékapcsolt lebegtető hőcserélős kemence füstgázaival. További előnye, hogy a durva és finom őrlésre való szétválasztással kisebb fajlagos energiaszükséglet adódik.

Egy délnémetországi cementgyárban közepes őrlőteljesítményű nyersanyagmalom — egy 4,6 m átmérőjű és 17,25 m hosszú malommal 310 t/ó teljesítményt értek el. A nyersanyag 50 mm-es szemnagyságú és 6% víztartalmú, amelyet egyedül a lebegtető hőcserélős kemence füstgázával szárítanak ki és, hogy a nagy mennyiségű gázt át lehessen áramoltatni, a malmot $\varnothing$ 2,8 m-es nyakcsapágyakon csapágyazzák. A távozó gázáramból a durva szemcsék leválasztását egy $\varnothing$ 8 m-es daraleválasztó végzi. A finom termék előleválasztására 4 db ciklont alkalmaznak. A ventilátor a távozó levegőt egy elektrofilterbe nyomja, amelyben a kemence füstgázait is együttesen portalaníttják. A középkömlésből eltávozó őrlött anyagot két elevátor, pneumatikus csatornákkal két szélosztályozóra adja fel.

Mexikóban egy $\varnothing$ 5 m-es őrlőmalommal nehezen őrlhető nyersanyag esetében 317 t/ó teljesítményt értek el, 0,2 mm-es szitán mért 1% szitamaradék mellett. A malom energiaigénye 4500 kW. A malmot ferde fogazással bíró kettős fogaskerék hajtással hajtják. Az 5,5% nedvességtartalmú anyagot kizárólag kemence füstgázokkal szárítják. A durva anyag leválasztására 2 daraleválasztót irányoztak elő. A finom termék előleválasztása a ciklonokban történik. A ventilátor a távozó levegőt elektrofilterbe nyomja. A malomból távozó anyagot két elevátor 2 db 8,5 m-es szélosztályozóra adja.

Túl nagy malomköpenysúly esetén az összehesztés az építés helyén történik. Egy ilyen esetben a hajtó fogaskerék 7,2 m átmérőjű és 750 mm széles volt.

Ha összehasonlítjuk az előkapcsolt kalapácsos törős, egykamrás malmot a doppelrotatorral, ez utóbbi üzembiztosabb és kevésbé kopik.

Ezenkívül lehetőség van magas nedvességtartalmú anyagok őrlése esetén nagy mennyiségű kemence füstgáz felhasználására, míg a kalapácsos malom és a fűtött osztályozó nem alkalmas nagy légmennyiségek átbocsátására.

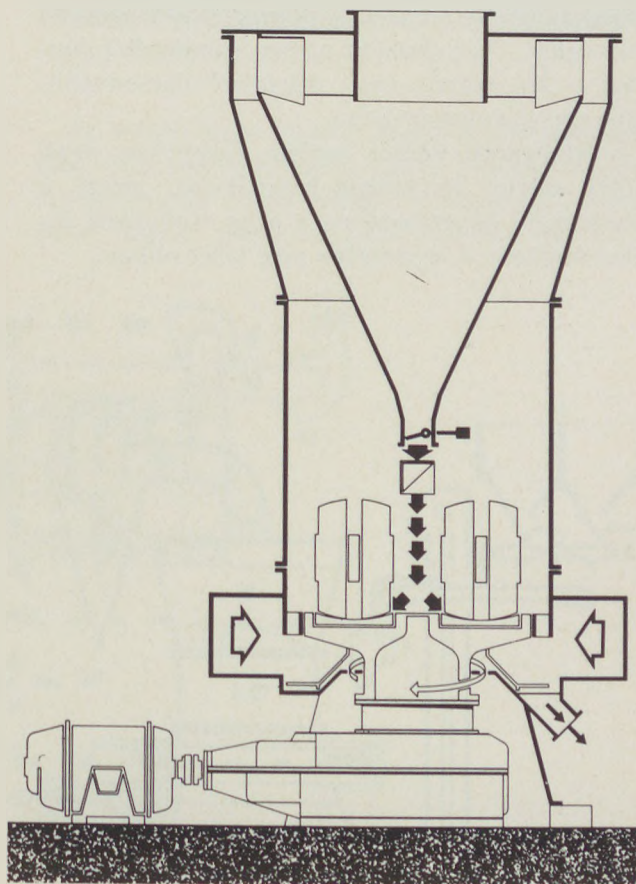
Az őrlő-száritómalmok szárítási teljesítményének javítására — alacsony hőmérsékletű kemencefüstgázok alkalmazása esetén — különleges konstrukciós megoldást kell találni. El kell érni, hogy a nagy gázmennyiségek nagyobb nyomásvesztés nélkül áramolhassanak át a malmon.

A gáz áthaladásának fontos eleme a malomnyakcsapágy. A Polysius szárítva őrlő nyersmalmainál alkalmazott nyakcsapágyak egészen 3,4

méter átmérőig terjednek, és a kisebb mértékben szellőztetett malmokhoz képest nagy átmérőűek és kicsi a csapágy szélességük. A csapágyban futó homlokfalcsap természetesen szigetelve van, így még 800 °C-os füstgáz-hőmérséklet is lehetséges. Az emelőválaszfal konstrukciója nagy szabad keresztmetszetet biztosít az emelő és válaszfalakban, ezenkívül a termikusan terhelt falak hőtágulási követelményeinek is eleget tesz.

4. Kétfokozatú görgős malom

A Polysius által kifejlesztett kétlépcsős görgős malom olyan — rugóerővel működő — rugós malmok csoportjához tartozik, amelynél az őrlőgörgők rugók által fokozott erővel az anyagágyhoz nyomódnak. A kétlépcsős görgős malomban az őrlendő anyagot egy légelzáró szerkezeten keresztül vezetik. Az anyag az őrlő tányérra hull, és ennek forgása következtében az őrlőgörgők alá kerül. A görgők alatt áthaladt és felapritott anyag a tányérról kifelé sodródik, ahonnan egy fúvókasoron befúvott légáramba kerül, amely közvetlenül az őrlő tér fölé épített osztályozóba szállítja. Az osztályozó a felülről behordott anyagot késztermékre és darára választja szét. A dara közvetlenül közepén az őrlőtányérra hull vissza, miközben a készterméket a légáram a porleválasztóhoz szállítja.



7. ábra. Kétlépcsős görgős malom

A kétlépcsős görgős malom — összehasonlítva más típusú rugóerős malmokkal — a fűvóka gyűrűnél alacsonyabb légsebességgel dolgozik, és a darakörfolyamat egy részének szállítására elevátort is alkalmaznak. Ez a körfolyamatelevátor kihasználható egyébként a malom feltelése esetén a malom kiürítésére is. A kétlépcsős görgős malmoknál a két görgőpár — egyenként két-két görgővel — a kúpos fogaskerékmű által meghajtott őrlőtányér sebességéhez igazítható, így a görgők és őrlőtányér közötti csúszás csökkenthető, amely következtében a kopás is alacsonyabb.

Mindkét görgőpár mozgathatóan van kialakítva, hogy azokat az őrlőpálya változásaihoz hozzá lehessen igazítani. Így a teljes görgőszélességet mint hatásos őrlőfelületet lehet kihasználni. Az őrlőágyhoz való jó hozzáfűrés viszonylag zajtalan futást eredményez. A zajszint — a malomtól egy méter távolságra mérve — egy kivitelezett berendezésnél kb. 90 db (A). A görgőpárokat emelőkarokon keresztül hidraulikusan az anyagra nyomják. Az ehhez szükséges erőt a pillanatnyi üzemviszonyoknak megfelelően be lehet állítani. Így az őrlés széles teljesítménytartományban egyenletesen gazdaságos.

Az őrlési energiaszükséglet — csupán az őrlésre vonatkoztatva — igen alacsony, de a légáramos szárítás energiaigényével együtt a teljes energiaszükséglet — az őrlendő anyag minőségétől függően — kb. azonos, vagy valamivel alacsonyabb, mint egy jó golyósmalomé.

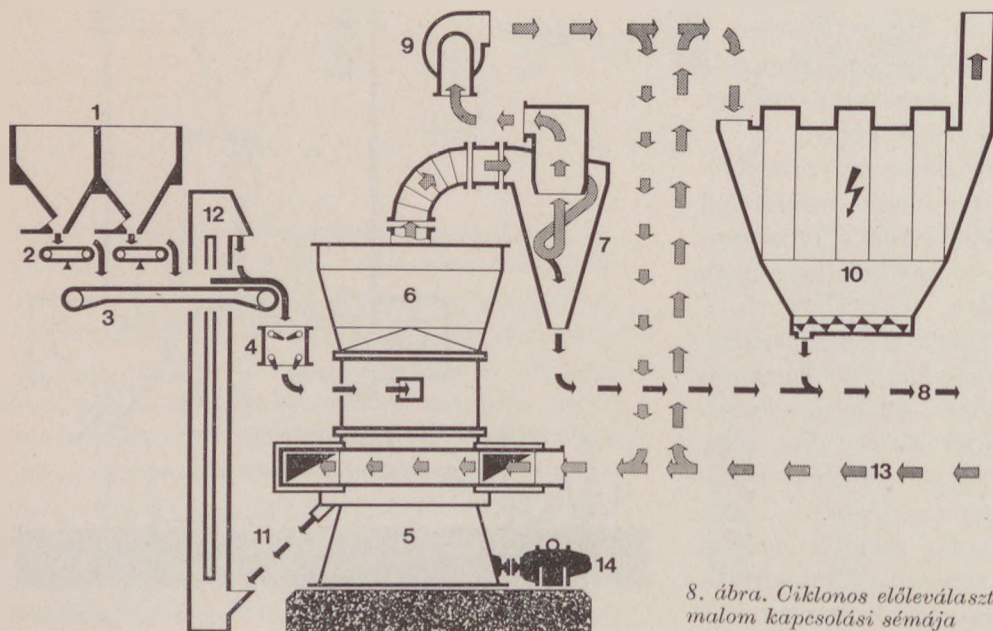
A kétlépcsős görgős malom elsősorban mint őrlő szárító berendezés használatos, mivel a konstrukció következtében a nagy térfogatok átáramoltatását is egyszerűen meg lehet oldani.

Lebegtető előmelegítő kemence füstgázainak felhasználásával egészen 8% nyersanyag nedvességtartalomig lehet szárítani ezzel a berendezéssel. Amennyiben a hűtőből távozó meleg levegőt is felhasználják, még egészen 12% nedvességtartalomig lehet nyersanyagokat feldolgozni. Ha ezenkívül még egy külső füstgázelőállító berendezés forró gázát is felhasználják, a feladási nedvességtartalommal 15%-ig lehet menni.

Az osztályozót elhagyó készterméket ciklonokban választják le az első lépcsőben. A maradék por leválasztását egy elektrofilter végzi. Az elektrofilterből a szállító levegő egy részét vissza lehet vezetni a malomhoz, ezáltal csökken a portalanítandó légmennyiség, valamint a hozzávezetendő hőmennyiség is, így tehát a füstgáz hőveszteségek kisebbek lesznek. Ha a teljes kemence füstgáz mennyiséget nem lehet kihasználni, akkor a fennmaradó részt párhuzamosan kell a szűrőhöz vezetni. A kemence ventilátor a gáz egy részét a malomhoz, a másik részét közvetlenül az elektrofilterhez nyomják portalanítás céljából.

Amennyiben fel lehet használni az összes kemencefüstgázt, lehetséges egy egyszerűbb, kevésbé helyigényes és erőszükségletben is valamivel kedvezőbb elrendezés. A teljes gázáramot a szélosztályozó elhagyása után közvetlenül az elektrofilterbe vezetik, ahol a teljes mennyiségű késztermék leválasztódik. Ebben az esetben az elektrofiltert nagy porterhelésű szállító levegőmennyiség terheli, és igen nagy, egészen 1000 v.o.mm-ig terjedő szívás alatt áll.

Ilyen rendszer szerint Svájcban egy 240 t/ó teljesítményű őrlőberendezés üzemel. Ebben 80 mm szemnagyságú nyersanyagot őrlnek, amelynek a



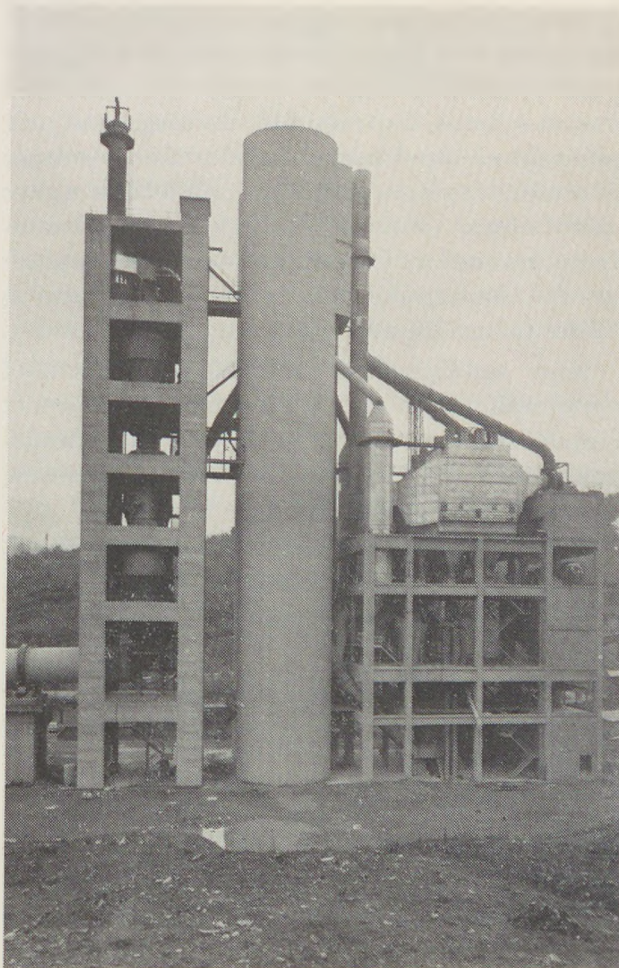
8. ábra. Ciklonos előleválasztóval ellátott kétlépcsős görgős malom kapcsolási sémája

nedvessége 4% és a késztermék 12—15% szita-maradék finomságú 0,09 mm-es szitán mérve. Meghajtó motorként két azonos teljesítményű, 1250 kW-os motort alkalmaznak. Az egyik a malmot, a másik a körfolyamat ventilátort hajtja meg. Kétlépcsős, görgős malmok különösen ott alkalmazhatók, ahol közepkemény vagy lágy anyagokat kell őrölni nagy feladási szemnagysággal és nedvességtartalommal, azonkívül alacsony hőmérsékletű gázok felhasználása szükséges az őrleő szárításhoz. Nem alkalmasak ott, ahol őrleő-berendezéseknél nagy kopás várható.

B) Cement klinker őrleés

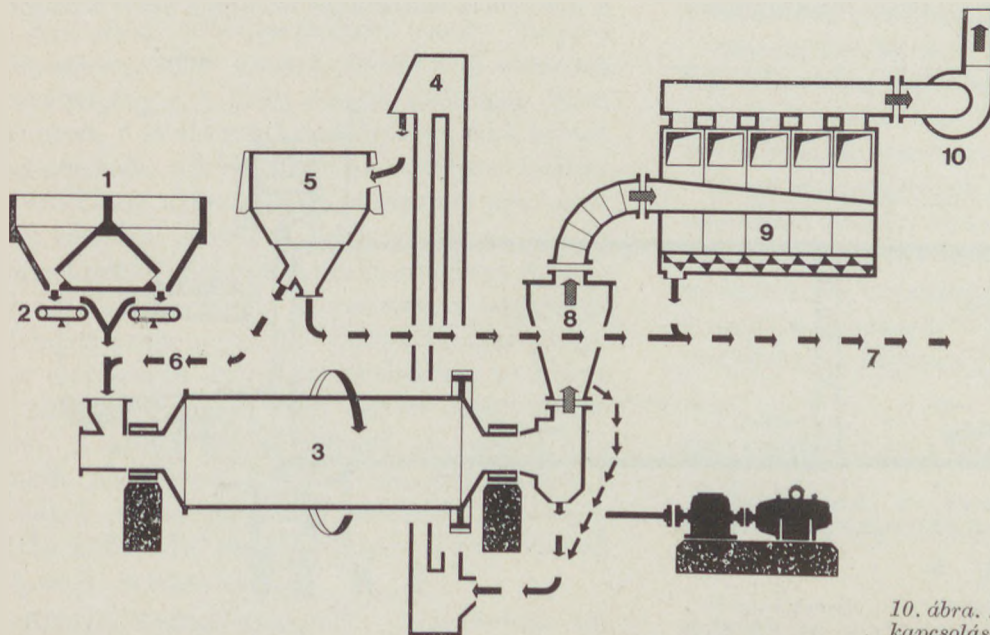
A cementőrleő berendezéseknél az utóbbi években a méretek erőteljes növekedése jellemző; különösen 1968 óta egyre nagyobb malomegységeket építenek. Annak oka, hogy az őrleési kapacitásokat a lehető legkisebb számú, nagy teljesítményű egységre koncentrálnak, elsősorban az, hogy csökkentsék az 1 tonna őrleési kapacitásra jutó beruházási költségeket. Az az elképzelés, amely néhány évvel ezelőtt alakult ki, amely szerint a nagyobb malmok kedvezőbb fajlagos energiaigénnyel üzemelnek, valamint alacsonyabb fajlagos kopást mutatnak a gyakorlatban, idáig még nem bizonyosodott be.

Portlandcement őrleésénél 90 t/ó teljesítményhez 2700 cm²/g Blaine-érték mellett kb. 2350 kW energia szükséges. Egy ilyen malom 4 m átmérővel és 13 m hosszal körfolyamatban dolgozik egy felsőolaszországi cementgyárban. Az elektrofilter jó portalanítása céljából a távozó levegő kondicionálására és pótlólagos hőelvezetésére a malom I. és II. kamrájába vizet porlasztanak be.



9. ábra. Őrleőberendezés kétlépcsős görgős malommal

Az osztályozóra történő anyagfeladás pneumatikus csatornával történik, amely lehetővé teszi az osztályozandó anyag rendkívül egyenletes elosztását. Ez az optimális osztályozáshoz rendkívül



10. ábra. Kétkamrás osztályozós malom kapcsolási sémája

fontos. Lehetséges az anyag hozzávezetése felülről is egy surrantó segítségével. A késztermék finomságának szabályozása a cementőrlő malmoknál szokásos kettős hajtással oldható meg, amelynek segítségével üzem közben megoldható az ellenlapát és a szórótányér fordulatszámának fokozatmentes változtatása. Üzemben van egy olyan szélosztályozó, melynél a fordulatszám-szabályozás segítségével a késztermék finomsága egészen $6000 \text{ cm}^2/\text{g}$ Blaine finomságig változtatható.

Nagy osztályozóknál mechanikus szempontból problémák lépnek fel. A Polysius által gyártott osztályozók, amelyek $8,5 \text{ m}$ átmérőig már üzemelnek és $10 \text{ m } \varnothing$ -ig tervezés alatt állnak, figyelembe veszik ezeket a problémákat.

1. A forgórészek kétpontos rugózott csapágyszása nyugodt futást és alulról való szerelést tesz lehetővé, ezáltal helymegtakarítást eredményez a szélosztályozó fölött.

2. A ventilátor, a szórótányér és a lapátrendszer meghajtása ékszíj helyett egy speciális hajtóművön keresztül történik.

3. Az osztályozandó anyagnak a szétoztása egy harang segítségével annak optimális szétterítését eredményezi.

4. A ház szegmensekből épül fel, amely egyszerű szerelést tesz lehetővé.

5. A kopott részek könnyen cserélhetők, ezáltal a karbantartás egyszerűbb. A ventilátor lapátokat különleges korund réteggel is be lehet vonni.

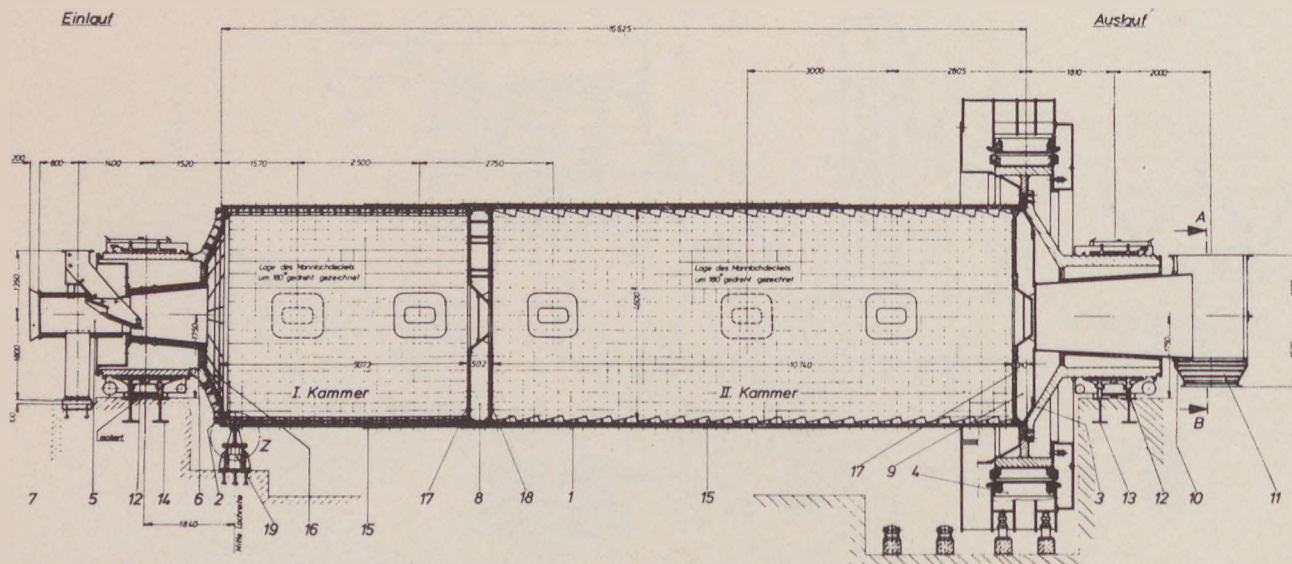
Cementmalmoknál a központi hajtás beruházási költség oldaláról nézve eléggé drága megoldás. Egy belgiumi cementgyárban üzemel egy planétás hajtóművel felszerelt, központi hajtású, 6000 LE meghajtású malom, amely $70 \text{ tonna}/\text{ó}$ salakcementet

őröl $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ Blaine finomságra: átmérője $4,6 \text{ m}$, hossza $14,75 \text{ m}$. A malomból távozó levegő portalanítására elektrofiltert alkalmaznak. Hőelvezetésre és a távozó levegő kondicionálására a malomba vizet porlasztanak.

A száraz salak hozzáőrlése mellett lehetséges nedves salak feladása is a malomba. Egy jugoszláviai, $4,6 \text{ m}$ átmérőjű, 14 m hosszú malom $120 \text{ t}/\text{ó}$ salakcementet őröl $2800 \text{ cm}^2/\text{g}$ Blaine finomságra. Itt 27% nedves kohosalakot őrölnek a klinkerhez, amelynek 20% a nedvességtartalma. A nedves távozó levegő portalanítása az elektrofiltterben történik. A forró füstgázt egy külső forrógáz-előállító berendezésből vezetik a malomhoz.

Különleges figyelmet érdemel az ilyen salak szárításánál — a malom befolyásánál — a gázbeömlés hőmérsékletének meghatározott értékben való tartása. A gipsz hozzáadása miatt a hőmérséklet nem léphet túl egy meghatározott értéket, mert gyors kötés léphet fel; anhidrit adagolás esetén ez a hőmérséklet nem olyan szűken meghatározott. Léteznek olyan őrlőberendezések is, amelyeknél külön salak- és cementőrlés van, és őrlés után keverik össze az anyagokat. Egy Venezuelában kivitelezett, ilyen keverőberendezéssel ellátott salakszáritó és őrlőberendezés igazolja ezt a lehetőséget.

A fogaskerék és központi hajtás mellett az utóbbi években közvetlen hajtást is kifejlesztettek úgy, hogy a malomcsőre felszerelt, lassan forgó szinkronmotort használnak a malom meghajtására. Ez a malommal egyező fordulatszámú és pl. egy frekvencia átalakító 5 Hz -es váltó áramával táplálják. A malom indítása a frekvencia változtatásával történik, amely azt jelenti, hogy az átalakító a frekvenciát fokozatmentesen 0 -ról 5 Hz -re emeli. A frekvencia változtatási lehetőség miatt a malom



11. ábra. Kétkamrás malom

fordulatszámát széles határok között lehet változtatni, ezért külön segédhajtómű szükségtelen. A malom hőtágulás- és terhelés miatt bekövetkező alakváltozása befolyásának kiküszöbölésére elég nagy légrést kell alkalmazni. A hajtás összhatásfoka kb. 92%. A Polysius első ilyen hajtása melyet a Siemens cég épített, másfél éve egy délnémetországi cementgyárban üzemel. A malom átmérője 4,6 m, hossza 16,5 m, teljesítménye 180 t/ó portlandcement 3000 cm²/g Blaine szerinti finomságnál. A malom névleges fordulatszáma 15 fordulat percenként, de le- és felfelé is szabályozható. A malommotor 4900 kW-os. Ennek a hajtásnak a következő előnyeit említhetjük meg:

- elmaradnak olyan alkatrészek, amelyek az üzem közbeni kopás miatt szükségesek voltak, vagyis kevesebb tartalék alkatrész szükséges,
- a malom hossz tengelyének irányában kisebb a helyigény, de összességében nincs helymegtakarítás,
- fordulatszám szabályozási lehetőség, ennek azonban még nem találták meg a pozitív hatását a fajlagos őrlési teljesítményre vonatkozóan,
- igen nagy egységek építésének lehetősége.

Ennek a hajtási módnak jelenleg még az a hátránya, hogy magasabb a beruházási költségigénye a szokásos hajtási módokkal szemben. A különbségeket alkalmanként kell külön-külön felülvizsgálni. A malom köpenyére szerelt motor kis meghajtási teljesítményeknél is alkalmazható. Egy délnémetországi cementgyárban ilyen motor 3500 kW teljesítménnyel egy 4,4 m átmérőjű, 14 m hosszú malmot hajt meg, amelynek teljesítménye 130 tonna/ó portlandcement 2800 cm²/g Blaine finomság mellett.

Egy olyan őrlőberendezésnél, amely főképpen betonelemgyártó üzemek részére őrlő cementet, követelmény volt hideg cement előállítás. Ezért mindkét, 6 m átmérőjű osztályozóját friss levegővel hűtötték. A hűtőlevegőt az osztályozó fedelén, a ventilátor nyomóoldalán elhelyezett több csokon keresztül vezetik az osztályozóba, és innen a termékgyűjtő bunker alsó részén szívják el. A hűtőlevegő összekeveredik az osztályozó levegőjével a finomtermék oldalán és lehűti a finomterméket. Az osztályozási folyamat zavartalan, azonkívül a hűtőlevegő mennyiségét nagyra lehet választani. A hűtőlevegő portalanítására zsákos por-szűrőt használnak. Elektrofiter alkalmazása a hiányzó nedvességtartalom miatt nem lehetséges. Ilyen külső hűtő levegős hűtéssel a készterméket kb. 20 °C-ra lehet lehűteni.

Európa jelenlegi legnagyobb — cementklinker őr-

lését szolgáló — malma egy belga cementgyárban lesz felállítva. A kétkamrás malom 5,2 m átmérőjű, 16,5 m hosszú és egy BBC malomköpeny-motorral hajtják meg, amely 8500 LE-s, 14 ford/p fordulatszámmal. Az őrlőberendezés körfolyamatban fog dolgozni, kb. 300 t/ó teljesítménnyel, 3400 cm²/g Blaine finomsággal. Előirányozták, hogy a későbbiek során egy előőrle malmot is építenek, s így a jelenlegi malom finomőrle malomként fog dolgozni. Így az egész őrlőberendezés kb. 450 tonna/ó teljesítményt ér majd el.

A változtatható fordulatszám befolyása lehetségesnek látszik nyílt folyamatú malmoknál. Egy ilyen malmot szerelnék fel egy svájci cementgyárban, átmérője 4,8 m, hossza 16,25 m lesz és a BBC cég szállítja a hajtást. A motor 5300 kW leadott teljesítményre méretezett, névleges fordulatszáma 14,5 ford/perc és a fordulatot le- és felfelé szabályozni lehet. A malom teljesítménye 150 t/ó lesz 3200 cm²/g Blaine finomság mellett.

Nehéz a nyílt folyamatban működő malmoknál az őrléskor keletkező hőnek és a klinker hőtartalmának az elvezetése, egyrészt azért, mert a sugárzó felületek sokkal kisebbek, mint a körfolyamatos malmoknál, másrészt a malomban kisebb légsebesség engedhető meg a körfolyamatos malmok légsebességéhez képest, mert ellenkező esetben a durva őrlött termék a késztermékbe kerülne.

C) Összefoglalás

Nyersanyagok őrlésénél viszonylag alacsony fajlagos őrlésienergia-felhasználás mellett alacsonyan kell tartani az anyagok szárítására felhasználandó hőmennyiséget is, hulladékhő felhasználására kell törekedni. Ezek a követelmények az őrlési eljárás kiválasztását összefüggéseiben befolyásolják.

Amennyiben alacsony hőmérsékletű füstgázokat kell felhasználni, különleges konstrukciós megoldásokat kell találni, hogy a nagyobb légmennyiségeket át lehessen áramoltatni a rendszeren.

Nagy malomegységek klinkerőrlésre való alkalmazásánál részben új konstrukciós megoldásokat alkalmaznak, különleges tekintettel a hajtások területére. Új megoldások állnak rendelkezésre az anyag hőtartamának és az őrléskor keletkező hőmennyiségnek az eltávolítására is.

Tuzeshbaumker, П.: Тенденции в области сухого помола сырьевой муки и клинкера

Tiggesbäumker, P.: Tendenzen der trockenen Vermahlung von Rohmaterialien und der Vermahlung von Zementklinker

Tiggesbäumker, P.: Trends of Dry Grinding of Raw Materials and of Clinker Grinding

Különböző feltételek mellett képződött kalciumszilikát-hidrátok nitrogénnel és vízgőzzel meghatározott pórusszerkezete*

S K A L N Y, J.

Martin Marietta Corp. Baltimore, Md., USA

O D L E R, I.

W. R. Grace and Co., Cambridge, Mass., USA

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben sokat fejlődött a kalciumszilikát-hidrátok kémiája. Ez az új analitikai módszerek fejlődésének következménye. A klasszikus módszereket újak egészítették ki, pl. a scanning-elektronmikroszkópia, a higanyos porozitásmérés és a gázok és gőzök adszorpciós-deszorpciós folyamatán alapuló mérések. Az új eljárások bevezetése új eredményekre vezet, amelyek a korábban meghatározottaktól gyakran eltérnek. Ily módon érthető, hogy ezen új eredmények ismertetése vitákat eredményezett.

A vitás kérdések egyike, mely szorosan összefügg a kalciumszilikátok hidratációs mechanizmusával, az, hogy a nitrogén, vagy a vízgőz adszorpciójával lehet-e pontosan mérni a kalciumszilikát-hidrátok különlegesen nagy felületét.

Jelen cikkben a hidratált kalciumszilikátokon nitrogén és vízgőz-adszorbeátummal végzett adszorpciós mérések eredményét tárgyaljuk. Cikkünk nem tekinti át az ezen a téren elvégzett valamennyi munkát, de áttekintjük azokat az eredményeket, melyeket a különböző feltételek mellett képződött kalciumszilikáthidrátokra vonatkozóan kaptak, valamint a nitrogénnel, illetve vízgőzzel meghatározott fajlagos felület kérdésével kapcsolatos vitát.

Helyzetismertetés, vizsgálati eljárások

A cementek és egyes klinkerásványok, pl. a trikálcium-szilikát és a β -dikálcium-szilikát vízzel való reakciójakor képződő hidrátok tulajdonságainak vizsgálatára a múltban alkalmazott módszerekkel kapott adatokat csak részered-

ménynek tekintjük. Ez alól a jelen cikkben tárgyalt felületmérések és pórusszerkezet-vizsgálatok sem képeznek kivételt: önmagukban csak egyoldalú nézőpontot tükröznek és csak más vizsgálatokkal kiegészítve lehet belőlük helyes következtetéseket levonni. Ugyanakkor, a felület, valamint a póruseloszlás tanulmányozása tette lehetővé, hogy jobban megvilágítsunk néhány, a múltban meg nem értett jelenséget.

Felületmérések

Az 1 m²/g értéknél nagyobb felületek mérésére manapság általában a BET-módszert alkalmazzák (Brunauer és munkatársai, 1938). Ez a módszer az adszorpciós izotermák kiértékelésén alapul. A legáltalánosabban alkalmazott adszorbeátum a nitrogén és a vízgőz, de más gázokat és gőzöket is használnak. Egyéb alkalmazott módszerek a „t-módszer” (pl. Lippens és mts., 1964) és a „kumulatív módszerek”, mint pl. Brunauer-, Mikhail- és Bodor-féle (1967). Újabban bevezették a kisszögű röntgensugárszóródáson alapuló módszert ezen a területen (Winslow és Diamond, 1972).

Pórusszerkezeti vizsgálatok

A szövetszerkezet vizsgálatának két leggyakrabban alkalmazott módszere a higanyos porozimetria és a gáz- vagy gőzadszorpciós izotermák kiértékelése.

A higanyporozimetriával kapcsolatos úttörő munkát Washburn (1921), valamint Ritter és Drake (1945) végezték. Kimutatták, hogy a nemnedvesítő folyadékok, pl. a higany, bizonyos körülmények között behatolhatnak a szilárd anyag nyílt pórusaiba. A behatolás biztosításához szükséges nyomás a nyílt pórusok alakjától, a folyadék és a szilárd anyag nedvesítési

* A XI. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

szögétől, valamint a folyadék felületi energiájától függ. Ez a módszer a 0,01—1000 μm közötti átmérő-tartományba eső pórusrendszerek mérésére alkalmas. A hidratált kalciumszilikátok pórusairól azt tartják, hogy azok többsége 10 μm -nél kisebb átmérőjű.

Az adszorpciós-deszorpciós izotermák segítségével mind a mikro-, mind a makro-pórusok értékelhetők. A makro-pórusok vizsgálata az izotermák hiszterézis-tartományának tanulmányozásán alapul, ami annak eredménye, hogy a kapillárkondenzáció és a többrétegű adszorpció egyszerre lép fel. Az alkalmazott módszerek Wheeler és követői (1951) munkáin alapulnak. 1967-ben Brunauer és munkatársai egy új módszert javasoltak. Módszerüknek a „javított modell — igénytelenebb módszer” nevet adták, mert az analízis kezdetén nem tételeznek fel semmilyen pórusalakot. Az ebben a cikkben tárgyalt eredmények nagyrésze e módszer számítógépes értékelésre alapozott változatán alapulnak (Bodor és mások, 1968; Phillips és Skalny 1971).

Lippens és mások (1964) kifejlesztettek egy, ma „t-módszer” néven ismert eljárást a mikropórusok tanulmányozására. A módszer szerint mikropórusoknak azokat a pórusokat nevezik, amelyekben nincs kapillár-kondenzáció. A „t-módszer” alapján Mikhail, Brunauer és Bodor (1968) egy új mikropórus-elemzést, az ún. „MP-módszert” dolgozták ki. Az analízist adszorpciós izotermák és egy megfelelő t-görbe alapján végzik el. (A „t-görbe” a vizsgált anyaggal azonos abszorpciós hőjű anyagon adszorbeált réteg statisztikus vastagságát adja meg a relatív nyomás függvényében.) Újabban ugyan néhányan kritizálják az MP-módszert, (Marsch és Rand, 1970; Brunauer, 1972), mégis értékes eszköze a mikropórus-elemzésnek.

Cementhidratációs modellek

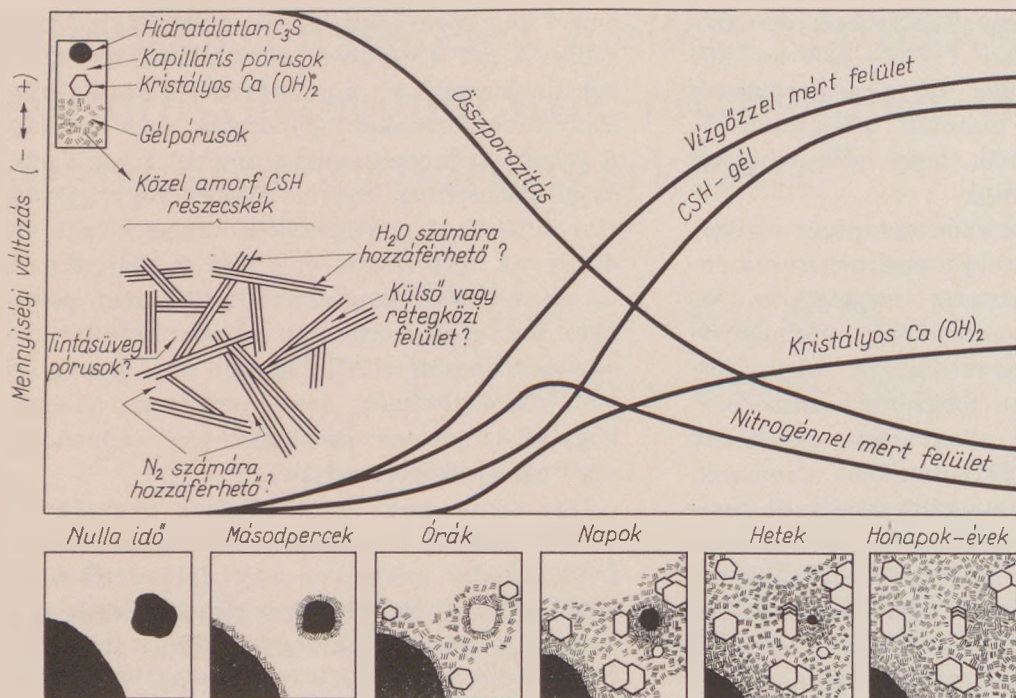
A cementhidratáció „régí” modellje Powers és munkatársai (Portland Cement Association, Chicago, Powers és Brownyard, 1948) klasszikus munkáin alapul. Az utóbbi húsz év során a modellt az új elméleteknek és kísérleti eredményeknek megfelelően módosították. Ez a cementpépet (és a kalciumszilikát-pépeket) olyan, az amorf állapothoz közelálló gélnek tekinti, amely a kristályos hidratációs termékek, a hidratálatlan részecskék és a „kapillaris pórusok” (a kötés előtt a hidratálatlan cementrészecskék között képződött, vízzel töltött üregek) konglomerátuma. A cementgél réteges szerkezetű, közel

amorf kalciumszilikát-hidrát részecskékből képződik. A gél üregekben, pl. kapillaris pórusokban helyezkedik el, a gélrészecskék között képződő mikropórusokat „gélpórusok”-nak nevezik. A relatív nedvesség csökkentésével a kapillaris és gél-pórusokban levő víz részben vagy teljesen eltávolítható. A gélrészecskék rétegei között addiciós víz helyezkedik el a régi modell szerint, ha egyszer szárítással eltávolítottuk, nem pótolható. Becslések szerint egy teljesen hidratált cementpép, összetételétől függően, 20—30 s. % „el nem párologtatható” vizet tartalmaz. Világos, hogy ez az „el nem párologtatható” vízmennyiség függ a szárítás módjától.

Úgy tűnik, hogy a gél-pórusok nagyságrendekkel kisebbek a kapillaris pórusoknál, és a pép felülete teljes mértékben a gél felületétől függ, mivel a durva, hidratálatlan részecskéknek és a kristályos hidratotoknak nagyon kicsi a felületük. Feltételezik azt is, hogy a gél-porozitás független a pép készítésekor alkalmazott víz-cement tényezőtől.

Powers és munkatársai a leírt alaptulajdonságokat összefüggésbe hozták a térfogatváltozással, vízáteresztő képességgel, szilárdsággal és a fagyállósággal (Powers, 1958; Helmuth, 1960; Helmuth és Turk, 1966; Helmuth és Turk, 1967).

A cementhidratáció „új” modelljét a cementpépek szorpciós hosszváltozása és más, a mechanikai tulajdonságaikra vonatkozó eredmények alapján fejlesztették ki (Feldman és Sereda, 1968). A következő években a szerzők további olyan cikkeket publikáltak, amelyek a modellt az új eredmények alapján finomították (pl. Feldman, 1968; Feldman, 1971; és Ramachandran, 1971). Az új modell megalkotói szerint a régi modellel számos kísérleti megfigyelés nem volt magyarázható. Szerintük a régi modell hiányosságai egyrészt a részecskék viselkedésével, másrészt a víz szárítás és újranevesítés során való állapotával és mozgásával, a Young-modulus, a hajlítószilárdság, a hossz, súly és relatív nedvesség stb., változásával kapcsolatosak. A régi modellt azon az alapon vetik el, hogy az ún. „D-szárítással” előkészített pépek (a D-szárítás 5×10^{-4} Hgmm-en, súlyállandóságig történő szárítást jelent) felülete és porozitása vízadszorpcióval mérve nem pontos, és nitrogén-adszorbanssal sokkal pontosabb eredményeket lehet kapni. A régi modell ezeket a felület- és porozitás-különbségeket azzal magyarázza, hogy a nitrogén nem tud behatolni az ún. „tintásüveg-pórusokba”, azaz az olyanokba, amelyek nagy belső üregűek, de szűk bejáratúak.



1. ábra. A hidratált C₃S-pép egyszerűsített, kétdimenziós modellje

Feldman és Sereda szerint, ha a szárított pépeket újranedvesítik, a víz bizonyos része réteges szilikáthidrát krisztallitok rétegek közötti helyeire lép be, térfogatváltozásokat okozva. Az ún. rétegek közötti víz jelenléte alapján az új modellel megmagyarázható néhány, a szárítási zsugorodással, réteges deformálódással, expansióval és kontrakcióval kapcsolatos jelenség. Másrészt Brunauer és munkatársai (1958), valamint Smith és mások (1972) olyan kísérleti adatokat publikáltak, amelyek azt bizonyították, hogy a D-száritással előkészített hidrátokba újranedvesítés után a víz nem lép be rétegek közötti helyekre.

A hidratált kalciumszilikát-pépnek egy nagyon egyszerűsített, kétdimenziós modelljét, amely a tárgyalt kérdések közül szemléltet néhányat, az 1. ábrán mutatjuk be.

A pórusszerkezet és a fizikai tulajdonságok

Általánosan elfogadott az, hogy a pépek szilárdságát befolyásoló fő tényezők a porozitás és a hidratációs fok.

Az említett két tényező összefüggésben van egymással, mert a hidratációs fok növekedése porozitáscsökkenéshez vezet. Ily módon a fő tényező a porozitás. A hidratációs fokon kívül, a porozitás csökkenthető kisebb víz-cement tényező alkalmazásával is. Ugyanakkor két, ugyanazon kiindulási anyagból, ugyanolyan víz-szilárdanyag tényezővel készített, azonos fokig hidratált cement- vagy kalciumszilikát-pépnek

is különböző lehet a szilárdsága és egyéb tulajdonságai, ha a pórusszerkezetük különböző.

Egy hidratált pép környezettel szembeni ellenállása nemcsak az összporozitástól, hanem a pórusméret-eloszlástól, a pórusok alakjától, kontinuitásuktól illetve diszkontinuitásuktól is függ. Erre a legjobb példa a fagyállóság és korrózióállóság.

A térfogati stabilitás közvetlenül függ a víznek a szerkezetben való mozgásától, amely a porozitástól, póruseloszlástól és esetleg a pórusok alakjától függ.

A pórusszerkezetet befolyásoló tényezők

A kalciumszilikát-hidrát pépek pórustérfogatát és felületét befolyásoló legfontosabb tényezők a szilárdulási idő, hőmérséklet és nyomás, a friss pépek készítésénél alkalmazott eredeti víz-szilárdanyag tényező, valamint egyes adalékok és kiegészítő anyagok jelenléte. Az itt ismertetett adatok nagyrészt jelen cikk szerzője és munkatársai mérték, ismertetünk azonban más szerzőktől származó adatokat is.

Az egyes anyagok hatása

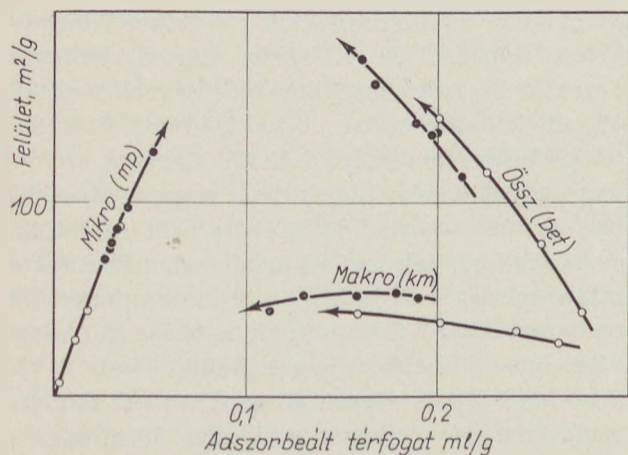
Az utóbbi időben számos szerző tanulmányozta különböző adalékanyagoknak a hidratált kalciumszilikátok mikrostruktúrájára kifejtett hatását. Ciach és munkatársai (1971) cikksorozatát publikáltak a trietanolaminnak és kalciumlignoszulfátoknak a hidratált klinkerásványok mikrostruktúrájára kifejtett hatásáról, amit elektron-

mikroszkóppal vizsgáltak. Berger és McGregor (1972) optikai mikroszkópot használtak az adalékok jelenlétében képződött $\text{Ca}(\text{OH})_2$ morfológiájának tanulmányozására. Meier—Grolman és Dietrich (1969) a légpórusképző anyagoknak és fluoroszilikátnak a cementhabarcsok kapilláris porozítására kifejtett hatását ismertetik. Mcsedlov—Petroszjan és munkatársai (1968) abszorpciós izotermák segítségével vizsgálták az adalékoknak a cementpépek fajlagos felületének kialakulására gyakorolt hatását.

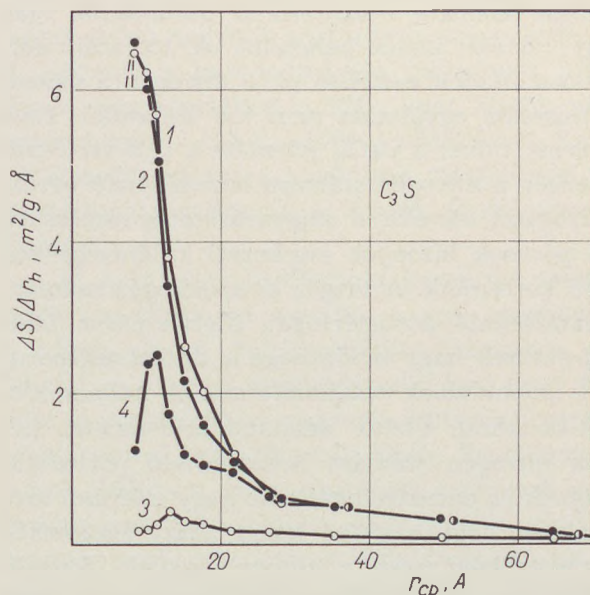
A CaCl_2 -nek a C_3S és C_2S pépek hidratációs jellemzőire gyakorolt hatását jelen cikk szerzői alaposan tanulmányozták (Skalny és mások, 1971; Odler és Skalny, 1971). Kimutatták, hogy a CaCl_2 a két kalciumszilikátnak nem csak a hidratációs fokát befolyásolja, hanem megváltoztatja a képződött hidratációs termékek összetételét és morfológiáját is.

A 2. ábra a vízgőzzel mért fajlagos felület és a hidratált C_3S pórusaiban adszorbeált vízgőz térfogata közötti összefüggést mutatja. Látható, hogy a (BET módszerrel mért) teljes felület növekszik a csökkenő összpórus-térfogattal. Ugyanakkor a hidratáció előrehaladásával (nyilakkal jelezve) a makro-pórusok térfogata csökken. A makro-pórusok felülete először növekszik; később enyhén csökken. Ez a jelenség annak tulajdonítható, hogy növekszik a gél mennyisége és ez a makro-pórusokat megtölti, vagy a mérés számára hozzáférhetetlenné válnak. A hidratációs fok növekedésével a mikropórusok térfogata és felülete egyaránt növekszik. A kloridtartalmú és a kloridmentes minták viselkedése hasonló.

Világosan látható néhány különbség a makropórus-térfogat és az összpórus-térfogat, vala-



2. ábra. Fajlagos felület — térfogat összefüggés (○) és 2% CaCl_2 -tartalmú (●) C_3S -nél. BET-, mikropórus (mp), és korrigált modell- (km) módszerekkel mérve. Adszorbatum: vízgőz



3. ábra. 28 napos C_3S -pépek fajlagos felület-megoszlása. 1-es és 2-es görbék: vízgőzadszorpció; 2-es és 3-as görbék: nitrogénadszorpció. A mért pontok jelölése: ○ C_3S ● $\text{C}_3\text{S} + 2\% \text{CaCl}_2$

mint a hozzájuk tartozó fajlagos felületek alakulásában, ami a pórusszerkezet eltéréseire utal. A kisebb pórusok szerkezetében levő különbségeket nehéz megállapítani, mert a CaCl_2 jelenlétében, illetve CaCl_2 nélkül képződött pórusok hidraulikus rádiuszai nagyon hasonlóak. (A hidraulikus rádiusz a pórusrendszer térfogatának és a pórusok belső felületének hányadosa). Különbség van azonban a kétféle gél összetétele között. A szabadmész-meghatározások alapján számított CaO — SiO_2 arányok azt mutatják, hogy a CaCl_2 -mentes mintákban az arány egy kezdeti nagy értékről kb. 1,5-ig csökken.

A CaCl_2 -ot tartalmazó minták CaO — SiO_2 aránya viszont nem változik a mérési tartomány- CaO — SiO_2 arány $\approx 2,0$; az 5% CaCl_2 -ot tartalmazó mintákban a 2% CaCl_2 -ot tartalmazó mintákban 2,2 volt. Hasonló, mészből gazdag termékeket találtak CaCl_2 jelenlétében Kurczyk és Schwiete (1960), valamint Collepardi és mások (1968).

Más módon szemléltetjük az eltéréseket a 3. ábrán, mely a kloridmentes és kloridtartalmú minták fajlagos felület-eloszlását mutatja a pórusátlós sugár függvényében, a makro-pórusok tartományában. Az 1. és 2. görbék vízgőzzel, a 3. és 4. görbék nitrogénnel mért értékeket mutatnak. A vízgőz esetében a két minta azonos felületmegoszlást mutat, de a nitrogén használata esetén a kloridtartalmú és kloridmentes mintáknál a megoszlások különbözőek.

Már néhány éve ismert, hogy a nitrogén a

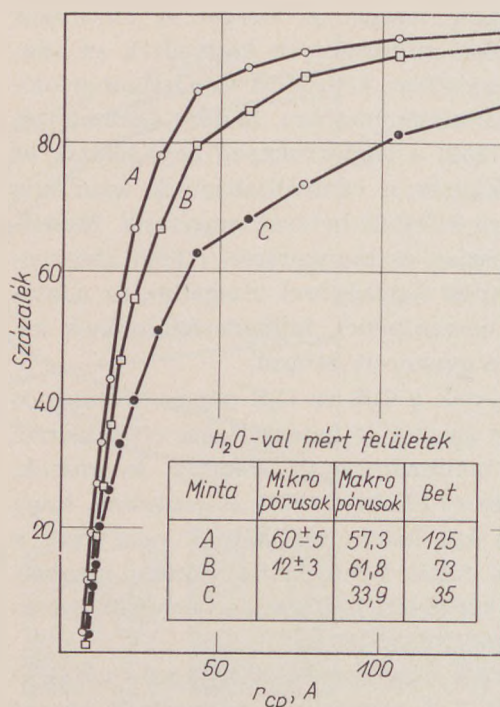
vízgőz számára hozzáférhető pórusoknak csak egy részébe képes behatolni. A hidratált kálciumszilikátok esetében pl. a nitrogén a mikropórusokba egyáltalán nem tud behatolni. Ezek szerint, mivel a CaCl_2 jelenléte a C_3S -víz rendszerben a nitrogén számára hozzáférhető pórustér fogatot növelte, a magyarázatot a részecskék és pórusok bizonyos szerkezeti különbségeiben kell keresnünk. A vízgőz és a nitrogén számára hozzáférhető pórustér fogat, illetve pórus felület-értékek nagy különbsége a tintásüveg-pórusok jelenlétének tulajdonítható. A kalciumklorid-tartalmú, illetve kalciumklorid-mentes pépek nitrogén számára hozzáférhető pórusfelületének és pórustér fogatának nagy eltérései arra utalnak, hogy a gyúrt lemez alakú részecskék nyitottabbak, mint a tűhegy alakúak. Az előzőben vagy kevesebb a tintásüveg-pórus, vagy kevésbé szűk a bejáratuk, illetve mindkettő fennállhat. Ez a viselkedés azt jelezheti, hogy a nagy mésztartalmú gél, esetleg az adszorbeált kloridionok, megakadályozzák a kálciumszilikáthidrát lemezek „gyűrődését”.

A C_2S hasonlóképpen, nagyobb sebességgel hidratálódik CaCl_2 jelenlétében. A vízgőz- és nitrogén-adszorpciós mérések kimutatták, hogy 20% kalciumklorid adagolása a β -dikálciumszilikát-péphez, nemcsak a hidratációt gyorsítja, hanem a pórusszerkezetet is befolyásolja. Akárcsak a hidratált trikálcium-szilikát esetében, a kalciumklorid jelenléte a nitrogén számára hozzáférhető felületet és térfogatot viszonylagosan megnövelte.

A készítmény mód és a szilárdulási körülmények hatása

Már sok éve ismert, hogy a szilárdulás hőmérséklete befolyásolja a klinkerásványok hidratációjának sebességét, valamint a hidratációs termékek kémiai, ásványi összetételét és ezek kristályosodásának mértékét. Ismert, hogy a kálciumszilikátok készítmény módja és tárolási körülményei, az idő, a hőmérséklet és a nyomás, befolyást gyakorolnak a hidratációs termékek fizikai tulajdonságaira. Ugyanez vonatkozik a betontermékek tulajdonságaira is. Több szerző beszámolt a hőmérsékletnek és nyomásnak a cementek és más kálciumszilikát-termékek hidratációjára kifejtett hatására vonatkozóan (pl. Idorn, 1968 és Kalousek, 1968), szerkezeti jellemzőikről pedig Taylor (1968) számolt be. A pórustér fogat- és felületeloszlással kapcsolatos tanulmányról azonban ez ideig nem tudunk.

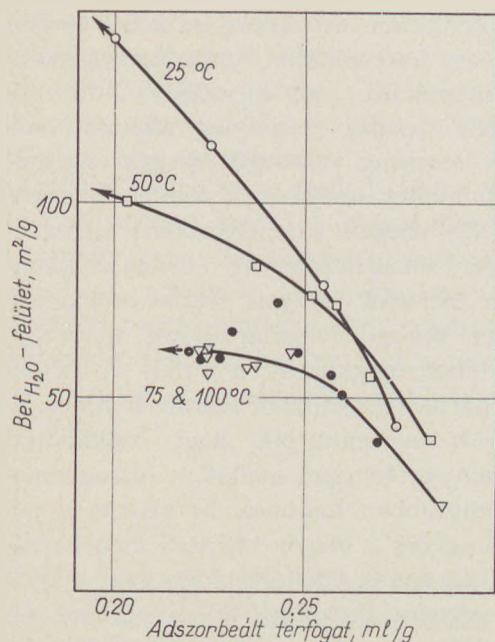
Mindess számos autoklávolt kálciumszilikát-



4. ábra. A makro-pórusokban levő, vízgőzzel mért felület eloszlásának normált, inverz, kumulatív görbéi autoklávolt kálciumszilikáthidrátoknál

hidrát pórusszerkezetét tanulmányozta és szerkezetüket összefüggésbe hozta a nyomószilárdsággal (Mindess, 1970; Skalny és Mindess, 1971). Az eredmények megerősítették, hogy a CaO — SiO_2 arányban levő különbségek befolyásolják a végtermékek tulajdonságait; a C/S arány csökkenése nagyobb szilárdságot és felületet, valamint kisebb porozitást eredményez. Minél kisebb a C/S arány, annál nagyobb a mikro-pórusok felülete és térfogata. Ugyanakkor a makro-pórusok felülete növekszik, térfogata pedig csökken. A kiinduló anyagoktól és az érlelési feltételektől függően, különböző összetételű és különböző tulajdonságokkal rendelkező termékeket nyertek. A 4. ábrán három jellemző autoklávolt kálciumszilikát-hidrát makro-pórusainak felületeloszlása normált, inverz, kumulatív görbékkel ábrázolva látható, amelyek az r^{kp} , vagy annál kisebb hidraulikus sugarú pórusokban a makro-pórusfelület százalékát mutatják.

Az eredmények logikai összhangban vannak a mikro-pórus-analízisekkel. A mikropórusokat nem tartalmazó C mintának a többi mintához viszonyítva kisebb fajlagos felülete van a kisebb hidraulikus sugarú pórusokban. Az A mintánál, melynek fajlagos felületéből $60 \text{ m}^2/\text{g}$ -ot a mikro-pórusok felülete tesz ki, a makropórusok felületének legnagyobb részét a kisebb méretű makro-pórusok felülete adja.



5. ábra. A BET felület és a pórustérfogat összefüggése négy különböző hőmérsékleten hidratált C_3S mintánál. Adsorbatum: vízgőz

A C_3S hidratációjánál a közelmúltban tanulmányoztuk az idő-hőmérséklet hatását (Skalny és Odler, 1972). Különböző ideig, 25, 50, 75 és 100 °C-os hőmérsékleteken hidratált minták pórusszerkezet-vizsgálata azt mutatta, hogy a hőmérséklet nemcsak a hidratációs fokot befolyásolja nagymértékben, hanem a képződött hidratációs termékek C/S és H/S arányait, az összfelületet, a felületnek a makro-pórusokban való megoszlását stb. Azt tapasztaltuk, hogy magasabb hőmérsékletek nagyobb hidratációs fokot, magasabb C/S és kisebb H/S végértéket eredményeznek. A vízgőzzel mért BET felület a hidratáció hőmérsékletével csökken. A hidratációs fok növekedésével (vagy a porozitás csökkenésével) a különböző hőmérsékleteken hidratált minták fajlagos felülete növekszik, ez a növekedés azonban, mint az 5. ábrán látható, nem mutatkozik minden hőmérsékleten.

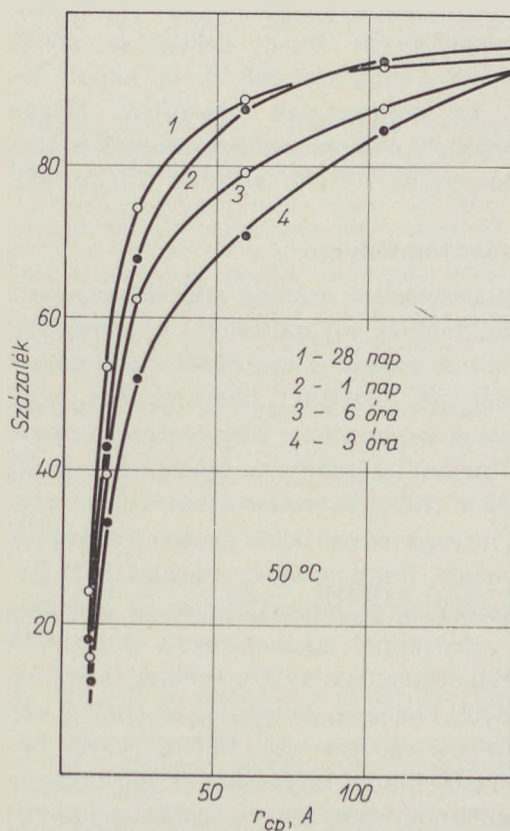
A 6. ábra görbéi az 50 °C-on, 3 és 6 óráig, valamint 1 és 28 napig hidratált minták makropórusaiban r_{cp} , vagy annál kisebb hidraulikus sugarú pórusok felületének százalékos eloszlását mutatják. A pórusokat hengeres alakúnak tekintjük. Hasonló, inverz és normált felületeloszlási görbéket kaptunk más hőmérsékletekre is, azonban magasabb hőmérsékleteken a görbék egymáshoz közelebb helyezkednek el.

Pihlajavaara (1968) a karbonátosodásnak a cementpép porozítására és pórusméret-megoszlására gyakorolt hatását tanulmányozta, vízgőz-adszorpciós vizsgálatokkal. A kapott eredmé-

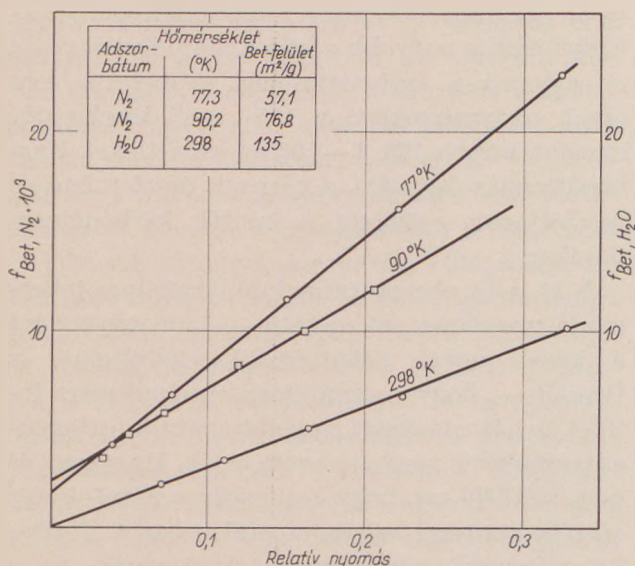
nyek azt mutatják, hogy a karbonátosodás termékei csak a nagyobb pórusokban helyezkednek el, ugyanis a karbonátosodás változtatta meg olyan nagymértékben a 125 -nél kisebb pórusokat, mint a 125 Å—1000 Å közöttieket. Karbonátosodás hatására a pórusok összfelülete és térfogata csökkent a minták karbonátosodásakor.

A 14 Å-ös röntgenreflexiójú, kristályos tobermorit vizsgálata azt mutatta — ami egyébként a közel amorf kalciumszilikát-hidrátokra is fennáll —, hogy a vízgőzadszorpcióval mért felület és pórustérfogat nagyobb, mint a nitrogén-adszorpcióval meghatározott érték. Brunauer és mások (1970) azt, hogy a nitrogén a pórusok egy részébe nem tud behatolni, elsősorban a „tintasüveg-pórusok” jelenlétének tulajdonítják. Az a folyamat, mely során az adsorbatum molekulái egy szűk pórusbejáraton behatolnak, ún. „aktivált diffúzió”, ami függ a hőmérséklettől. Ezért a vízgőz 298 °K-on sokkal gyorsabban behatol a tintasüveg-pórusokba, mint a nitrogén 77 °K-on.

A nitrogénnek a pórusrendszerbe való behatolási sebessége hőmérsékleti függésének — és ezáltal a „tintasüvegelmélet”-nek — bizonyítása érdekében a kristályos tobermorit felületét



6. ábra. Vízgőzzel mért felület makro-pórusokban való megoszlásának normált, inverz, kumulatív görbéi 50 °C-on különböző ideig hidratált C_3S -pépeknél



7. ábra. Szintetikus tobermorit BET-egyenesei

két különböző hőmérsékleten, nitrogénadszorpcióval is megvizsgálták. Az eredményeket a 7. ábra tartalmazza, amelyen feltüntettük a „D-szárítással” kezelt 14 Å-ös röntgenreflexiójú tobermorit BET-egyeneseit és fajlagos felület értékeit különböző hőmérsékleteken.

Nitrogén adszorbanás használata esetén 90 °K-nál 35%-kal nagyobb felületet kaptak, mint 77 °K-nál. Azonban a magasabb hőmérsékleten, nitrogén-adszorbanással kapott felület is mindössze fele volt a vízgőzzel 298 °K-nál kapott felületnek. Az eredmények hasonlóak Maggs (1952) adataihoz, és kapcsolatban vannak a tintásüveg-pórusokba történő aktivált diffúzióval.

Víz-szilárdanyag tényező

Az elmúlt évtizedben számos cikk foglalkozott pórusok felületének kialakításával és eloszlásával. Mikhail és mások (1964, 1966) 5 különböző vízmennyiséggel elkészített cementpépet vizsgáltak, nitrogén-, vízgőz-, ciklohexán-, izopropanol- és metanol-adszorpciók módszerrel. Hunt (1966), Bodor (1970) és számos más kutató számolt be a nitrogénadszorpciók módszerrel kapott eredményekről. Hagymássy és mások (1972) adszorbanásként vízgőzt használtak és az eredményeket a nitrogénnel meghatározott értékekkel hasonlították össze. Az utóbbi időben Bodor és mások (1970), Odler és munkatársai (1972), valamint Mikhail és Ebo—Al—Eneim (1972) végeztek fajlagos felület méréseket és pórusösszetétel-vizsgálatokat igen kis víz-szilárdanyag tényezőjű cementpépeken. Publikációik és mások munkái alapján a következőket állapíthatjuk meg a víz-szilárdanyag tényezőnek a kalcium-

szilikátok felületére és póruseloszlására gyakorolt hatásával kapcsolatban: ha adszorbanásként vízgőzt használunk, az egységnyi hidratált anyagra jutó felület viszonylag állandó, csak különösen alacsony víz-szilárdanyag tényező (pl. < 0,3) mellett csökken a felület bizonyos mértékig. Ha viszont adszorbanásként nitrogént használunk, a víz-szilárdanyag tényező csökkentése olyan mértékű fajlagos felület-csökkenést okoz, hogy 0,2-es víz-szilárdanyag tényezőjű pépek esetében megközelíti a nullát. A felületekből és pórustérfogatokból számított hidraulikus sugarak azt mutatják, hogy csökkentett víz-szilárdanyag tényező mellett a nitrogénmolekulák nehezebben hatolnak be azokba a pórusokba, amelyek a vízgőz számára még hozzáférhetőek. Ez annak ellenére is így van, hogy a nitrogén számára hozzáférhetetlen pórusok átlagos átmérője nagyobb, mint a nitrogénmolekula átmérője. A jelenség magyarázatára a tintásüveg-pórusok jelenléte tűnik a legmegfelelőbbnek.

Azon kalciumszilikát- vagy cement-pépek, melyeknek a nitrogénnel mért felületük nullához közel van, jelentős mértékben hidratálódtak (hidratációs fokuk 40—70% között van) és így nagymennyiségű kalciumszilikáthidrát-gélt tartalmaznak. Még ha nem is vesszük tekintetbe a vízgőzzel mért felületnek azt a hányadát, melyet Feldman a rétegek közötti víznek tulajdonít, akkor is még eléggé nagy „külső” felület marad, mely a nitrogén számára hozzáférhető lenne. Azonban a mérések szerint mégsem hozzáférhető. Hasonló következtetésre juthatunk, ha a fajlagos felületeket és hidratációs fokokat hasonlítjuk össze. A hidratációs fok növekedésével és ennek következtében nagyobb „külső” felülettel rendelkező, megnövekedett mennyiségű gél jelenléte ellenére, a nitrogénnel mért felület csökken. Ebből azt a következtetést lehetne levonni, hogy ha — mint Feldman állítja — nitrogénnel lehet mérni a hidratációs termékek tényleges fajlagos felületét, akkor a hidratációs foknak csökkenni kell a hidratációs idővel. Nyilvánvaló azonban, hogy ez nem igaz.

Összefoglalás

A cement hidratációjáról felállított „régimodell” nem tökéletes, és sok kísérleti és elméleti munka szükséges a cement hidratációjánál fellépő valamennyi jelenség megvilágításához. Elegendő kísérleti bizonyíték van azonban annak kimutatására, hogy a nitrogénnel és vízgőzzel mért felületértékek közötti különbség nem ma-

gyarázható azzal, hogy a víz a kálciumszilikát-hidrát-gél rétegek közötti vizének helyeire részlegesen behatol. Ezt világosan bizonyítják R. H. Smith és mások (1972) újabban publikált eredményei. Még ha fennállna is a parciális behatolás lehetősége, az új modellt akkor sem lehetne a nitrogénnel mért felületekre alapozni, mert a nitrogén még azokhoz a felületekhez sem tud behatolni, amelyek nem rétegek közötti felületek. Másképp megfogalmazva, a nitrogén még olyan pórusokba sem tud behatolni, amelyeknek sokkal nagyobb az átmérőjük, mint a nitrogénmolekuláé.

IRODALOM

- Berger, R. L. and McGregor, J. D. (1972): *Cement Concrete Res.* 2, 43.
- Bodor, E. E., Odler, I. and Skalny, J. (1968): *J. Colloid Interface Sci.* 32, 367.
- Bodor, E. E., Skalny, J., Brunauer, S., Hagymassy, J. and Yudenfreund, M. (1970): *J. Colloid Interface Sci.* 34, 560.
- Brunauer, S. (1972): *J. Colloid Interface Sci.* 39, 435.
- Brunauer, S., Emmett, P. H. and Teller, E. (1938): *J. Am. Chem. Soc.* 60, 309.
- Brunauer, S., Kanro, D. L., and Copeland, L. E. (1958): *J. Am. Chem. Soc.* 80, 761.
- Brunauer, S., Mikhail, R. Sh. and Bodor, E. E. (1967): *J. Colloid Interface Sci.* 24, 451.
- Brunauer, S., Odler, I. and Yudenfreund, M. (1970): *HRB, Highway Research Record No. 328*, 89.
- Ciach, T. D., Gillott, J. E., Swenson, E. G. and Sereda, P. J. (1971): *Cement Concrete Res.* 1, 13.
- Ciach, T. D. and Swenson, E. G. (1971): *Cement Concrete Res.* 1, 143; 1, 159; 1, 257; 1, 367; 1, 515.
- Collepari, M., Rossi, G. and Usai, G. (1968): *Ind. Ital. Cem.* 38, 657.
- Collepari, M., Rossi, G. and Spiga, M. C. (1968): *Rend. Accad. Naz. Quaranta* (s. 4) 18, 281.
- Feldman, R. F. (1968): *Proc. Vth Int. Symp. Chem. Cement, Tokyo*, Vol. III, 53.
- Feldman, R. F. (1971): *Cement Concrete Res.* 1, 285.
- Feldman, R. F. and Sereda, P. J. (1968): *Materiaux et Constructions* 1, 509.
- Hagymassy, J., Jr. Odler, I., Yudenfreund, M., Skalny, J. and Brunauer, S. (1972): *J. Colloid Interface Sci.* 38, 20.
- Helmuth, R. A. (1960): *Proc. VIth Int. Symp. Chem. Cement, NBS Monograph No. 43*, Vol. II, 855.
- Helmuth, R. A. and Turk, D. H. (1966): *HRB Spec. Rept.* 90, 135.
- Helmuth, R. A. and Turk, D. H. (1967): *J. Res. Develop. Lab., PCA* 9, 8.
- Hunt, C. M. (1960): *Proc. IVth Int. Symp. Chem. Cement, NBS Monograph No. 43*, Vol. I, 297.
- Idorn, G. M. (1968): *Proc. Vth Int. Symp. Chem. Cement, Tokyo*, Vol. III, 411.
- Kalousek, G. L. (1968): *Proc. Vth Int. Symp. Chem. Cement, Tokyo*, Vol. III, 523.
- Kurczyk, H. G. and Schwiete, H. E. (1960): *Tonind—Ztg. Keram., Rundsch.* 84, 585.
- Lippens, B. C. Linsen, B. G. and de Boer, J. H. (1964): *J. Catalysis* 3, 32.
- Maggs, F. A. P. (1952): *Nature* 169, 259, 793.
- Marsch, H. and Rand, B. (1970): *J. Colloid Interface Sci.* 33, 478.
- Mchedlov—Petrosjan, O. P. and Ugincius, D. A. (1968): *Proc. Vth Int. Symp. Chem. Cement, Tokyo*, Vol. III, 45.
- Meier—Grolman, F. W. and Dietrich, H. (1969): *Zement—Kalk—Gips* 22, 165.
- Mikhail, R. Sh. and Abo—El—Eneim, S.—A. (1972): *Cement Concrete Res.* 2, 401.
- Mikhail, R. Sh., Brunauer, S. and Bodor, E. E. (1968): *J. Colloid Interface Sci.* 26, 45.
- Mikhail, R. Sh., Copeland, L. E. and Brunauer, S. (1964): *Can. J. Chem.* 42, 426.
- Mikhail, R. Sh., and Selim, S. A. (1966): *HRB Special Report* 90, 123.
- Mindess, S. (1970): *J. Am. Ceram. Soc.* 53, 621.
- Odler, I., Hagymassy, J., Yudenfreund, M., Hanna, K. M. and Brunauer, S. (1972): *J. Colloid Interface Sci.* 38, 265.
- Odler, I. and Skalny, J. (1972): *J. Amer. Ceram. Soc.* 54, 362.
- Odler, I. and Skalny, J. (1972): *J. Colloid Interface Sci.* 36, 293.
- Phillips, J. C. and Skalny, J. (1971): *Am. Soc. for Metals, Tech. Pap.* W71—10, 4.
- Pihlajavaara, S. E. (1968): *RILEM Colloquium on the „Physical and Chemical Causes of Creep and Shrinkage of Concrete”, Munich 1968*.
- Powers, T. C. (1958): *J. Amer. Ceram. Soc.* 41, 1.
- Powers, T. C. and Brownyard, T. L. (1948): *PCA Research and Laboratory Bulletin No. 22*.
- Ritter, H. L. and Drake, L. C. (1945): *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 17, 782.
- Skalny, J. and Mindess, S. (1971): *J. Amer. Ceram. Soc.* 54, 358.
- Skalny, J., Odler, I. and Hagymassy, J. (1971): *J. Colloid Interface Sci.* 35, 434.
- Skalny, J. and Odler, I. (1972): *J. Colloid Interface Sci.* 40, 199.
- Smith, R. H., Bayliss, P., Gamble, B. R., and Mills, R. H. (1972): *Cement Concrete Res.* 2, 559.
- Taylor, H. F. W. (1968): *Proc. Vth. Symp. Chem. Cement, Tokyo*, Vol. II, 1.
- Washburn, E. W. (1921): *Proceedings, Natl. Acad. Sci., PNASA*, Vol. 7, 115.
- Wheeler, A. (1951): *Advan. Catalysis* 3, 250.
- Winslow, D. N., and Diamond, S. (1972): presented at the 1972 Annual Meeting of the Amer. Ceram. Soc., Washington.

Skalny, J.—Odler, J.: **Különböző feltételek mellett közpödött kalciumszilikát-hidrátok nitrogénnel és vízgőzzel meghatározott pórusszerkezete.**

Különböző körülmények között előállított kalciumszilikáthidrátok pórusszerkezetét vizsgálták meg adszorpciós-deszorpciós izoermák alapján. Abszorbátumként nitrogént és vízgőzt használtak. Megállapították a minta előkészítés módja, a víz/szilárd anyag arány, a hidratációs hőmérséklet, a hidratáció foka, a minta kristályosodási foka, valamint esetleges adalékanyagok hatását a pórustérfogatra és a pórusok fajlagos felületére. A mikropórusokat az MP módszerrel, a makropórusokat pedig Brunauer és munkatársaitól származó „korrigált modell” módszerrel határozták meg. A szerzők a nitrogénnel és vízgőzzel nyert pórusszerkezeteket összehasonlítják és megállapítják ezek jelentőségét a cementhidratációra vonatkozó új elméletek tükrében.

Скальны, Й.—Одлер, И.: **Поровая структура гидросиликатов кальция, полученных в различных условиях**

Была исследована поровая структура гидросиликатов кальция, полученных в различных условиях, на основе изотерм адсорбции-десорбции. В качестве адсорбатов применялись азот и водяные пары. Было исследовано влияние способа приготовления образца, отношения вода-твердая фаза, температуры и степени гидратации, степени кристаллизации образца и наличия добавок на объем пор, а также на их удельную поверхность. Микропоры определялись методом МП, а макропоры — методом „без корректированной модели”, разработанным Брунауэром и его сотрудниками.

Делается сравнение поровых структур, определенных на основе адсорбции азота и водяных паров, и подчеркивается их значение в свете новых теорий гидратации цемента.

Skalny, J.—Odler, I.: Mittels Stickstoff und Wasserdampf bestimmte Porenstruktur unter verschiedenen Bedingungen entstandener Kalziumsilikathydrate.

Es wurde die Porenstruktur unter verschiedenen Reaktionsverhältnissen hergestellter Kalziumsilikathydrate den Adsorptions-Desorptions-Isothermen nach untersucht. Als Adsorbat wurde Stickstoff und Wasserdampf angewandt. Es wurde der Einfluß der Vorbereitungsart der Proben, des Wasser/Feststoff — Verhältnisses, der Hydratationstemperatur, des Hydratationsgrades, des Kristallisationsgrades der Proben, weiterhin eventueller Zusatzstoffe auf das Porenvolumen und der spezifischen Oberfläche der Poren bestimmt. Die Mikroporen wurden mit der MP Methode die weiten Poren mit der von Brunauer und seinen Mitarbeitern stammenden „korrigierten Modell“-Methode bestimmt.

Die Verfasser vergleichen die mittels Stickstoff und Wasserdampf gewonnenen Porenstrukturen und stellen deren Bedeutung im Spiegel der neuen Theorien bzgl. der Zementhydratation fest.

Skalny, Jan—Odler, Ivan: Pore Structure by Nitrogen and Water Vapor of Calcium Silicate Hydrates Formed under Different Conditions.

Surface area measurements and pore structure analyses of calcium silicate hydrates, prepared under different conditions, are discussed. The effects of materials used, water to solid ratio, temperature of hydration, presence of admixtures and sample crystallinity upon the pore volume and pore surface area are described. Methods for analysis of adsorption-desorption isotherms are reviewed, and results obtained by using both nitrogen and water vapor as adsorbates are compared. Micropores were determined by the MP, macropores by the „corrected modelless” methods, resp. Differences and common characteristics of the pore structures of calcium silicate hydrates are discussed in connection with various models of cement hydration.

Egyesületi élet

Üvegszakosztályunk *Salgótarjáni Siküveggyári csoportja* megtartotta első negyedéves klubnapját. Ennek keretében *Wilwerger Ferenc* beszámolt NDK és NSZK tanulmányútjának szakmai tapasztalatairól. Megállapította, hogy az NDK-beli torgau gyár üvegminősége nem jobb a salgótarjáninál, de a műszerezésük üvegbiztonsága tökéletesebb. Figyelemre méltók az üvegletörés teljes gépesítettége, valamint az üvegalapanyag-keverékekkel folytatott kísérletek terjedelme, végül az edzett biztonsági üveggyártás technikai eszközei. Előadó a gyárral műszaki együttműködésben is megállapodott, több dokumentumcsere és konzultáció formájában. Az NSZK modern edzett üveg-gyártási technológiájával kapcsolatban az előadó a hazai lehetőségeket mérlegelte.

Az előadást követő élénk eszmecsere után a csoport ez évi fel-

adatairól esett szó. A „Nógrád megyei Ifjúsági Év” programjához kapcsolódó *Ifjúsági Műszaki Napok* ankétján a síküveggyári fiatalok több előadást tartanak. Június végére a gyár fiatal iparművészei: *Buczkó György* és *Farkas Éva* önálló kiállításra készülnek, és előadást tartanak a belső építészettel és az iparművészettel összefüggő kérdésekről. A csoport az V. Nógrádi Műszaki Napok keretében megrendezi az *V. Országos Üvegipari Napokat*.

A műszaki és közgazdász szakemberek részére pályázati felhívás is készült a gyakorlatban felhasználható síküveggyári műszaki és gazdasági megoldások begyűjtése érdekében. A Siküveggyár vezetősége — a négyezer forintig terjedő pályadíjakon felül — a jelentős megoldásokat felvető pályázatokat pótdíjazásban is részesíti.

Vendel Lajos

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

a Szilikátipari Tudományos Egyesület által alapított
„PETRIK LAJOS” pályadíjra

A Szilikátipari Tudományos Egyesület pályázatot hirdet az alábbi témakörökben:

1. Termelés fejlesztés
2. Szervezés fejlesztés
3. Környezet és munkavédelem
4. Egyéb.

1. Termelés fejlesztés:

a)

- anyaggazdálkodás javítása
- tőkés import alap- és segédanyagok helyettesítése hazaival vagy szocialista importból beszerezhető anyagokkal.

Ilyen témakörök lehetnek például:

- a duzzasztott perlit további építőipari alkalmazási lehetőségeinek feltárására javaslattétel.
- cemetipari forgókemencék hengeres és kónikus zónáiban alkalmazott belésteáglák méretének és alakjának egységesítése a jelenleg üzemelő és az építés alatt álló kemenceméretek figyelembevételével.
- zúzottkő és zuzalék termelésben az osztályozó rostákkal és szitákkal szerzett tapasztalatok, mérésekkel alátámasztott javaslat az osztályozás hatékonyabbá tételére.
- Durva- és finomkerámia iparban alkalmazott tűzállóanyagok fajlagos felhasználása műszaki és gazdasági kérdéseinek komplex elemzése (egy tonna késztermékre jutó tűzállóanyag költségek csökkentési lehetőségeinek feltárása.)

b)

- energiagazdálkodás javítása
- fajlagos energia felhasználást csökkentő módszerek kidolgozása (kemencék, porlasztók, szárítók, malmok).

Ilyen témakörök lehetnek például:

- adott gyár energiagazdálkodásának megjavítását szolgáló javaslat. (Magyar szenek felhasználási lehetőségei korszerű módszerekkel.)
- fajlagos energia felhasználását csökkentő módszerek kidolgozása (kemencék, szárítók, porlasztó szárítók, malmok, kő- és kavicsipari gépegyesek.)

- javaslat a nagy száradási érzékenységű anyagokból készült fal és padlóburkoló lapok gazdaságos szárítására.
- Üvegipari kemencékben alkalmazott fém- és kerámia rekuperátorok alkalmazásának összehasonlítása konstrukciós, beruházási, üzemeltetési, hőtechnikai és gazdasági szempontok elemzésével, különös figyelemmel az olvasztási hőmérséklet növelésére irányuló tendenciákra.

c)

- termékek minőségének javítása
- termékek választékának bővítése
- termelőkapacitások jobb kihasználása
- technológiák korszerűsítése.

Ilyen témakörök lehetnek például:

- az 1 mm alatti mosott, osztályozott homok nagyvolumenű felhasználási lehetőségeire javaslat. (Gazdaságos kavicsipari kisüzemi technológiák.)
- üvegipari termékek (üveganyag) fizikai és kémiai tulajdonságát javító módszerek, ill. technológiák kidolgozása.
- üvegolvasztás folyamatainak intenzifikálása.
- Hő-, hang- és vízszigetelő anyagipar termékvalaszték bővítésének, ill. fejlesztésének vizsgálata.
- korhadásmentes vízszigetelő anyagok alkalmazási területeire javaslattétel.

2. Szervezés fejlesztés:

a)

Gyártási folyamatok műszaki-gazdasági szervezése.

Ilyen témakörök lehetnek például:

- műszáritóval és alagútkemencével üzemelő gyár termelő kapacitásának jobb kihasználását szolgáló részletes intézkedési javaslat.
- egyszerű módszer kidolgozása műszaki- és edény porcelánégető alagútkemencék átbocsátóképességének kiszámítására.

b)

Gyártáselőkészítés, gyártás ellenőrzés folyamatainak műszaki gazdasági szervezése.

Ilyen témakörök lehetnek például:

- a szilikátipar valamely ágazatában — esetleg valamely kemencetípusnál — alkalmazott tűzállóanyagok minőségének ellenőrzésére, valamint a beépített tűzállóanyagok felhasználási struktúrájának feltárására irányuló ellenőrzési és nyilvántartási rendszer kidolgozása.
- szilikátipari gyártás előkészítés és gyártásellenőrzés gyors vizsgálati módszereinek fejlesztése.
- a cementipari automatizálás műszaki és gazdasági feltételeinek komplex vizsgálata.

c)

Konkrét intézkedések kidolgozása a munkarend optimalizálására, a munkaerőhiány enyhítésére.

Ilyen témakör lehet például:

- az építőanyagipari vállalatoknál alkalmazható anyagi ösztönzési, bérszabályozási rendszerek és azok ösztönző hatásának továbbfejlesztésére vonatkozó javaslatok. (Tartalmazniok kell a javasolt módszer gyakorlati alkalmazási lehetőségére vonatkozó elemzést.)

3. Környezet- és munkavédelem:

a)

Javaslat ólom- és olajártalom megszüntetése érdekében megfelelő — egészségre nem ártalmas — anyagokkal való helyettesítésre.

Ilyen témakörök lehetnek például:

- mázas padlólap gyártásához szükséges ólommentes, ill. max. 5% ólomoxidot tartalmazó reaktív mázak kidolgozása.
- a környezetre ártalmatlan új formaelválasztó kenőanyagok kidolgozása.

b)

Javaslat a por- zaj és hőártalom csökkentésére, korszerű berendezések kialakításával és alkalmazásával.

Ilyen témakörök lehetnek például:

- környezetvédelmi tanulmány egy meglevő üzemre. Javaslatok a por- és zajártalom csökkentésére.
- üvegkeverék előkészítésének korszerűsítése. Javaslat a porzás megszüntetésére.
- tanulmány készítése az 1970 előtt üzembehelyezett és a továbbiakban is termelő cementgyárak környezet szennyeződésének csökkentésére és a tett intézkedések során leválasztásra kerülő szálópornak hasznosítására javaslatok kidolgozása.

4. Egyéb témák, többek között az alábbiak:

- beruházások átfutási idejének csökkentése és ennek módszerei.
- a karbantartási rendszer továbbfejlesztésének lehetőségei, növekvő minőségi színvonal biztosítása, csökkenő létszám mellett.

— műszakilag megalapozott létszám-szükségleti normatívák kidolgozása olyan területeken, ahol a munkaerőszükséglet mértékét és összetételét a technológiai, technikai berendezés határozza meg.

- a termelés és felhasználás eltérő szezonálisából eredő gazdasági hátrányok csökkentésére, ill. kiküszöbölésére vonatkozó optimum számításokkal alátámasztott javaslatok. A javaslat terjedjen ki a gazdálkodási, készletezési, pénzügyi stb. lehetőségek együttes hasznosítására.

Az Egyesület Elnöksége az alábbiakra hívja fel a pályázók figyelmét:

1. A pályázati beadványhoz mellékelni kell egy nyilatkozatot, hogy a pályázat — nem kutatási téma, nem disszertáció, — hanem önálló eddig sehol nem publikált munka.

A pályázó tudomásul veszi, hogy a publikálás joga elsődlegesen az Egyesületet illeti meg.

2. Pályázni mind egyéni, mind csoportosan (kollektíva által) kidolgozott pályaművekkel lehet.

3. A pályázatok elbírálásánál a bíráló bizottság igyekszik előnyben részesíteni azokat a pályamunkákat, amelyek:

- a) a szilikátipar egészét érintő, de egy-egy konkrét példára is kidolgozottak;
- b) az általános elvi kidolgozáson túlmenően több iparágban is megvalósíthatók.

A pályamunkák 2 példányban (1 eredeti, 1 másolat) a szabványnak megfelelő 25 soros, ritkán gépelt oldalakon — ábrajegyzékkel — küldendők be az Egyesület Titkárságára.

A pályázaton a Szilikátipari Tudományos Egyesület tagjai vehetnek részt. A pályamunkán fel kell tüntetni a pályázó nevét, címét, munkahelyét.

Pályadíjak: kiemelkedő teljesítményért

10 000,— Ft

I. fokozat	6 000,— Ft
II. fokozat	4 000,— Ft
III. fokozat	3 000,— Ft

A díjazásban nem részesülő pályaművek közül a bíráló bizottság a legjobbakat pénzjutalomban részesítheti. Az egyes iparágak a számukra értékes tanulmányokra további nívódíjat adhatnak.

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

A pályamű beküldési határideje:

1975. augusztus hó 15.

SZTROITELNŰE MATERIALŰ

Moszkva, 1975. 1. sz.
ETO:622.73:621.86.08

Gromov, G. D.—Dudko, A. A.: *Tk—15 típusú lemeztágos adagoló kőzetanyagok törökbe való beadásához.* 19—20. old.

A zúzó-osztályozó üzemek fő gépei a lemeztágos adagolók. A szovjet ipar három típust gyárt, ezek közül a nehéz- és közepes méretben kivitelezetteket használják a nem érces anyagok iparában. Az utóbbi méretben új konstrukciójú és kiváló műszaki-gazdasági paraméterekkel rendelkező lemeztágos adagolót dolgoztak ki (Tk—15). Teljesítménye 75—150 m³/ó, a ráadható maximális darabok nagysága 600 mm; egyéb műszaki jellemzők.

ETO:691.16 69.024.158.2

Povaljaev, M. I.—Mihajlova, O. K.: *A tetőfedő anyagok összetételében levő bitumenes anyagok tulajdonságainak változása és élettartam növelése.* 31—32. old.

Különböző bitumenes anyagok lágyulási és merevedési hőmérsékletének változását vizsgálták hő- és lúghatásnak, illetve megvilágításnak kitéve. Védőréteggel ellátott, többrétegű tekercselt tetőfedőanyagok a legjobbak (élettartamuk is), jól ellenállnak mechanikai és atmoszférikus hatásoknak. Legésszerűbb a felhasználásuk 1,5—3⁰/ó-os lejtés mellett.

ETO:666.3.047

Kotov, V. I.—Scselkunova, N. V.: *Agyagmasszák száradási tulajdonságainak meghatározása a reológiai jellemzők alapján.* 32—33. old. Bel'gopszki sárga agyag relaxációját és deformációját tanulmányozták, mint a száradási tulajdonságokat meghatározó, jellemző tulajdonságokat, adott módszerrel és berendezésben. A feszültségek változása a próbatestek felületén és a centrumában a hőmérséklet-gradiens függvényében, a rugalmas-plasztikus állapotból szilárdba történő átmenetet kísérő jelenségek stb. Az agyagmassza hő-

mérséklet deformációjára levezetett egyenlet felhasználható a hibamentes szárítás optimális paramétereinek meghatározásához.

SZTEKLO I KERAMIKA

Moszkva, 1975. 1. sz.

ETO:666.127

Koz'min, M. I.—Minakov, V. A.: *Új építőanyagok előállítás műszaki üveg hulladékaiból.* 2—3. old.

Műszaki- és síküveggyárakban évente jelentős mennyiségű selejt képződik, melyek értékes nyersanyagokat tartalmaznak, és értékes nyersanyagok lehetnek egyéb termékek előállításához. Ezen hulladékok felhasználására végzett kutató munka ismertetése, melynek alapján, célszerű adalékanyagokkal, marblit típusú fekete üveget és színes opak-üvegeket lehet előállítani. Kémiai összetételek, nyersanyagkomponensek, az üvegek viszkozitásának hőmérséklet függései, a termékek fizikai-mechanikai tulajdonságai.

ETO:666.266.6:546.41.5

Dubrovina, N. V.—Bezrodny, V. G.: *Alkáli földfém komponensek hatása az üvegek kristályosodására.* 7—8. old.

A Na₂O—MgO—CaO—SrO—Al₂O₃—SiO₂ hatkomponensű rendszer üvegeinek kristályosodási tulajdonságait tanulmányozták 27, adott összetételű üvegen. Kimutatták, hogy a ligvidus hőmérséklet, a kristályosodás maximális sebessége és az ennek megfelelő hőmérséklet változása az alkáliföldfém-kationokkal képzett kis láncú és gyűrűs szilikátok természetétől függ. A kis kristályosodási képességű üvegek alkalmasak fűvott és sajtolt gyártmányok előállítására.

ETO:666.1.031.8

Rudakov, A. A.: *Üvegolvadék-csepp etetőcsatornán való optimális mozgásfeltételeinek meghatározása.* 15—16. old.

Az üvegolvadék-cseppnek az automata etetőcsatornáján való optimális mozgás feltételeit kutatta száraz etetőcsatornán, gép-

olajjal kent belső csatornafelületen, az etetőcsatorna belső felületére történő vízadagolás mellett és olyan etetőcsatornán, melynek belső része szövettel volt burkolva és vizet adagoltak rá. A kísérletek azt mutatták, hogy zökkenőmentes, vetemedések és fordulatok nélküli csepp-mozgás biztosítható 5—6 mm vastag pamut-szövet borítású, bő vízadagolású etetőcsatornán.

ETO:666.295:546.831

Kvajtkovszkaja, K. K.—Grum-Grzsimajlo, O. Sz.: *A cirkon kristályosodási folyamata mázakban.* 24—25. old.

Hat különböző kémiai összetételű bór-cirkon mázban tanulmányozták a cirkondioxid kristályosodását termo-röntgen-grafikus és infravörös spektrométeres módszerek segítségével. Kimutatták, hogy a cirkondioxid kristályosodhat mind a máz felhevítésének idején, mind a máz hűtési periódusában. A mázak röntgenogramjainak tanúsága szerint a felhevítési periódusban gyakran tetragonális ZrO₂ képződése előzi meg a cirkon-szintézisét.

ETO:666.3.041:621.365

Malasenko, V. P.—Rudenko, P. V.: *Kemence nagyméretű termékek hőkezeléséhez.* 28. old.

Nagyon nagyméretű, üreges szitáll félkész gyártmányok technológiai hőkezelésére alkalmas elektromos kemencét készítettek és üzemeltetnek (a munkatér méretei: átmérő 2100, magasság 2500 mm). A kemence szerkezete, kivitelezése előnyös, mert a felfűtési sebesség 2—300 °C/ó lehet 20—1300 °C hőmérsékletintervallumban, a kemencetérben a hőmérséklet eltérés ±5 °C, a ki- és beakási munka teljesen gépesített, a hőkezelési folyamat automatizált.

CEMENT

Leningrád, 1974. 11. sz.

ETO: 666.94.041.57—52

Lifsic, L. N.—Icelev, R. I.: *A szárazeljárású klinkerégetés automatikus ellenőrzése.* 4—6. old.

A kemencék automatikus ellenőrzésére irányuló munkát a VIASzMa intézet valósította meg.

A következő paraméterek automatikus ellenőrzését valósították meg: a nyersliszt mennyiség mérése a tányéros adagoló után; hőmérsékletmérés a ciklonok gázvezetékeiben; hőmérséklet az első ciklonban; füstgáz CO_2 -tartalom az első ciklon előtt; a kimenő füstgáz hőmérséklete; a hűtőből távozó nikkell hőmérséklete; a hűtőrostély alatti hőmérséklet; a hűtőrostély alatti nyomás; a primerlevegővel kevert tüzelőanyag nyomása és hőmérséklete.

ETO: 666.94.052.2

Sajdjuk, V. K.—Kajurin, V. A.: *2,6 × 13 m-es golyósmalmok rekonstrukciója*. 8—9. old.

A korszerűtlen, $2,6 \times 13$ m-es golyósmalmok teljesítménye kb. $\frac{1}{4}$ része a korszerű malmokénak. Ismerttet egy olyan eljárást, mellyel beruházás nélkül minimális ráfordítással megnövelhető a malom termelékenysége. Az átalakítás költségei 131 ezer Rb-t tesznek ki. Ismerteti a malom átalakítás előtti és utáni műszaki adatait.

ETO: 666.94.059:621.796

Dimitriev, P. N.—Makturin, B. I.: *Pneumatikus berendezés a cementsilók alatti szennyeződés eltávolítására*. 11—12. old.

A berendezés műszaki adatai: termelékenység: 30 t/ó, az elektromotor teljesítménye: 100 kW, a felhasznált teljesítmény: 60—70 kW, légnyomás: 300—400 Hgmm, levegőszükséglet: 10 m³/perc, vízszükséglet: 6 m³/ó. A készülék használatával a szerebajakovoi cementgyárban 18 ezer Rb megtakarítást értek el.

ETO: 666.94.041:620.9

Eszeleva, D. L.: *A tüzelőanyag felhasználás csökkentés útjai a klinkerégetésnél*. 22—23. old.

A klinkerégetés tüzelőanyagszükségletét növeli, hogy az 5×185 m-es kemencéknél nem sikerült elérni a tervezett mutatókat. 1973-ban a tüzelőanyag felhasználás ezeknél 233,8 kg-t volt egyezményes tüzelőanyagban kifejezve, vagyis 10,6 kg-val több az előző évinél. A tüzelőanyag felhasználás csökkentése elsősorban a szárazeljárású, ciklonos hőcserélővel felszerelt $7/6,4 \times 95$ m-es forgókemencék építésével lehetséges.

SILIKATTECHNIK

Berlin, 1975. 1. sz.

ETO: 666.972.16

666.94.015.7

Petzold, A.—Krähner, A.: *A kémiai kötőgyorsítók szerepe a cementszilárdulásnál*. 10—14. old.

Alkáli- és földalkáli só kötőgyorsítók (alkálikarbonátok, alkáli- és földalkáli nitrátok, alkáli- és földalkáli kloridok, valamint vas III. klorid és alumíniumklorid) hatását vizsgálták, elsősorban a cementpép reológiai és képlékenységi viselkedésre vonatkozóan. E szerek a kötési idő rendszeres csökkentése mellett jelentősen befolyásolják a cementpép tulajdonságait (a penetráció mértékének grafikus ábrázolása a különböző adalékok esetében) a korai állapotában. Megszilárdult állapotban már elárendelt szerepük van. A kötőgyorsítást általában (az alkáli-karbonátokat kivéve) egy közbenső elfolyósodás előzi meg, ami kolloidkéimiai szempontok szerint értelmezhető. Ez a közbenső elfolyósodás nyilvánvalóan a cementkő jobb szerkezetkialakulását segíti elő.

ETO: 666.29.05

Pöschmann, H.: *A fedőzománc felvitel gépesítése*. 18—19. old.

A zománcozás gépesítésének és egyes részfolyamatok automatizálásának feltételei. Az alapzománc felviteli módszereinek áttekintése. A fedőzománcot — főképpen edények esetében — még sok helyen szórással vagy kézzel viszik fel az ezzel járó nehézségek. Az automatikus zománcszórás sík felületekre egyoldalú zománcozás esetében már sok helyen alkalmazták. Komplikáltabb formájú termékeknél több szórópisztoly szükséges, ezek helyes beállítása már nehezebb és időigényesebb. Gyakori a kézi irányítású szórópisztoly. A gépesített fedőzománc felvitel feltételei. A norvég Trallfa cég egykarú zománczó robotjának ismertetése (mágnesszalagos programozással).

ETO: 666.3.032.65

666.646

Kalin, E.: *A falburkolólap prések gazdaságos alkalmazásáról*. 24—26. old.

A 150×150 mm-es falburkolólapok formázására szolgáló két- és négymatricás préseket hasonlították össze. Az összehasonlítás

eredménye szerint a kétmatricás prés a gazdaságosabb. A négymatricás gép hátrányai: 1. a nyomóerő egyenetlenül oszlik el, így a csempe minősége rosszabb. 2. nagyobb a massa- illetve anyagigénye 3. a teljesítményhez képest nem kisebb a helyigénye. 4. gyakoribb az állásidő 5. nem takarítható meg vele élő munkaerő. 6. a nagy préseknél külön beruházási költséget jelent a daru. 7. a nehéz traverszek rezgésüket átadják az épületnek 8. javításoknál a karbantartó személyzet nagy fizikai megterhelésnek van kitéve. 9. a felhasználhatóság kisebb. Padlóburkolólapok esetében elvileg ugyanez a helyzet.

SZKLO I CERAMIKA

Varsó, 1974. 11. sz.

ETO: 666.291.3

Marcinska-Zygadlo, M.: *Kerámiai pigmentek osztályozása*. 340—343. old.

Kidolgozta a kerámiai pigmentek új osztályozási módszerét. Az osztályozást néhány ásvány kristályszerkezete alapján végzi el, melyek a következők:

spinel I. ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$),

spinel II. ($2\text{ZnO} \cdot \text{TiO}_2$),

cirkon, gránát, korund, mullit, willemint. Az osztályozást a szintben végzik: típus, csoport, alcsoport, osztály. Az osztályozás a szerkezeti tulajdonságokon alapul. Minden tulajdonságot szám jelez. Valamennyi pigment négyjegyű számmal írható le. A számjegyek az osztályozás egy-egy szintjét jelzik. A jelzés alkalmas a komputer memóriájába táplálásra is.

ETO: 961.343:69.003.12

Mietlinski, Z.: *Csempegyártáshoz szükséges tőke meghatározásának komplex módszere*. 344—47. old.

A szerző komplexen vizsgálja azon beruházási tőke nagyságát, mely nemcsak a csempegyártáshoz szükséges, hanem valamilyen kapcsolódó tevékenységhez. Kiindul a kibányászott nyersanyag egységnyi súlyára számított laboratóriumi költségből, figyelembe veszi a csempék használatakor szükséges anyagokat, pl. cement, mész, homok, kavics. Számításba veszi a nyersanyag és a készcsempe szállítási költségét. A tüzelőanyag és energia-költségeket a segédanyagoknál is figyelembe veszi.

SZTROITEL'NŰE MATERIALŰ,

Moszkva, 1975. 1. sz.

ETO:666.92.041.548.004.69

Vinogradov, V. V.—Monasztürev, A. V.: *Mészégető aknakemencék rekonstrukciójának tapasztalata.* 8—10. old.

Két földgázzal üzemelő mészégető aknakemence rekonstrukciójával kapcsolatos tapasztalatokat ismeretetik. Kidolgozták és alkalmazták a gázszerű tüzelőanyag beadásának és elégetésének új szisztémáját, amely új konstrukciójú lég-hűtéses, fűvókás, konzolos égők alkalmazásán alapszik. A kemencék teljesítménye lényegesen nagyobb a tervezettnél, a fajlagos tüzelőanyag-felhasználás $22\frac{0}{10}$ -kal csökkent, a mész minősége javult.

ETO:666.7—413

Kalugina, L. V.—Smakov, V. D.: *Nagyméretű kerámiai blokkok homokos agyagokból.* 23—24. old.

Sovány, homokos agyagok felhasználási lehetőségét kutatták falazóanyagok előállítása céljából. Kimutatták, hogy különböző ada-

lékok (pl. gipsz-félhidrát) és egyéb felület-aktív adalékoknak az összetételbe való adagolásával, továbbá a massa reológiai és szárítási tulajdonságainak a figyelembevételével történt kiválasztásával, nagyméretű kerámiai blokkok előállításához az altáji homokos agyagok felhasználhatók.

SZILIKOTECHNIK

Berlin, 1974. 12. sz.

ETO:666.94.052.2:621.928.9

Haubold, S.—Schnedelbach, G.—Kranerohl, D.: *Az USZ 4500 osztályozóval szerzett tapasztalatok különböző cementmalmoknál.* 402—406. old.

Az első külső ventilátorral és ciklon-leválasztóval ellátott üzemi osztályozókat (ZAB, Dessau gyártmány) különböző berendezésekhez kapcsolva próbálták ki. Az első kapcsolási variációban az osztályozót egy cementörlo berendezéshez kapcsolták. Itt az osztályozási funkció mellett a malomból eltávozó levegő portalanítása is a feladata. Ebben a kapcsolási esetben az osztályozó leválasztási

eredményét az osztályozó levegőjének nagy porterheltsége negatívan befolyásolja. A második kapcsolási variációban a malom levegőjét egy közbeiktatott leválasztó tisztítja. Ennek a „daráját” feladják az USZ 4500-as leválasztóra. A két kapcsolási variáció eredményeinek összehasonlítása.

ETO:666.91

Mtschedlow-Petrosian, O. P.—Uscherow-Marschak, A. B.: *A gipsz minőségének termo-kinetika megítélése.* 407—408. old.

A gipsz kötőanyagok szilárdulási folyamata és a hőfejlődés kinetikája közötti összefüggés lehetővé teszi a hőfejlődés mérési adatainak felhasználását a gipsz minőségének megállapítására. Vizsgálták az artjomovszki üzemben a gipsz előállítás technológiai paramétereinek a hatását a kötés hőfejlődésének kinetikájára, a fizikai-mechanikai jellemzők vonatkozásában. A kísérlet során egy izotermikus differencia-mikrokolorimétert használtak. A kísérleti eredmények ismertetése. Szükséges a gipszszilárdulás termokinetikai vizsgálatának további folytatása, és olyan kalibrációs minták létrehozása, melyekkel a gyártási folyamat operatívan irányítható, az adott minőségi értékek biztosításával.

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.

*75 5., 6543 Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.

F. v.: Povárnny 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. 140. Budapest 62. Előfizetési díj: negyedévre 22,50 Ft; félévre 45,— Ft; egyes szám ára: 7,50 Ft.

SZÁRÍTÓELJÁRÁS

de **EGYSZERŰEN!**

A PM-hőcserélő a szárítóeljárásos cementgyártásban áttekinthető elvet (ellenáramlásos hőátadás) és tudatosan egyszerű építési módot teremt meg. Az önálló szerkezet csökkenti az építési költségeket. A sima ellenáramakna egyszerű kifalazást és — szemben az osztott építésű hőcserélőkkel — alacsonyabb dilataciót (és teljes tömítettséget) jelent. A teljes berendezés igen kevés tapadásérzékeny hellyel rendelkezik.

Egyszerű,

de **NAGY TELJESÍTMÉNYŰ**

ez a rendszer, melyben a forró füstgázok a hőcserélőaknába érintőlegesen lépnek be, és ezzel az intenzív hőátadáshoz szükséges, jelentős légkeveredést érünk el. Ez által a terminus hatások rendkívül magas, és a füstgáz nyomásesése rendkívül csekély lesz.

Nagy teljesítményű,

emellett **GAZDASÁGOS**

Ilyennek bizonyult a PM-hőcserélő egy régi cementgyár korszerűsítésénél. A kemence teljesítménye 65%-kal növekedett, az üzemanyag felhasználása mintegy felével csökkent. Az itt gyűjtött tapasztalatok most egy **300—3300 t/nap teljesítménytartományba eső kemence — és hőcserélősornál** rendkívül hasznosnak bizonyultak.

Az új berendezések, berendezés-bővítések és korszerűsítések — amelyekkel a PRAGOINVEST a cementipart ellátja — egyszerűek, nagy teljesítményűek és gazdaságosak. Kérje részletes dokumentációinkat.

Gyártó:

PŘEROV MACHINERY



Exportáló:

pragoinvest

PRAHA 9,
ČESKOMORAVSKA 23
CSEHSZLOVÁKIA

