

302.935
17
1975



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

9

XXVII. ÉVFOLYAM
BUDAPEST, 1975 SZEPTEMBER
EPITAA 27 (9) 321–360 (1975)

A mész- és cementipar,
az üvegipar,
a finomkerámia, a téglá-
cserép- és kő-kavicsipar,
a szigetelőanyagok 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
Pallos Imre
Szentmártony Gusztáv
Dr. Székely Ádám
Dr. Tamás Ferenc
Dr. Tóth Kálmán
Träger Tamás

TARTALOM

Tóth Kálmán—Wojnarovitsné Hrapka Ilona: A perlit-duzzadás és aprózódás mechanizmusának vizsgálata	321
Vajda Zoltánné: Építőanyagok természetes radioaktivitása, mérési módszerek és eredmények	327
Szy Dénes-Boros László: Az építőanyagból eredő sugárdózis és mérésének kérdéséről	329
Koblinger László: Lakóterek természetes gamma-sugárterhelésének a számítása Monte Carlo módszerrel	332
Fehér István—Gémesi József—Tóth Árpád: A népesség természetes radioaktív izotópoktól származó sugárterhelésének vizsgálata hazánkban	334
Juhász Zoltán: Újabb eredmények a mechanokémiai reakciók kinetikájának kutatásában	337
Bernhardt, C.—Heegn, H.: Kvarc és mészkő mechanikai aktiválása különböző típusú laboratóriumi malmokban	343
Menyhártné Kocsis Margit: Aprítás és anyagszerkezet-változás sugármalomban ..	348
Eibisch, R.—Haubol, S.—Schnedelbach, G.: Új diszpergáló berendezés szórótányéros szélosztályozóhoz	353
Próbaüzemle a Hejőcsabai új cementgyár	357
Lapszemle	326, 333, 336, 360

СОДЕРЖАНИЕ

Том, К.—Вайнаровичне, Х. И.: Исследование механизма вспучивания и измельчения перлита	321
Вайда Золтанне: Естественная радиоактивность строительных материалов, методы измерения и результаты	327
Си Денеш-Борош Ласло: Дозы излучения строительных материалов и вопросы измерения	329
Коблингер Ласло: Расчет нагрузки естественного гамма-излучения жилищных площадок методом Монто-Карло	332
Фехер Иштван—Гемеси Йозеф—Том Арпад: Испытание нагрузки населения от естественных радиоактивных изотопов в Венгрии	334
Юхас Золтан: Новейшие результаты в области исследования кинетики механохимических реакций	337
Бернхардт, Г.—Хеггн, Х.: Механическое активирование кварца и известняка в различных лабораторных мельницах	343
Меньхартне Кошиш Маргит: Измельчение и изменение материальной структуры в струйных мельницах	348
Эйбиш, Р.—Хауболь, Ш.—Шнедельбах, Г.: Новое диспергирующее оборудование к сепаратору с разбрасывающей тарелкой	353

INHALT

Tóth, Kálmán—Frau Wajnarovits Hrapka, Ilona: Untersuchung des Bläh- und Zerkleinerungsvorganges von Perlit	321
Vajda, Zoltánné: Natürliche Radioaktivität der Baustoffe, Messverfahren und Ergebnisse	327
Szy, Dénes—Boros, László: Die aus Baustoffen stammende Strahlendosis und über die Fragen ihrer Messung	329
Koblinger, László: Berechnung der natürlichen Gammastrahlenbelastung von Wohnräumen mit dem Monte Carlo Verfahren	332
Fehér, István—Gémesi, József—Tóth, Árpád: Die Untersuchung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch natürlichen radioaktiven Isotopen in Ungarn ..	334
Juhász, Zoltán: Neue Ergebnisse in der Erforschung der Kinetik mechanochemischer Reaktionen	337
Bernhardt, C.—Heegn, H.: Mechanische Aktivierung von Quarz und Kalkstein in Labormühlen verschiedener Typen	343
Frau Menyhárt Kocsis, Margit: Zerkleinerung und Stoffstrukturänderungen in Strahlmühlen	348
Eibisch, R.—Haubol, S.—Schnedelbach, G.: Neue Disporgiereinrichtung für Streuwindichter	353

CONTENTS

Tóth, Kálmán—Wojnárovitsné Hrapka Ilona: Investigation of the Mechanism of Pearlite-Swelling and Breakage	321
(Mrs.) Vajda, Zoltánné: Natural Radioactivity of Building Materials, its Measurement, and Some Results	327
Szy, Dénes—Boros, László: Radiation Dosimetry of Building Materials	329
Koblinger, László, Calculation of Natural Gamma-Radiation Load of Living Spaces by a Monte Carlo Method	332
Fehér, István—Gémesi, József—Tóth, Árpád: Measurement of the Radiation Load by Natural Radioactive Isotopes in Hungary	334
Juhász, Zoltán: New Results in the Kinetics of Mechanochemical Reactions	337
Bernhardt, C.—Heegn, H.: Mechanical Activation of Quartz and Limestone in Different Laboratory Mills	343
Kocsis, Margit (Mrs. Menyhárt): Comminucation and Structural Changes in Jet Mills	348
Eibisch, R.—Haubol, S.—Schnedelbach, G.: A New Dispersing Apparatus for Revolving Table Air Classifiers	353

A perlit-duzzadás és aprózódás mechanizmusának vizsgálata

TÓTH KÁLMÁN — WOJNAROVITSNÉ HRAPKA ILONA
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

1. Bevezetés

Előző munkákban a perlit-duzzasztás legfontosabb paraméterei: a duzzasztási hőmérséklet, időtartam, valamint a perlitvíztartalom mennyiségének a duzzadóképessegre gyakorolt hatását vizsgáltuk [1]. Megállapítottuk, hogy a duzzasztott termék halmazsűrűségén túlmenően annak granulometria összetétele és önszilárdsága is nagy gyakorlati jelentőségű. A duzzasztott termék granulometria összetételét számottevően befolyásolja a nyersperlit ún. *duzzasztási, vagy duzzadási aprózódási hajlama*. E tulajdonság meghatározására vizsgálati módszert dolgoztunk ki és laboratóriumi, valamint üzemi feltételek között meghatároztuk néhány magyar perlit-típus aprózódási mérték-számát [2].

Újabb kutatásaink során a duzzadási aprózódás mechanizmusát vizsgáltuk, főleg a perlitvíztartalom változtatása és a hirtelen — hőlökés jellegű — hőkezelés okozta szerkezeti elváltozások megfigyelésére alapozva.

2. A vizsgálatok anyagai, eszközei, módszerei

Vizsgálati anyagként a pálházai perlitbánya korábbi vizsgálatok során jól megismert két szélső típusát választottuk ki:

1 *P*-jelű, kis aprózódási hajlamú perlitet,

2 *P*-jelű, nagy aprózódási hajlamú perlitet.

Nyers granulometria összetétel: azonosan 0,50—1,60 mm, ezen belül mindkét minta teljesen azonos részfrakciókból összetett. A nyers szemceszám: „ n_1 ” meghatározásra került.)

A perlitvíztartalom meghatározása, ill. módosítása részleges dehidratációval előzetesen egyensúlyi nedvességállapot eléréséig szabályozott klímájú térben tárolt mintákon történt. Az alapállapoton kívül kíméletes szárítással további két dehidratációs fokozatot állítottunk be.

A fenti módon előkezelt anyagminták egy részét a duzzasztás optimális feltételeit betartva laboratóriumi perlitduzzasztó kemencében kiduzzasztottuk, majd meghatároztuk a duzzasztott termék

litorsúlyát (ρ_{opt}), granulometriai összetételét és szemceszámát (N_i).

A mért adatokból kiszámítottuk az aprózódás mértékszámát az:

$$A = \frac{\sum N_i}{\sum n_i}$$

összefüggés alapján.

A mért és a számított adatokból nyerhető az aprózódási mértékszám (A), mint a maradék perlitváz (W) függvénye:

$$A = f \cdot (W)$$

Az egyensúlyi (W_{max}) és a dehidratálással csökkentett perlitváz tartalmú minták másik részét a *tényleges duzzasztási hőkezelés sebességét megközelítő hirtelen hőlökésnek vetettük alá 700 °C-on*. A hirtelen hőlökést oly módon biztosítottuk, hogy egy 700 °C-ra előmelegített nagy hőkapacitású téglakemencébe 0,2 g tömegű kis mintákat ejtettünk be, a felmelegedés időtartama kb. 1—2 sec volt.

A 700 °C hőmérsékletetartart azon megfontolásból választottuk, hogy a perlitüveg feltétlenül a *rideg-piroplasztikus állapotváltozás hőmérséklet határa alatt maradjon*, mivel a piroplasztikus állapot minden valószínűség szerint a duzzadás révén módosíthatja a rideg állapotban bekövetkezett szerkezeti elváltozásokat. A hirtelen hőlökésnek alávetett minták szerkezetét scanning elektronmikroszkópos módszerrel vizsgáltuk.

A scanning elektronmikroszkópos vizsgálat eszköze, előkészítés

A vizsgálatokat JSM-35 típusú scanning elektronmikroszkóppal a következő vizsgálati feltételek mellett végeztük:

üzemmód: szekunder — elektronkép,

gyorsító feszültség: 25 kV,

mintatartó szögállása: 20°.

Mintaelőkészítés:

A vizsgálandó mintákat „vezető ezüst” segítségével közvetlenül a mintatartóra preparáltuk. A minták vezetővé tétele és a kontraszthatás növelése céljából, felületére ($5 \cdot 10^{-3}$ Torr-os vákuumban) 100—200 Å vastagságú grafit-, majd aranyréteget párologtattunk.

3. A vizsgálati eredmények ismertetése

A legfontosabb vizsgálati eredményeket az 1. táblázat foglalja össze.

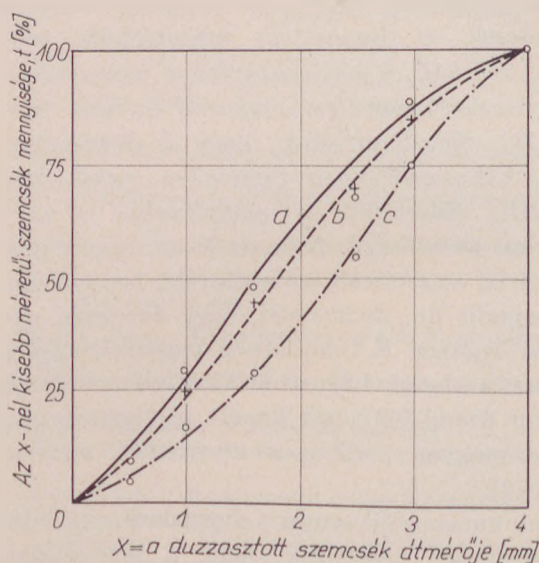
Az azonos granulometriai összetételű, mind az alapállapotú, mind a különböző mértékben dehidratált állapotú nyersperlitekből duzzasztás után

1. táblázat
A vizsgálati eredmények összesítő táblázata

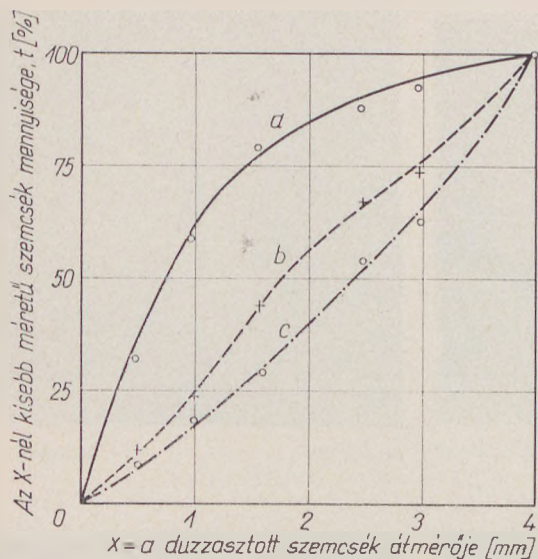
A vizsgálatok részletezése: dehidratáció, duzzasztás, aprózódási vizsgálat, hőlökéses hőkezelés, scanning felvétel	1 P-jelű, kis aprózódási hajlam	2 P-jelű, nagy aprózódási hajlam
<i>Alapállapot scanning kép:</i>		
— kis nagyítás	1a felv.	1b felv.
— közepes nagyítás	—	—
— nagy nagyítás	2a felv.	2b felv.
Összes perlitváz-tart. (W_a), t. %	3,35	3,44
Duzzasztott perlit halmazsűrűsége (ρ_a), g/l	110	87
A duzzasztott perlit granulometriai összetétele	1a ábra	2a ábra
Aprózódási mértékszám (A_a)	112	401
A 700 °C-os hőlökésnek kitett minták scanning felvételei:		
— kis nagyítás	3a felv.	3b felv.
— közepes nagyítás	4a felv.	4b felv.
— nagy nagyítás	—	5b felv.
<i>Első dehidratációs lépés</i>		
Maradó perlitváz-tart. (W_1), t. %	2,60	2,70
Duzzasztott perlit halmazsűrűsége (ρ_1), g/l	105	72
A duzzasztott perlit granulometriai összetétele	1b ábra	2b ábra
Aprózódási mértékszám (A_1)	47	68
A hőlökésnek kitett minták scanning felvételei:		
— kis nagyítás	6a felv.	6b felv.
— közepes nagyítás	7a felv.	7b felv.
— nagy nagyítás	—	—
<i>Második dehidratációs lépés</i>		
Maradó perlitváz-tart. (W_2), t. %	1,74	1,83
Duzzasztott perlit halmazsűrűsége (ρ_2), g/l	124	88
A duzzasztott perlit granulometriai összetétele	1c ábra	2c ábra
Aprózódási mértékszám (A_2)	42	36
A hőlökésnek kitett minták scanning felvételei:		
— kis nagyítás	8a felv.	8b felv.
— közepes nagyítás	9a felv.	9b felv.
— nagy nagyítás	—	—

igen eltérő granulometriai összetételű duzzasztott perlitiek képződtek (1. ábra, 2. ábra).

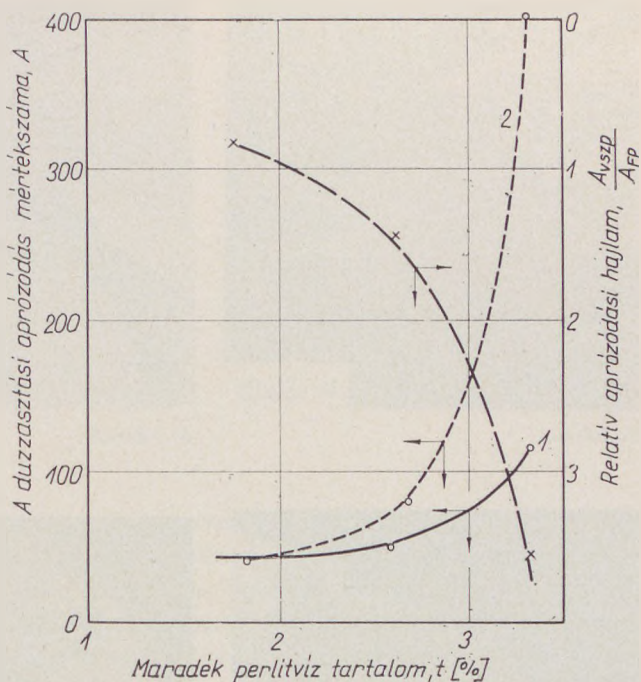
A lépcsőzetes dehidratálás mindkét perlitfajánál fokozatosan durvább granulometriai összetételt eredményezett. A szemszerkezeti összetétel durvulásának mértéke — a dehidratáció hatására — kisebb mértékű az egyébként is viszonylag kis



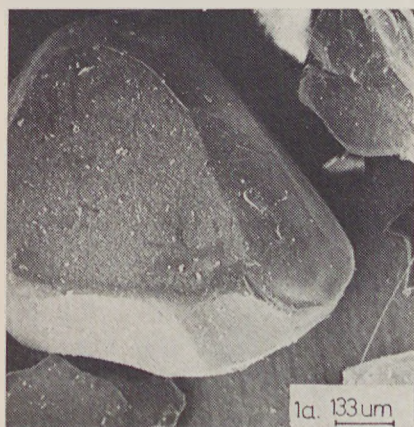
1. ábra. Az 1 P-jelű, kis aprózódási hajlamú pálházi perlitből előállított duzzasztott perlitiek granulometriai görbéi
(a) $W_a = 3,35\%$, b) $W_1 = 2,60\%$, c) $W_2 = 1,74\%$



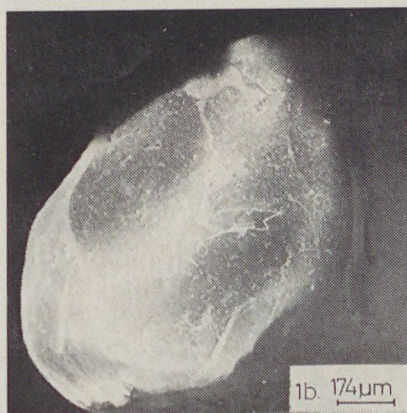
2. ábra. A 2 P-jelű, nagy aprózódási hajlamú pálházati perlitből előállított duzzasztott perlitek granulometriai görbéi (a) $W_a = 3,44\%$, b) $W_1 = 2,7\%$, c) $W_2 = 1,83\%$)



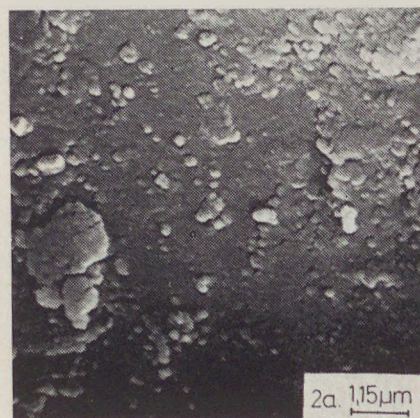
3. ábra. Az aprózódási hajlam (A), ill. a két szélső perlit-típus viszonylagos aprózódási hajlamának (A_v/A_1) függése a maradék perlitvíz tartalomtól (1. 1 P-jelű, 2. 2 P-jelű nyersanyag)



1a felvétel



1b felvétel



2a felvétel



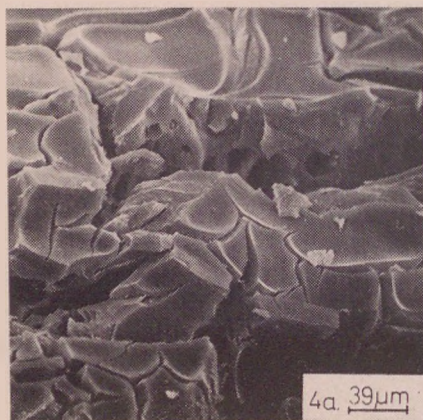
2b felvétel



3a felvétel



3b felvétel



4a felvétel



4b felvétel



5b felvétel



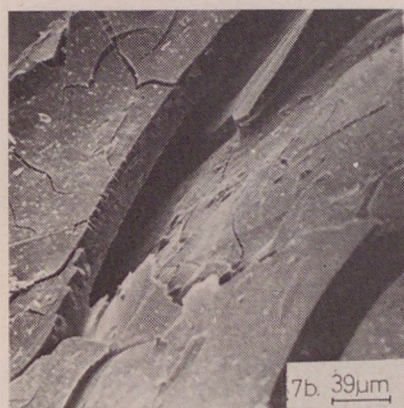
6a felvétel



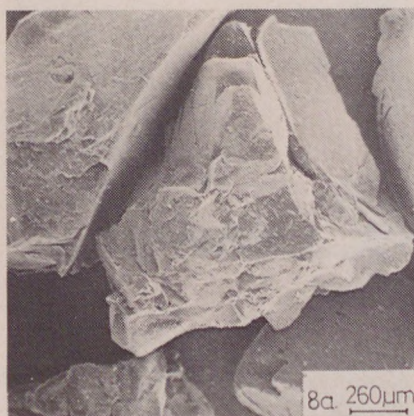
6b felvétel



7a felvétel



7b felvétel



8a felvétel

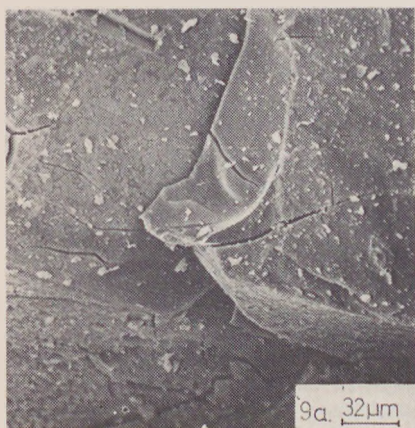


8b felvétel

2 P-jelű perlitnél. Ez utóbbiaknál az aprózódási hajlam a maradék perlitvíz tartalom függvényében gyorsabb csökkenést mutat, s ezért bizonyos dehidratációs állapotban egyenlővé válik az 1 P-jelű perlit aprózódási hajlamával. Ezen viselkedést szemlélteti a 3. ábra. Megállapítható tehát, hogy a perlitvíz tartalom mennyisége számottevően befolyásolja az ún. duzzadási aprózódási hajlamot, s ezen keresztül a duzzasztott perlit granulometriai

összetételét. Ezen összefüggés nagy technológiai jelentőségű, alkalmazásával a duzzasztási technológia a durvább, vagy szükség esetén a finomabb szemszerkezetű duzzasztott termék nagyobb kihozatala irányába befolyásolható.

A duzzasztási technológiák közös jellemzője, hogy a nyersperlit szemecéket rendkívül gyors (1–10 sec időtartamú) hőkezeléssel melegítik fel a duzzadás hőmérsékletére (900–1300 °C). E gyors



9a felvétel



9b felvétel

folyamatok iparilag csakis nagy sebességgel áramló rendszerekben valósíthatók meg, ahol a szemcsék egymással és a duzzasztó berendezés falával is sokszor ütközhetnek. Az aprózódás tehát igen összetett jelenség, amelyben a hirtelen hőközlés hatására felszabaduló vízgőz szinte robbanásszerűen ható repesztő-tördelő hatása még a perlitüveg rideg állapotában ($T < 700^\circ\text{C}$) érvényesül. *E hatást szemléltetik a 2. fejezetben leírt módon hőkezelt perlit-minták scanning elektronmikroszkópos felvételei.*

A scanning felvételek értelmezése

Az alapállapotú 1 P és 2 P mintákról készített nagynagyítású felvételek (a 2a, 2b felvételek) jól mutatják, a mikrostrukturálisan egészen tömör szerkezetű 1 P mintához képest a 2 P jóval bontottabb, lazább szerkezeti felépítését, ez a hőkezelt 1 P mintákkal szemben a 2 P sorozaton belül, a hőlokés hatására kialakuló mikroszerkezetre is jellemző (lásd: 5b felvételt).

A különböző perlitminták esetében a hirtelen hőlokés hatására bekövetkező szerkezeti változások a scanning felvételeken jól nyomon követhetők.

Mindkét sorozat esetében megállapítható, hogy a minták repedezettsége és ezáltal aprózódási hajlama a hőlokéseknek kitett perlit víztartalmának csökkentésével fokozatosan csökken. Egyre kevesebb a kialakuló repedések által körülhatárolt önálló részek száma (lásd: 3a, 4a, 6a, 7a, 8a, 9a, ill. 3b, 4b, 6b, 7b, 8b, 9b felvételeket).

A két sorozat hasonló maradék perlitvíz tartalmú mintáin végbement változásokat összevetve, különösen az alapállapotú mintákon végzett hőlokés hatására figyelhető meg szembeötlő változás. Az ennek megfelelő 1 P és 2 P mintákra egyaránt a szemcsék nagyon erős repedezettsége jellemző (lásd: 3a, 4a, ill. 3b, 4b felvételeket).

Az egész szemcsén végighúzódnó nagy repedések kb. $80\text{--}70\ \mu$ szélesek. Az 1 P sorozat mintáját tekintve a szemcsét behálózó mikropredések ($8\text{--}1\ \mu$ szélességűek) által körülhatárolt részek közepes átmérője $90\text{--}16\ \mu$ között változik. A 2 P sorozatban ennek megfelelőjére a nagyobb mértékű repedezettség hatására kialakuló nagyobb aprózódás a jellemző (az egyes részecskék közepes átmérője csak kb. $5\text{--}10\ \mu$).

Összefoglalóan az 1 P és 2 P sorozatról készített megfelelő felvételek alapján egyértelműen a 2 P sorozat szemcséinek erősebb repedezettsége, nagyobb aprózódási hajlama figyelhető meg, ami az 1. táblázatban foglalt egyéb mérési eredményekkel összhangban van.

4. Az eredmények értelmezése, következtetések

Az előzőekben ismertetett vizsgálati eredmények alapján a perlitduzzasztás, ill. a duzzadási aprózódás folyamata az alábbiak szerint valószínűsíthető:

1. fázis: kb. max. 700°C -ig a perlitüveg rideg állapota a jellemző. A hirtelen felmelegítés, hőlokés hatására a perlit szemcsék összeropedeznek, a repedés mértéke a teljes széteséstől a szubmikroszkópikus méretű hajszálrepedésekig terjedhet. A fellazult szerkezet szétesését ipari kemencében elősegítheti a nagy áramlási sebesség és a sok ütközés. *Az első fázis fő jellemzője: erős aprózódás (mértékét a perlitvíztartalom beállításával lehet szabályozni), de duzzadás még nem lép fel.*

2. fázis: kb. 700°C -tól a duzzadás opt. hőmérsékletén keresztül a hűlő szakasz kb. 750°C -ig terjedő része. E szakaszra a piropasztikus állapot kiterjedése, egyre fokozódó, majd csökkenő sebességű duzzadás a jellemző. Az aprózódás jelensége e szakaszban minimális lehet, a viszkózus, piropasztikus állapotú perlit szemcséje mind a belső erő-

hatásokra (gőznyomás növekedés), mind a külső hatásokra (pl. mechanikai ütközés) plasztikus alakváltozással (duzzadás, ill. deformáció) reagál. A második fázis fő jellemzője: a plasztikus alakváltozás (duzzadás) aprózódás nélkül.

3. fázis: A hűlőszakasz kb. 750 °C-tól szobahőmérsékletig tart. A piropasztikus állapotból a rideg állapotba való átmenet, ill. a kiduzzadt perlit szemcsék ismét rideg anyagként való viselkedése a jellemző. Az aprózódás ismét előtérbe lép, de az 1. fázisra jellemző, belső nyomásviszonyok okozta aprózódással (A_b) szemben e fázisra az áramlás okozta mechanikai ütközésekből, valamint a hirtelen lehűlés okozta repedésekből adódó aprózódás a jellemző, amit megkülönböztetésül külső hatások okozta aprózódásnak nevezhetünk (A_k). A nyers, ill. kiduzzasztott perlit granulometriai adataiból számított aprózódási mértékszám a két részfolyamatra jellemző aprózódás eredője:

$$A = A_b + A_k$$

Laboratóriumi kemencében végzett duzzasztásnál kíméletes lehűlés esetén A_k elhanyagolható. Az ilyen esetben mért aprózódási szám: $A = A_b$, azaz az anyagjellemzőként kezelhető aprózódási hajlam mérőszámához lehet eljutni.

IRODALOM

- [1] Dr. Tóth K.: Vizsgálatok a perlit duzzadóképeségének laboratóriumi meghatározására. *Építőanyag*. 1972. No. 8. p: 281—287.
- [2] Dr. Tóth K.: Vizsgálatok a perlit duzzadási aprózódásának meghatározására. *Építőanyag*. 1973. No. 8. p: 308—312.

Tóth Kálmán—Wojnarovitsné Hrapka Ilona: A perlit-duzzadás és aprózódás mechanizmusának vizsgálata

A duzzasztott perlit fontos minőségi jellemzője a halmoz granulometriai összetétele. A granulometriai összetételt befolyásolja a nyers perlit ún. duzzadási aprózódási hajlama.

A tanulmány megállapítja, hogy az aprózódási hajlam a perlitvíz tartalom módosításával, optimalizálásával csökkenthető. Két szélső perlit típuson végzett kísérleti

munkák (részleges dehidratáció, duzzasztás, aprózódási mértékszám meghatározás, scanning elektronmikroszkópiai vizsgálatok stb.) értékelése alapján a szerzők ismertetik a perlit duzzadás, ill. aprózódás együttes mechanizmusát magyarázó nézeteiket.

Tom, K.—Вайнаровитиче, Х. И.: Исследование механизма вспучивания и измельчения перлита

Важной качественной характеристикой вспученного перлита является зерновой состав массы. Зерновой состав оказывает влияние на склонность перлита к т. н. измельчению при вспучивании. Авторы делают заключение, что склонность к измельчению может быть уменьшена за счет изменения содержания воды перлита, оптимизации. Эксперименты, проведенные с двумя резко различными типами перлита (частичная дегидратация, вспучивание, определение показателя измельчения, анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа, и т. д.), а также их оценка, позволили авторам сделать выводы в отношении совместного механизма вспучивания и измельчения перлита.

Tóth, Kálmán—Frau Wojnarovits Hrapka, Ilona: Untersuchung des Bläh- und Zerkleinerungsvorganges von Perlit

Die Korngrößenverteilung des Haufwerks ist eine wichtige Charakteristik für die Güte des geblähten Perlits. Die Korngrößenverteilung wird durch die sog. Blähungs-Zerkleinerungsneigung des rohen Perlits beeinflusst.

Es wurde festgestellt, daß die Zerkleinerungsneigung durch die Änderung, der Optimierung des Perlitwassergehaltes verringert werden kann. Aufgrund der Auswertung der, an zwei extremen Typen von Perlit durchgeführten Versuchsarbeiten (partielle Dehydratation, Blähung, Bestimmung der Kennzahl der Zerkleinerung, Scanning elektronenmikroskopische Untersuchungen, usw.), werden die, den gemeinsamen Mechanismus der Blähung, bzw. der Zerkleinerung des Perlits erklärende Anschauungen erörtert.

Tóth, Kálmán—Wojnarovitsné Hrapka Ilona: Investigation of the Mechanism of Pearlite-Swelling and Breakage

The granulometric composition of the aggregation is an important qualitative characteristic of the swollen pearlite. The granulometric composition is influenced by the so-called „swelling breakage-tendency” of raw pearlite. It is stated that this tendency can be reduced by the modification and optimalization, resp. of pearlite-water content. On the base of the evaluation of experimental tests (partial dehydration, swelling, determination of the breakage-index, SEM-investigations, etc.) carried out on two extreme pearlite types the authors describe their views explaining the joint mechanisms of pearlite swelling and breakage.

Lapszemle

SZTEKLO I KERAMIKA,
Moszkva, 1975. 3. sz.

ETO:666.774:620.192

Gorbacseva, M. I.—Zajonc, R. M.:
Saválló-termékek duzzadásának
meghatározási módszere. 32—33.
old.

Adott massaösszetételű kerámiái saválló termékek víz és 70

százalékos H_2SO_4 hatására duzzadnak. Kimutatták a saválló termékek duzzadásának a vizes kénsav-oldat, a felvett víz és az OH csoportok (Si-OH és Al-OH) mennyiségétől való függését hevítésnél. Ennek alapján képletet dolgoztak ki a saválló termékek maximális duzzadási nagyságának gyorsított meghatározására.

Ankét az építőanyagok természetes radioaktivitása és a lakosság sugárterhelése tárgyában

Az Eötvös Lóránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoportja és az Építőipari Tudományos Egyesület Környezetvédelmi Bizottsága a lakosság építőanyagok természetes radioaktivitásától eredő sugárterhelésével kapcsolatos hazai kutatások eredményeinek áttekintésére 1975. február 17-én ankétot rendezett.

Az Építőipari Tudományos Egyesület felkérésére Rácz Márton (Építéssügyi Szabványosító Központ) rövid bevezető előadás keretében válaszolt a lakóépületekkel kapcsolatos problémákat a létrehozó ipar és a használó ember oldaláról.

Az ankéton elhangzott előadások meggyőzték a népes hallgatóságot, hogy a különböző intézetekben folyó munkák eddigi eredményei alapján mód van a széles körű vizsgálatok megindítására, ami, megfelelő intézkedésekkel, az ionizáló sugárzás környezeti ártalmának csökkentését eredményezné.

Az ankét rendezői úgy gondolták, hogy az ankéton elhangzott szakelőadások az építőanyagipar szakembereinek széles tábort érdeklí, ezért az előadóktól összegyűjtötték az előadások szövegét, melyet a rendező társulatok kérésére a lapunk az alábbiakban gyűjteményesen közöl.

Építőanyagok természetes radioaktivitása, mérési módszerek és eredmények

VAJDA ZOLTÁNNÉ

Építéstudományi Intézet, Budapest

A több és gazdaságosabb építkezésekhez nagymennyiségű és olcsó nyersanyagra van szüksége az építőiparnak. Az anyagbővítés egyik lehetséges megoldásának látszott az erőművekből kikerülő pernyék, salakok felhasználása pl. adalékanyag-nak, vagy kötőanyagnak. Ismeretes, hogy a legtöbb ásványi anyag különböző mértékben tartalmaz radioaktív elemeket. Ezek a feldolgozás során koncentrálnak a keletkező termékekben, vagy a hulladékban. Így pl. a szén égetésekor a pernyében, illetve kohósalakban.

Ezen előzmények alapján kezdtük el az építő-

ipar számára hasznos pernyék és salakok radioaktivitásának vizsgálatát. A probléma 1957-ben vetődött fel először. Az Építéstudományi Intézetben Galambos Sándor ebben az időben dolgozta ki az ólomtoronyba helyezett és a kérdéses anyaggal körülvevő GM csöves mérési módszert. Hitelesítő preparátum hiányában az eredményeket a hagyományos épületnél felhasznált dunai homokra kapott beütésszámokhoz viszonyította (cpm). A megvizsgált mintegy 14 fajta, az ország különböző helyéről származó pernye és salakminta közül az ajkai pernye 25-ször, a tatai pernye

6-szor, a bányai salak pedig 16-szor nagyobb aktivitásúnak mutatkozott, mint a dunai homok. A többiek aránya jóval kisebb volt.

Szükségesnek látszott tehát a jelentősen aktívabbnak mutató anyagok felhasználhatóságára vonatkozóan megkötést tenni, továbbá megkeresni azokat a feltételeket, amelyek a felhasználást lehetővé teszik. Az ÉVM 26/1960. sz. rendelet kimondja, hogy Ajka, Tataháza és Bányai környékéről származó pernyét és salakot lakásépítési célokra felhasználni nem szabad. A 10/1964. sz. kormányrendelet Vhr. 12. §-a kimondja; „Építőipari anyaggyártás céljára (pl. salakbetonhoz) salakot és pernyét csak az Építéstudományi Intézet előzetes kedvező szakvéleménye esetén és csak a szakvéleményben megjelölt célra szabad felhasználni.”

A probléma megnyugtató megoldása érdekében az ÉVM valamint az Egészségügyi Minisztérium illetékes szakemberei széles alapokon nyugvó országos természetes radioaktivitás vizsgálatokat javasoltak. Az országos felmérések személyi és műszerállományhiány miatt nem látszottak megvalósíthatónak.

Az ÉVM biztosította, hogy a kérdéses anyagokból azonos helyen és tájolási körülmények között kísérleti épületek létesüljenek egy inaktívnek tekinthető téglá épülettel együtt. A tataházi pernyéből, tataházi és ajkai pernyéből, valamint bányai salakból adott koncentrációval készült épületekben egy évig tartó rendszeres mérést végeztünk az OSSKI bevonásával, a helyiség dózisintenzitásának, valamint radonkoncentrációjának meghatározására.

A dózisintenzitás mérését RUP, valamint Szputnyik-típusú készülékkel végeztük. A pernyéből készült épületek belső légterében 18–22 $\mu\text{R/h}$, míg a salakból készült épületben 40 $\mu\text{R/h}$ dózisintenzitást mértünk.

A radon-koncentráció méréséhez az irodalomból is jól ismert szűrőes levegő mintavétel módszerét használtuk. A levegőt háztartási porszívó segítségével 16 rétegű gézszűrőn szívtuk át. Az átszívott levegő mennyiségét gázórával mértük. A szívássebesség 20 m^3/h volt. A 30 perces

szívási idő elteltével a gézszűrőt adott elrendezésben α -szcintillációs kristállyal rendelkező detektor alá tettük. Ismerve a szűrő hatásfokát, a mért bomlási termék felezési idejét, az adott szívási időhöz tartozó telítés aktivitás hányadot, az átszívott levegő mennyiségét, az időegység alatt megszámlált impulzust, valamint a hitelesítő preparátummal meghatározott számlálási érzékenységet a radonkoncentráció kiszámítható volt.

Az 1965–66-ban végzett folyamatos mérések eredményeit az egyszerűség kedvéért, az azonos helyen és tájolással készült tégláépületben kapott eredményekhez viszonyítjuk. A legnagyobb pernyekoncentrációjú épületben mért radonkoncentráció 60–90-szer volt nagyobb a tégláépülethez képest. A pernyekoncentráció közel $1/3$ -es csökkentése a radonkoncentráció viszonyt 22-szeresre csökkentette. A salakból készült épületben 33-szoros radonkoncentráció viszony adódott.

A folyamatos mérések során tapasztaltuk, hogy az időjárási viszonyok befolyásolják ugyan az eredményeket, de a helyiségben mért értékek és a külső, szabadterben mért értékek változása közötti kapcsolat azonban nem volt egyértelmű. A szabadtéri aktivitás csökkenése nem mindig eredményezte a belső aktivitás csökkenését (pl. szeles időjárás esete).

Ez időben tufabeton, porszénhamu és kohóhalsalak hozzáadásából készült lakóépületekben is mértünk és az eredmények megegyeztek a tégláépületben kapott eredményekkel.

A kísérleti épületekben végzett mérések eredményei alapján azt javasoltuk, hogy az 1960-ban kiadott ÉVM utasítás változtatás nélkül érvényben maradjon, azaz ajkai, tataházi pernyét és bányai salakot csak megfelelő ellenőrző mérés alapján és csak a megadott feltételek között szabad felhasználni.

Вайда Золтанне: Естественная радиоактивность строительных материалов, методы измерения и результаты

Vajda, Zoltánné: Natürliche Radioaktivität der Baustoffe, Meßverfahren und -ergebnisse

(Mrs.) Vajda, Zoltánné: Natural Radioactivity of Building Materials, its Measurement, and Some Results

Az építőanyagtól eredő sugárdózis és mérésének kérdéséről

SZYDÉNES*—BOROS LÁSZLÓ**

*Semmelweis Orvostudományi Egyetem Radiológiai Klinika, Budapest

** Magyar Tudományos Akadémia,

Orvosradiológiai Tanszéki Kutatócsoport, Budapest

Az egyes hazai építőanyagoknál észlelhető fokozott természetes radioaktivitásból (1. táblázat) eredő esetleges biológiai hatás miatt a felhasználhatóság néhány kérdésében évek óta tartó eszmecsere folyik a szakemberek körében.

Sajnos az elmúlt időszakban lefolytatott tájékoztató vizsgálatok nyomán csak szerény — bár igen értékes — eredmények születhettek. Lényeges kérdésekben nem került sor érdemi döntésre. Így pl. nincs egységes álláspont a lakosság megengedhető maximális sugárexpozícióját illetően. Emiatt nem születhetett döntés atekintetben sem, hogy milyen radioaktivitású és milyen paraméterekkel rendelkező építőanyag az, amit az építőipar felhasználhat és milyen feltételekkel. Holott, mindkettő nélkülözhetetlen a kérdés rendezésében.

1. táblázat (1, 2)

Vizsgált anyag és származási helye	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra
	pCi/g		
pernye, Pécs	~ 6	~ 20	5–8
Ajka	elhanyagolható	elhanyagolható	~ 70
Tata	< 4	< 15	~ 40
egyéb erőművek			≥ 1
téglaapor, Pécs	< 2	~ 15	< 2

A feladat fontossága könnyen belátható, ha arra utalunk, hogy egyszerűen kimutatható, hogy pl. az égetett agyagtégla természetes radiumtartalmánál — melyet alapértéknek tekinthetünk — egy nagyságrenddel nagyobb radiumtartalmú építőanyag valamely épületben már a természetes háttér értékével közel egyenlő dózist eredményezhet. (Ilyen értékű dózistöbbletet a népesség szempontjából megengedhető maximális dózisként értékelnek [3]). Továbbá, pl. a rádiumból keletkező és az építőanyagból az épületbe diffundáló radioaktív gáz (radon) rövidéletű bomlástermékei olyan tetemes dózist szolgáltathatnak

a tüdő szövetei számára, melyet figyelemre méltónak kell tekinteni [4].

Ilyen, a népességet érintő helyzet napjainkban könnyen előállhat. Adódik ez pusztán abból a tényből is, hogy korunk szükségszerűen megváltozott építési igényei miatt a cementipar, valamint a rohamosan átalakuló technológiájú építőipar nem jelentéktelen mennyiségben igényli azokat az egyébként értékes, jó minőségű alapanyagokat is, melyek számottevő természetes radioaktivitással rendelkeznek, (Lásd pl. 1. táblázat). Emiatt főként a tömeglakások kapcsán vetődhetnek fel az említett kérdések.

Az előzőekből kitűnik, hogy ha az építőanyagtól eredő dózistról beszélünk, nem lehet elkerülni, hogy ne foglalkozzunk a népesség megengedhető maximális sugárterhelésének kérdésével. Hazánkban ez vitatott, bár a lakóépületekre vonatkozó megengedhető maximális dózis értékére hangzottak el már különféle javaslatok [6, 7]. Be kell látni, hogy ilyen dózis-érték nélkül senki sem fogja tudni megítélni valamely mért, vagy számított dózistról, hogy adott körülmények között az „sok”, vagy „kevés”, „megengedhető”-e, vagy „nem megengedhető”? De azt sem lehet eldönteni, hogy valamely tervezett intézkedés hatására bekövetkező sugárexpozíció változás a népesség szempontjából milyen mértékig hasznos, a várható eredmény a ráfordított áldozattal arányban áll-e, vagy sem? Pedig ennek eldönthetősége igen fontos. Ismeretes, hogy világszerte fokozódik a nukleáris anyagok műszaki, technikai alkalmazása. Rohamos fejlődésűnek várható az energiaválság ellensúlyozását célzó nukleáris erőműépítési program [8]. Jelentőssé vált a népességnek az ionizáló sugárzás orvosi alkalmazásából eredő sugárterhelése [9, 10]. Ezek mindegyike részt követel a népesség sugárterhelhetőségéből. Ugyanakkor nálunk már csupán a medicínális eredetű sugárexpozíciót mai gondként kellene kezelnünk, miután hazánk különösen kiemelkedő a nagyszámú orvosi röntgenvizsgálat tekintetében [11, 12].

Sem az orvosi, sem a technikai alkalmazásról nem mondhatunk le. Nyilvánvaló, hogy fokozottan törekednünk kell arra, hogy elkerüljünk minden olyan újabb effektust, mely a népesség további genetikai sugárterhelését eredményezné, hiszen látható, hogy a jövőben az esetleg még „meglevő tartalék”-ra fokozottan szükségünk lehet.

Úgy hisszük, hogy e kérdés felvetésének indokoltsága még meggyőzőbb, ha a népességre vonatkozó megengedhető maximális dózis értéke körül jelenleg is élénk érdeklődéssel kísért gondolatokat vizsgáljuk. Ebből az is kitűnhet, hogy talán már nincs is ilyen, az újabb tartalék”, vagy ami van, azt műszaki és orvosi „igények” részére lefoglalt-nak kell tekinteni [10].

Jelenleg a népesség megengedhető maximális sugárexpozíciójára — nemzetközi javaslatként — két állásfoglalást vehetünk figyelembe. Az egyik szerint a népesség megengedhető maximális dózisául a természetes háttér értéke felett (mely általában 100—120 mrem/év) a természetes háttér értékével megegyező dózist kell tekintenünk [3], illetve a másik szerint évi 170 mremet [13], a generációs kornak tekinthető 18. életévet követő 30 év során; a természetes háttér és az orvosi eredetű dózison *felül*.

Az utóbbi javaslatot néhány év óta többen támadják. Feltételezik, hogy a kis dózisú, krónikus besugárzás esetén létezik ún. „küszöb-dózis”, vagyis a sugárhatással szemben a szervezetnek természetes védekezőképessége lehet. Ezért e szint emelését javasolják. A feltevés azonban ma sem tisztázott. Annyi viszont már bizonyított, hogy ha van is „küszöb-dózis” azt valahol 1 rem alatt kell keresnünk. Az elmúlt évtizedek röntgenvizsgálatainak tüzetes elemzése igazolta, hogy e m e r n é l a sugárzástól eredő dózis és annak biológiai következménye között 1 rem felett lineáris összefüggés áll fenn [14]. Sőt, úgy látszik, hogy ez a linearitás már 0,25 rem értéktől érvényesül [9], és ezért indokolt lenne a megengedett maximális dózis

csökkentése, illetve túlzottan nagy kockázatnak ítélik meg az évi 170 mrem dózist, a háttér és az orvosi alkalmazástól eredő dózison felül [9]. Helyette 17 mrem, illetve 1 mrem dózist javasolnak évi sugárterhelésként megengedni [15, 16]. Többen javasolják azt is, hogy a medicinális eredetű sugárterhelést bele kell számítani a népesség ténylegesen tekintetbe vett sugárterhelésbe [10, 17]. Más kutatók nagyszámú állaton végzett kísérleti eredményt elemezve arra az álláspontra jutottak, hogy bár a kísérleti adatok nem keltenek aggodalmat, a jelenlegi 170 mrem/év érték megemlése nem lenne szerencsés, mert a ki nem zárható tévedés esetén így az érintett népesség javára tévedünk [18].

Bárhogy is alakuljon a helyzet, az vitathatatlan, hogy annak a személynek a szempontjából, akinél a sugárhatás keltette károsodás egészségromlást, vagy korai halált okoz, a sokak által „kicsinek” mondott valószínűség nem fog olyan kicsinek tűnni [9]. Ezért nélkülözhetetlen, hogy mielőbb állásfoglalás történjék hazánkban ebben a már oly régóta húzódó kérdésben. Annál is inkább, mivel ez nem jelenti azt, hogy az építőiparnak bármely hasznos nyersanyagról netán le kelljen mondani [5], de hiánya a rendezésre váró feladataink érdemi megoldását lehetetlenné teszi.

Korábban is felhívtuk a figyelmet, s most is hangsúlyozzuk: azt kívánjuk elősegíteni, hogy mielőbb ismertek legyenek azok a feltételek, melyek módot adnak azoknak az építőipari nyersanyagoknak is a felhasználáshoz, melyet ma előírásaink alkalmazni nem tesznek lehetővé. Az építőipar gondjait csökkenteni és nem növelni szeretnénk.

A hiányzó rendelkezések iránti igény ma nemcsak sürgető, hanem megalapozott is. Az alapadatok megszerzéséhez szükséges mérési módszereket kutatóink kidolgozták [4, 19, 20, 21, 22]. Sőt, a világon magyar kutatók mondhatják elsőként maguknak azt a nagyérzékenységű mérési eljárást [23] is, amely a lakóépületek természetes

2. táblázat

A mérés helye		Dózisteljesítmény, $\mu\text{R}/\text{óra}$	Megjegyzés
Pilisvörösvár	lakószoba	4,8	Mérési idő: 42, 90, 120 óra
	külső környezet	4,4	
Budapest, II.,	lakószoba	8,0	A doziméter érzékenysége: $5 \cdot 10^5$ TSEE imp/mR A külső mérések a talaj felett 1 m magasan elhelyezett doziméterekkel történtek
	külső környezet	22,2	
Budapest, VIII.,	lakószoba	6,0	Az épületek anyaga: téglá
Budapest, XIII.,	lakószoba	6,2	

radioaktivitása kapcsán ismét felvetődő dózis mérésére gyors és olcsó lehetőséget ad [24]. A Magyar Tudományos Akadémia Orvosi Radiológiai Tanszéki Kutatócsoportjánál kifejlesztett exoelektron dozimétereket a gyakorlatban e területen is kipróbáltuk. Eredményeinkből a 2. táblázatban mutatunk be néhányat.

Látható, hogy a környezetből eredő dózis mérőeszközünkkel rövid expozíció után már jól mérhető. Akkor is, ha a vizsgálatot olyan helyen végezzük, ahol a természetes radioaktivitás szintje minimálisnak tekinthető.

Anomális helyeken a mérési idő egész rövid is lehet.

Miután az exoelektron doziméterek érzékenysége a doziméter felületével arányos, indokolt esetben az érzékenységet fokozni is tudjuk. (A bemutatott eredményeket 9 mm Ø-jű BeO : Li doziméterekkel nyertük.) Előkészített, szervezett mérési program során, rövid idő alatt, nagyszámú (esetleg több száz) épület vizsgálható meg. Más módszerrel, pl. termolumineszcens doziméterrel, ugyanez hónapokat vehet igénybe [25, 26].

A megoldásra váró feladatok között — úgy véljük — a következők lennének a legfontosabbak : — mielőbb történjék állásfoglalás az épületektől eredő külső-, belső besugárzásból származó sugárdózis megengedhető maximális értékei tekintetében.

Amíg ez nem történik meg, addig is — javasoljuk, hogy a lakóépületekben uralkodó jelenlegi háttér átlagánál nagyobb dózist okozó sugárzóanyag-összetételű épület lakóépület céljára ne kerüljön felhasználásra, illetve ilyen új lakóépület lehetőleg ne épüljön.

A salakbeton, pernye, kohósalak elemekből készülő épületeket (illetve végterméket) ilyen szempontból át kellene értékelni. Ehhez — de általános okokból is —

— reprezentatív felmérésből mielőbb meg kellene határozni a magyarországi jelenlegi természetes radioaktív háttérszintet és az épületekben uralkodó jelenlegi átlag háttér-dózisteljesítményt. Majd ezek után

— kerüljön kidolgozásra az, hogy a magasabb radioaktivitású építőanyagok milyen célra és milyen feltételekkel alkalmazhatók építkezéseinken — ideértve az ilyen anyagból készült építési alapanyagokat is.

E közlemény megszabott keretei nem tették lehetővé, hogy a felmerülő kérdéseket a részletekbe menően vizsgáljuk. Nem is volt célunk. Azt akaruk, hogy bemutassuk a megoldásra váró alapvető

elvi gondok mellett az előbbre lépés gyakorlati lehetőségei közül az általunk legcélravezetőbbnek tartottat. Abban a reményben, hogy előmozdíthatjuk a népességet érintő sugárdózis egyik tényezőjének, az épületektől eredő sugárdózis és kérdéskörének közelebbi áttekintését, a népességet érő sugárdózis nem kívánatos emelkedésének elkerülését célzó érdemi rendelkezések meghozatalához szükséges munkák fontosságának megítélését és belátását.

A munka lebonyolításához szükséges mérésekben magunk is készséggel részt vállalunk. Annál is inkább, mert exoelektron dózismérő rendszerrel jelenleg csak intézetünk rendelkezik. Addig, míg e munkák — remélhetőleg — elkezdődnek, örömmel vennénk, ha exoelektron dozimétereink felhasználásával összehasonlító vizsgálatokra kerülhetne sor azokkal az intézetekkel, akik ilyen jellegű, de más elven végrehajtott környezeti dózis méréssel foglalkoznak.

Meggyőződésünk, hogy ilyen mérések feladataink megoldásában és a környezeti dozimetria számára egyaránt igen hasznosak lennének.

IRODALOM

- [1] Tóth Á. : A pernyék radioaktivitása okozta sugárterhelés, valamint a dóziscsökkentés lehetőségei. Az OMF felkérésére írt tanulmány. Kézirat. 1974. május. p. 7.
- [2] Gémesi J. : A Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet (SZIKKTI) 1—32—71. sz. kutatási zárójelentése. Budapest, 1971.
- [3] The Hazards to Man of Nuclear Allied Radiations. Medical Research Council, Presented by the Lord President of the Council to Parliament by Command of Her Majesty, June 1956. London, Her Majesty's Stationary Office.
- [4] Tóth Á. : Kandidátusi értekezés, 1971.
- [5] Gémesi J., Szy D. : Építőanyag, XXV, 10, (1973) 377—380.
- [6] Szy D. : Észrevételek az ÉSZ 126—J „Természetes radioaktivitás mérése épületekben” c. ágazati szabványjavaslat vitájához. 1974. április 3. p. 7. Nem publikált kézirat.
- [7] Tóth Á. : Dózisszámítási javaslat. Előterjesztve az ÉSZ 126—J „Természetes radioaktivitás mérése épületekben” c. ágazati szabványjavaslat vitáján. Budapest, 1974. márc. 19.
- [8] Sigvard Eklund : Atomenergia, biztonság és a környezet. Kézirat. Budapest, 1974. jún. 21. p. 22.
- [9] Morgan, K. Z. : Röntgen-Blätter, 27, (1974) 127—146
- [10] Wahsmann, F. : Magyar Radiologia, 25, (1973) 129—138
- [11] Csákány Gy. és mások : Strahlentherapie 112, (1960) 477—480
- [12] Szy D., Fehér L. : Az orvosradiológiai osztályok néhány aktuális sugárvédelmi kérdése. Magyar Radiologia, 27, (1975). 230—235
- [13] ICRP Publication 9. Radiation Protection. London, Pergamon Press, (1960)
- [14] Stewart, A., Kneale, G. W. : Lancet, 1, (1970) 1185
- [15] Morgan, K. Z. : Proc. IRPA 2nd European Congr., Ed.: E. Bujdosó, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1973. pp. 367—371.

- [16] *Gofman, J. W., Tamplin, A. R.*: Population control through nuclear pollution, Chicago: Nelson Hall Co., 1970, pp. 242.
- [17] *Zsebők Z.*: Lehetőségek a betegek, egyes személyek és a lakosság ionizációs sugárterhelésének csökkentésére a gyógyászatban; a megengedhető maximális dózis kérdése. Javaslat az Eü. Min. V/2 osztálya számára. Publikálatlan kézirat. 1973. p. 6.
- [18] *Burch, Philip R. J.*: International J. Environmental Studies, 2, (1971) 211–216.
- [19] *Fehér I.*: A SZIKKTI 1–32–71 sz. kut. zárójelentés 1., 2. sz. melléklete, 1971.
- [20] *Zsebők Z., Gyenge Gy., Szy D.*: A SZIKKTI 1–32–71 sz. kut. zárójelentés 3. sz. melléklete, 1971. p. 47.
- [21] *Szy D., Urbán A.*: Mikrochimica Acta (Wien), (1971) 131–136
- [22] *Boros L., Szy D.*: Izotóptechnika (Budapest), 15, (1972) 319–322
- [23] *Zsebők Z., Boros L.*: 165169 sz. magyar szabaldalom.
- [24] *Boros L.*: Izotóptechnika, 17, (1974) 15–23
- [25] *La Rivere, P. D., Ross, H. M.*: Health Physics, 27, (1974) 231–232
- [26] *Jones, D. E., Lindeken, C. L., McMillen, R. E.*: UCRL — 73432, (1971, Sept. 21.)

Си Денеш-Борос Ласло: Дозы излучения строительных материалов и вопросы измерения

Szy, Dénes—Boros, László: Die aus Baustoffen stammende Strahlendosis und über die Fragen ihrer Messung

Szy, Dénes—Boros, László: Radiation Dosimetry of Building Materials

Lakóterek természetes gamma-sugárterhelésének számítása Monte Carlo módszerrel

KOBLINGER LÁSZLÓ

Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest

Valamennyi építőanyag tartalmaz radioaktív elemeket, s az ezekből eredő sugárzás teszi ki a lakosság természetes sugárterhelésének egy jelentős hányadát. Az egyes anyagok fajlagos aktivitása még a beépítés előtt meghatározható, de a ténylegesen kialakuló sugártér jellemzői az épített szoba méreteitől is függenek. Ezért a lakótérben tartózkodó embert érő dózist csak akkor lehet mérésrel meghatározni, ha az adott szobát már megépítették. Az aktivitások és a szobaméretek ismeretében a dózist előzetesen becsülni csak számítással lehet.

Erre a célra fejlesztettük ki a REBEL nevű számítógépi programot, amely Monte Carlo módszerrel [1] számolja a fluxust és a fajlagos besugárzási dózis intenzitást — a szoba közepén és néhány más pontjában. A programban a szobát homogén fallal határolt ablak és ajtó nélküli „dobozzal” modelleztük. A falból emittált gamma fotonok pályáját és ütközéseit Monte Carlo technikával szimuláltuk, a detektorok helyén mérhető fluxust pedig úgy határoztuk meg, hogy minden foton-emisszió és ütközés után kiszámoltuk annak a valószínűségét, hogy a foton újabb ütközés nélkül áthalad a detektoron. A detektorok átmérője 2 cm.

A program input adatként a szoba belső méreteit, a fal vastagságát, összetételét és sűrűségét

kéri. A forrás energiája szintén a kiinduló adatok között specifikálható, a természetes Ra és Th bomlási sorok gamma vonalait [2] beépítettük a programba, a mintavétel a tényleges emissziós gyakoriságnak megfelelően történik.

Legtöbb számításunkat az 1. sz. Házgyár elemeiből épített házak lakószobáira végeztük. Ezek az elemek a Dunából kotort kavicsból és cementből készülnek. A falak összetétele (a merevítő acélhálókat is homogénen elosztva) a következő: 49 súly-% oxigén; 33,2% szilícium; 11% kalcium; 3,1% vas; 2,0% alumínium; 0,5% magnézium és 0,4% hidrogén [3], a sűrűség 2,5 g/cm³.

Az elemekből a 43. sz. Építőipari Vállalat által felépített házakban a legtöbb szoba 5,60 × 3,10 m területű és 2,50 m magas, a határoló falak vastagsága 14 cm. Az ilyen szobákra kapott eredményeket az 1. táblázat 1. sorában foglaltuk össze. (A Monte Carlo módszerből eredő statisztikus bizonytalan-

1. táblázat

Fajlagos besugárzási dózis intenzitások (μR/h)/(pCi/g)-ban, 14 cm vastag beton fallal határolt szobákban

Szobaméret	¹⁰ K	Ra-sor	Th-sor
5,6 × 3,1 × 2,5 = 43,4 m ³	0,207 ± 0,007	2,37 ± 0,07	3,20 ± 0,10
4,0 × 4,0 × 2,5 = 40,0 m ³	0,258 ± 0,008	2,70 ± 0,08	3,49 ± 0,10
5,6 × 4,5 × 2,8 = 70,6 m ³	0,272 ± 0,010	2,70 ± 0,08	3,50 ± 0,11

ságot mindkét táblázatban feltüntettük.) Az építőanyagokban leggyakrabban előforduló három sugárforrásra: a ^{40}K izotópra és a Ra és Th sor elemeire számoltunk. Az 1. táblázatban megadott fajlagos besugárzási dózis intenzitások a szoba középpontjába helyezett detektorra vonatkoznak, de 5%-nál többel a szoba más pontjaiban sem térnek el az intenzitások az itt közöltektől. Mint az 1. táblázat három sora mutatja, a szoba méreteinek a megváltoztatása sem okoz jelentős változást a dózisokban.

A szoba közepébe helyezett detektoron áthaladó fotonok energia spektrumát is meghatároztuk, mivel a műszerek hitelesítéséhez ismerni kell a detektált fotonok energia tartományát. A normál ($5,60 \times 3,10 \times 2,50$ m) szobában az összes foton (forrás és ütközött) 50–70 százalékának az energiája 400 keV-nél kisebb, az átlagenergia 450–680 keV.

Az 1. sz. Házgyárban készített elemek radioaktív koncentrációja nagyon kicsi. Mintaöntvények frakcióiban $7,0 \pm 0,35$ pCi/g ^{40}K ; $0,1 \pm 0,02$ pCi/g ^{226}Ra és $0,3 \pm 0,03$ pCi/g ^{232}Th aktivitást mértek [4]. Ezekből és az 1. táblázat adataiból a normál szobákra $3,1 \pm 0,16$ $\mu\text{R}/\text{óra}$ besugárzási dózis intenzitás adódik.

A fent ismertetett elemekből épült házak különböző emeletein 14 szobában végeztünk méréseket [5]. A mért átlag $4,7$ $\mu\text{R}/\text{óra}$ volt, a legkisebb és legnagyobb intenzitás pedig $3,9$ és $5,3$ $\mu\text{R}/\text{óra}$. (Ezek az adatok a kozmikus sugárzás járulékát már nem tartalmazzák.)

A mért és számított értékek közötti különbség fő oka minden bizonnyal az, hogy a számításnál nem vettük figyelembe a környező szobák, illetve azok falainak a járulékát. További eltérést okozhat a szoba homogén doboz közelítése, valamint az aktivitás és a besugárzási dózis intenzitás mérések hibája is.

A szomszédos szobák falainak a hatása némiképp

2. táblázat

Fajlagos besugárzási dózis intenzitások ($\mu\text{R}/\text{h}$)/(pCi/g)-ban; $5,60 \times 3,10 \times 2,50$ m-es szobákban, A fal anyaga SiO_2 , sűrűsége $2,5$ g/cm³.

Falvastagság	^{40}K	Ra-sor	Th-sor
14 cm	$0,288 \pm 0,008$	$2,58 \pm 0,07$	$3,44 \pm 0,10$
25 cm	$0,318 \pm 0,013$	$3,26 \pm 0,15$	$4,16 \pm 0,15$
35 cm	$0,324 \pm 0,012$	$3,20 \pm 0,13$	$4,59 \pm 0,17$

szimulálható a falvastagság növelésével. A 2. táblázatban közölt besugárzási dózis intenzitásokat azonos méretű, de különböző falvastagságú szobákra számoltuk. A fal anyagául tiszta szilícium-dioxidot választottunk. Mint az 1. és 2. táblázat legfelső sorainak összevetéséből kitűnik, azonos geometriai viszonyok mellett a SiO_2 és beton falú szobákban 10%-on belül azonos a dózis intenzitás, ha az aktivitások megegyeznek.

HIVATKOZÁSOK

- [1] A Monte Carlo módszerhez általában: N. P. Buszlenko, B. I. Golenko, Ju. A. Szejgyer, I. M. Szobol, V. G. Szragovich: Monte Carlo módszerek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
- [2] A gamma vonalak megtalálhatók pl.: W. W. Bowman, K. W. MacMurdo: Atomic and Nuclear Data Tables, vol 13, pp. 89–292, 1974.
- [3] A kémiai analízist Zapp Erika és Perczel Sándor (Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest) végezte.
- [4] A radioaktív koncentrációkat Tóth Árpád (Mecseki Értékelési Vállalat Egészségügyi Szolgálat, Pécs) határozta meg.
- [5] Fehér István, Gémesi József és Tóth Árpád mérései.

Koblínger Ласло: Расчет нагрузки естественного гаммаизлучения жилищных площадей методом Монте-Карло

Koblínger, László: Berechnung der natürlichen Gammastrahlenbelastung von Wohnräumen mit dem Monte Carlo Verfahren

Koblínger, László: Calculation of Natural Gamma-Radiation Load of Living Spaces by a Monte Carlo Method

Lapszemle

BAUSTOFFINDUSTRIE — A, Berlin, 1975. 2. szám

ETO:666.92.015.427

Ostrowski, C.: A hőleadás sebessége a mész hidratációjánál. 12—15. old.

A $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ reakció sebessége és a hőleadás sebessége kapcsolódik egymáshoz. A hidratá-

ció sebességét befolyásoló tényezők: az égetett mész textúrája, a polikristályos szemcsék nagysága, a mészszemcsék felületi hidratációja, a mész szemnagysága, a víz vagy vizes oldatok kémiai összetétele, a vízhőmérséklet. A hidratáció folyamata két fokozatra osztható: 1. A hidratáció sebessége egy maximumig nő. 2. A hid-

ratáció sebessége fokozatosan csökken. Az őrlési finomság jelentősen befolyásolja a hőleadás sebességét a hidratáció során, mivel a kevésbé finom mintáknál kisebb a reakcióhoz a határfelület. ($6,95$ m²/g fajlagos felületnél a hőérték 252 cal/g min., míg $1,92$ m²/g esetében $52,1$ cal/g min.)

A népesség természetes radioaktív izotópoktól származó sugárterhelésének vizsgálata hazánkban

FEHÉR ISTVÁN

Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest

GÉMESI JÓZSEF

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

TÓTH ÁRPÁD

Mecseki Érbányászati Vállalat Egészségügyi Szolgálat, Pécs

Bevezetés

Az atomerőművek száma az utóbbi időben gyorsan növekedik. A biztonsági berendezések, melyek az atomerőmű építési költségének jelentős részét képezik, úgy tűnik lehetővé teszik, hogy a lakosság sugárterhelése ≤ 5 mrem/év szinten maradjon. A lakosságot azonban a természetes radioaktív izotópok sugárzása is terheli, és ennek jelentős részét az építőanyagok természetes radioaktív izotóp kontaminációja miatt saját lakásunkban és munkahelyünkön szenvedjük el. A természetes sugárterhelés felmérésével számos szerző foglalkozott [1].

Csökkenhető-e a lakóépület természetes radioaktivitástól származó népességre gyakorolt átlag sugárterhelés?

A tanulmányunkban ismertetjük a sugárterhelési adatokat, valamint azoknak a napjainkban folyó építkezés következtében bekövetkező változását. Megvizsgáljuk a sugárterhelés csökkentésének lehetőségét valamint az ezzel kapcsolatban felmerülő becsült költségeket, és ezek birtokában igyekezünk választ adni a feltett kérdésre.

Külső sugárterhelés

Modell

A külső sugárterhelést 20 m^2 alapterületű szobára, mely az átlag lakásméret és átlag szobaszám hányadosa és Európában $19\text{--}21 \text{ m}^2$ -nek [2] adódik, a környező talaj dóziszjárulékot elhanyagolva a következő módon számítjuk:

$$D = K_{Ra}C_{Ra} + K_{Th}C_{Th} + K_KC_K \text{ mR/év}$$

ahol C_{Ra} , C_{Th} és C_K a ^{226}Ra (leányelemeivel egyensúlyban), a ^{228}Th (leányelemeivel egyensúlyban) és a ^{40}K koncentrációja pCi/g-ban. K_{Ra} , K_{Th} és K_K dóziskonverziós együtthatók (mR/év)/(pCi/g)-ban.

A dóziskonverziós tényező Koblinger L. [3] mód-

szerével, nyílás nélküli szobákra, azonos falvastagságot és SiO_2 elemi összetételt feltételezve, az emanációs tényezőt zérusnak véve a Magyarországon jellemző fő építkezési típusokra a következő:

Falazat				K_{Ra}	K_{Th}	K_K
típus	magasság	vastagság	sűrűség g/cm ³	(mR/év)/(pCi/g)		
beton (panel)	250	14	2,5	22	32	2,5
tégla	280	38	1,7	26	36	2,8
vályog	280	50	1,6	24	35	2,7

A dózisegyenértéket a

$$DE = T \cdot F \cdot D \text{ mrem/év}$$

összefüggéssel számítottuk, ahol $T = 0,66$ a tartózkodási időhányad, és $F = 0,8$ az átlag árnyékolási tényező a gonádokra [4].

Magyarországi adatok

A méréseket irány és energiafüggetlen GM-csőves berendezéssel végeztük.

Az ország különböző pontjain 200 beton, téglá és vályog lakásban végeztünk gamma-dózis méréseket. Az 1970. évi népszámláláskor regisztrált 3 150 267 lakásra [2] vetítve a természetes radioaktív izotópoktól származó külső dózisterhelés a következő:

Falazat, %	Vályog 57,5	Tégla 34,4	Beton (panel) 8,1	Súlyozott átlag
mrem/év	33 $\begin{bmatrix} \text{max } 60 \\ \text{min } 10 \end{bmatrix}$	32 $\begin{bmatrix} \text{max } 63 \\ \text{min } 14 \end{bmatrix}$	38 $\begin{bmatrix} \text{max } 63 \\ \text{min } 14 \end{bmatrix}$	33

Az 1970—1972 között épült 245 772 lakásra [2] a külső dózisterhelés 34 mrem/év (falazat: beton (panel) 50%, téglá 40%, vályog 10%).

Szélsőséges eredmények: egyik dunai kavicsot felhasználó házgyár beton panel lakásainál $17 \left[\begin{smallmatrix} \text{max} & 19 \\ \text{min} & 14 \end{smallmatrix} \right]$ mrem/év-et mértünk, míg a salak blokkból készült épületeknél $115 \left[\begin{smallmatrix} \text{max} & 183 \\ \text{min} & 66 \end{smallmatrix} \right]$ mrem/év-et találtunk. Utóbbiakból kevés található az országban.

Számos építőanyag ^{226}Ra , ^{228}Th és ^{40}K tartalmát meghatároztuk, és kiszámítottuk modellünk segítségével a várható külső sugárdózist, s az a tapasztalattal közelítőleg egyezett. Így például a házgyári betonpanel esetében a becsült 17 mrem/év-et hozzávetőlegesen 0,2 pCi/g ^{226}Ra , 0,3 pCi/g ^{228}Th és 7 pCi/g ^{40}K radioaktív kontamináció hozza létre, míg az egyes magyarországi salakokban található 10 pCi/g ^{226}Ra 137 mrem/év terhelést eredményez.

Tüdő terhelés

Modell

A radon koncentrációt a korábbi átlagos szobaméretre, a külső levegő radontartalmát elhanyagolva, egyensúlyi állapotban a következő módon számítjuk

$$C_{Rn}(\infty) \approx \frac{\lambda}{(\kappa + \lambda)V} \left(k_{Rn} C_{Ra} \frac{M}{2} + q_s \right) \text{ pCi/liter,}$$

ahol λ a ^{222}Rn radioaktív bomlási állandója, κ a szellőzési tényező, ami 10^{-4} sec^{-1} nagyságrendű, V a szoba térfogata ($5 \cdot 10^4 \text{ l}$), k_{Rn} a falazat emanációs tényezője, C_{Ra} a falazat ^{226}Ra tartalma pCi/g-ban, M a fal tömege g-ban és q_s a talajból a helyiségbe lépő ^{222}Rn atomok secundomonkénti száma. Ez utóbbit az adott területen épült emeletes [5] házaknál a földszinti és emeleti radon koncentráció különbségéből becsülhetjük. Vizsgáltuk az emanációs tényezőt, ami házgyári betonelemre $\sim 0,5$, míg téglára 0,12-nek adódott. Néhány milliméter vastagságú felületi simító réteg, festék vagy tapéta az emanációs tényezőt nem módosította.

A modell segítségével a korábbi példában szereplő házgyári elemből épült szobára a talajból származó ^{222}Rn -t elhanyagolva 0,5 pCi/l, salakblokk épületre 10 pCi/l ^{222}Rn koncentrációt kaptunk, mely közelítőleg egyezik a mért értékkel.

A C_E radon bomlástermék latens energia koncentrációjából a hörgők hámrétegének a radon leányelemeitől származó alfa dózisa 0,66 tartózkodási időhányadot feltételezve [5]:

$$d = 0,18 C_E \text{ mrad/év,}$$

ahol C_E MeV/liter.

Magyarországi adatok

540 lakásban mértünk radon terhelést [5]. A méréseket szűrős aspirációs módszerrel végeztük.

A mérések eredménye az 1970. évi lakásállományra vetítve az alábbi:

Falazat %	Vályog 57,5	Tégla 34,4	Beton (panel) 8,1	Súlyozott átlag hörgőre mrad/év
Hörgő dózistelj. mrad/év	1058	318	150	730

Az 1970—72 között épült lakások esetében viszont 308 mrad/év a hörgő dózisteljesítmény.

Szélső eredmények: beton(panel) építményben 150 ± 20 mrad/év, míg salak-blokk épületben 1350 ± 210 mrad/év hörgő dózist találtunk.

Következtetések

A magyarországi lakásokban az építőanyagok természetes radioaktivitásából származó külső dózis járuléka az új építkezések hatására jelentéktelen mértékben változik, a Rn-termék hörgő dózis járuléka viszont lényegesen csökkent. Az 1—2 pCi/g, vagy ennél kevesebb ^{226}Ra tartalmú építőanyagoknál a Th sor és a ^{40}K gamma dóziszjáruléka számottevő, míg az $\gg 1$ pCi/g ^{226}Ra tartalomnál a sugárterhelés zöme a Rn leányelemektől származik. Egyes magyarországi salakblokkból készült épületekben a külső és belső sugárterhelés többszöröse az országos átlagnak. A hörgők terhelését a ^{226}Ra kontamináció, a légsere sebesség és a talaj ^{222}Rn exhalációja mellett az építőanyag emanációs tényezője is jelentősen befolyásolja, azonban a felület-kiképzés: festés, tapétázás az emanációs tényezőt nem módosítja. Az egyik házgyár lakásaiban a külső sugárterhelés fele az országos átlagnak. Tételezzük fel, hogy a jövőben csak ilyen anyagból készülnek lakások, akkor öt év alatt a jelenlegi építések számát és a lakásmegszűnéseket figyelembe véve a lakásállomány közel 10%-a cserélődne ki, ami 1,6 mrem/év átlag külső gamma sugárterhelés és 58 mrad/év átlag hörgő alfa dózis csökkenést eredményezne.

1970-ben a lakások átlag mérete $61,5 \text{ m}^2$ volt és az átlag kivitelezési költség 258 000 Ft [2]. Az építési költség $\sim 10\%$ -át a szállítás teszi ki. Egyes magas radioaktivitású építőanyag mellőzése a szállítási költségeket durván becsülve 10%-kal növelné, ami lakásonként 2580 Ft többletkiadást eredményezne. Az öt év alatt végrehajtható 1,6 mrem/év külső terhelés és 58 mrad/év hörgő alfa dózis teljesítmény csökkentése 810 millió Ft költséggel járna.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az építő-

anyagok előzetes radiometriai vizsgálatával, s a felhasználás megfelelő szabályozásával Magyarországon megelőzhető az extrém nagy sugárterhelésű lakóépületek építése, és nem túl nagy költséggel egy-két évtized alatt a lakosság természetes sugárterhelése annyival csökkenthető, mint amennyi az atomerőművektől várható növekedés, s így az atomenergia békés felhasználása nem növelné a lakosság kockázatát.

IRODALOM

- [1] Rep. U. N. S. C. on the effects of atomic radiation. Suppl. No. 16. (1962).
[2] Központi Statisztikai Hivatal kiadványai: 272. sz. (1972), 26. sz. (1973) és 293. sz. (1973).

- [3] Koblinger L.: Lakóterek természetes gamma-sugárterhelésének számítása Monte Carlo módszerrel (1975). „Az építőanyagok természetes radioaktivitása és a lakosság sugárterhelése” c. ankéton elhangzott előadás.
[4] B. G. Bennett: Health Phys. 19, 757–767 1970.
[5] Tóth Á.: Health Phys. 23, 281–289 1972.

Фехер Иштван—Гемешу Йозеф—Тот Арпад: Испытание нагрузки населения от естественных радиоактивных изотопов в Венгрии

Fehér, István—Gémesi, József—Tóth, Árpád: Die Untersuchung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch natürlichen radioaktiven Isotopen in Ungarn

Fehér, István—Gémesi, József—Tóth, Árpád: Measurement of the Radiation Load by Natural Radioactive Isotopes in Hungary

Lapszemle

BAUSTOFFINDUSTRIE-A,

Berlin, 1975. 2. sz.

ETO:666.92.052.6:621.926

Aschenbrenner, R.—Clemens, P.: *Többértékű alkoholok keveréke mint őrlési segédanyag égetett mész őrlésénél.* 6—12. old.

Az őrlött égetett mész iránti növekvő igények miatt törekszenek a mészművek őrlési kapacitásának növelésére. Kísérleteket folytattak többértékű alkoholok keverékével, mint őrlést elősegítő anyaggal. A laboratóriumi kísérletek (laboratóriumi golyósmalomban) és eredményeinek ismertetése. Az üzemi kísérletek (lengő golyósmalomban) és az eredmények ismertetése, értékelése. A minőségi paraméterek betartása, sőt javítása mellett az őrlési segédanyagok alkalmazásával nőtt a malom teljesítménye. Technológiai vonatkozású problémák. Adagolás, szállítás, portalanítás.

ETO:666.72

666.3.032.6

Weise, H.: *Korszerű géprendszer falazótégla előállítására.* 27—29. old.

Az NDK-ban kifejlesztett és 1973 ősze óta kipróbált géprendszer elsősorban nagyobb méretű üreges téglák gyártására szolgál.

A legoptimálisabb teljesítményt az 5,5 kisméretű téglának megfelelő 240×290×155 mm-es, 0,9—1 g/cm³ térfogatsúlyú üreges téglá gyártásánál lehet elérni. A rendszer maga az L—500-as berendezés. A formázó présből kijövő szalagot a berendezés a megfelelő blokkokra, ill. téglanagyságokra vágja. A szállítás, a kemencekocsi megrakása teljesen gépesített vagy automatizált. Az L—500-as berendezést egy, a készterméket bálázó géppel egészítették ki. Műszakonként 4 munkaóra van szükség. Az L—500-as gép az NDK üreges téglá gyárai rekonstrukciójához jó alap.

CEMENT, WAPNO, GIPS,

Krakow, 1975. 2. sz.

ETO:666.94.022—52

Soltynski, A.—Pampuch, S.: *A nyersliszt előállítás automatizálása.* 31—37. old.

A nyersliszt előállítás problémáját körvonalazzák. A nyersliszt kívánt kémiai összetételének előállítását elektronikus digitális számítógéppel érték el, amely jelenleg az egyes nyersanyagok adagolását ellenőrzi. Elektronikus digitális számítógép alkalmazása lehetővé teszi bonyolult szabályozási algoritmusok megoldását. Számos alapvető algoritmust értékelnek.

ETO:622.233.4

Malecki, Z.—Lubecki, P.: *Az ütte fúró berendezések fúrási sebességét befolyásoló tényezők.* 49—52. old.

Az ütte fúró berendezések adott paramétereinek hatását megvizsgálták kvarcitos homokkő fúrása esetén. Meghatározták az effektív fúrási sebesség függőségét a tengelymenti leszorító erőtől, az ütések számától és a sűrített levegő nyomásától. Az optimális fúrási feltételek kiválasztása.

SZTEKLO I KERAMIKA,

Moszkva, 1975. 3. sz.

ETO:666.1.031.24:662.95

Kononko, V. P.—Pikasov, V. Sz.: *Gázégők direktfűtésű kádkemencékhez.* 18—21. old.

Három, direktfűtésű üvegolvasztó kemencék hevítésére alkalmazott égő típus (NW—162, NDK; GGO—40 IN, osztrák; USZSZR AN Gázintézet örvényáramú gázégője) összehasonlító vizsgálatának eredményei. Az égők elvi felépítése, a hőáram változása a fáklya hosszában és tengelyében a fúvóka konstrukció és paramétereinek a függvényében, különböző betáplálási módok és gáz-levegő kondíciók mellett. Kimutatták, hogy a Gázintézet égőkonstrukciója előnyösebb, mint a külföldi égők.

Őrlési konferencia II.

Újabb eredmények a mechanokémiai reakciók kinetikájának kutatásában

J U H Á S Z Z O L T Á N

Budapesti Műszaki Egyetem, Építőanyagok Tanszék

Ha egy szilárd testet mechanikai hatás ér, akkor a test rugalmasan, vagy képlékenyen deformálódik, illetve eltörik, ha a hatás elég nagy. A deformáció alatt tárolódott, illetve a törés pillanatában hő alakjában felszabadult és a szemcsékben hőlkést előidéző energia a rendszer kötési energiájának a csökkenését, illetve szabadenergiájának a növekedését hozza létre, vagyis a rendszer aktiválását eredményezi.

A mechanikai energiával való aktiválás primer (az aktiválással közvetlenül összefüggő) folyamatai: a diszperzitásfok növekedése, felületi többletenergia fellelése, valamint a külső alak változásból adódó kristályszerkezeti deformáció, mely összefüggésben van a nagyobb nyomáson stabilis módosulatok megjelenésével, esetleges bomlásokkal, illetve a rács hibák számának növekedésével, vagy röntgenamorf szerkezet megjelenésével.

Az aktiválás eredményeként a rendszer olyan szekunder folyamatokra válik alkalmassá, melyek a szabadenergia csökkenésével járnak együtt. Ilyenek: az aggregáció, összekristályosodás, adszorpció, kemisorpció, rekristallizáció stb.

A mechanikai energiával való aktiválás egyik ilyen eredménye azoknak a kémiai folyamatoknak a lezajlása is, melyeket Peters nyomán „mechanokémiai reakcióknak” nevezünk. Ezek az átalakulások vagy már őrlés alatt zajlanak le, vagy pedig

csak később, ha a rendszer erre alkalmas körülmények közé kerül.

A mechanokémiai aktiválásnak a rendszer „kémiai reakcióképessége” szempontjából két féle következménye lehet. Az egyik az, hogy azok a kémiai reakciók, melyek az egyes komponensek között csak magasabb hőmérsékleten mennek végbe, már alacsonyabb hőmérsékleten, tehát kisebb aktiválási energiával lezajlanak, sőt esetleg a felvett mechanikai energia a reakció teljes aktiválási energiáját is fedezheti. A másik következmény pedig az, hogy az aktivált rendszerben termikus reakcióktól eltérő, speciálisan mechanokémiai folyamatok mennek végbe, mely reakciók energiaszükségletét a felvett mechanikai energia biztosítja.

Az alábbiakban — vázlatosan — újabb kutatásaink során megismert néhány érdekesebb reakciótípust mutatunk be.

I. Felületi kondenzációs reakciók kvareőrlésnél

Az őrléssel és őrléstechnológiával foglalkozó kutatások során gyakran választják a kvareot modellanyagul. Ennek nemcsak az az oka, hogy a kvare viszonylag egyszerű kémiai és kristálykémiai felépítése folytán igen alkalmas anyag a jelenségek kényelmes megfigyelésére, hanem az is,

hogy a kvarcórlés a szilikátipar egyik mindennapi feladata, a kutatásnak tehát közvetlen gyakorlati jelentősége is van. Ezért érthető, hogy a kvarc volt az első olyan anyag, melynek mechanokémiai reakcióit megfigyelték (Rehbinder és Hodakov).

Mi a kvarc-amorfizáció kinetikájának megismerésére végeztünk kísérleteket.

Mosott és nedvesen előőrölt, majd szárított kvarchomokot rezgőmalomban szárazon őrltünk. Kiegészítésként őrlési kísérleteket végeztünk előzőleg 400 °C-on ízzított kvarchomokkal is, melynek egyik részét vákuum-malomban, másik részét

pedig vízgőzre nézve telített levegővel folyamatosan őblített malomban 40 órán át őrltük.

Az őrleményeket az alábbiak szerint vizsgáltuk:

1. Diszperzitásfok jellemzése a vízgőzadszorpciós izotermákból számított fajlagos felülettel (Ω_w m²/g). A vízadszorpciós potenciálgörbékből számítottuk a felületegységre vonatkoztatott adszorpciós potenciált (E_w , cal/cm²), valamint a szubmikroszkópos kapillárisok térfogatát (w_K ‰ = ml víz/100 g szárazanyag).

2. Őrlési finomság jellemzése Blaine-féle fajlagos felülettel (ω_B cm²/g). Értékelés módosított eljárás szerint. Számítottuk a szemcsék zárt pórusainak térfogatát is (V_Z , cm³/g).

3. Hidrátvíz mennyiségének megállapítása a derivatogrammok értékelése útján (w_{OH} ‰). A teljesen száraz 20 °C-os levegőben el nem távozó és csak 400 °C-os ízzítással eltávolítható, a valóságban főleg OH-formájában kötött „víz” mennyisége.

4. Röntgenvizsgálatok diffraktométerrel az amorfizáció jellemzésére.

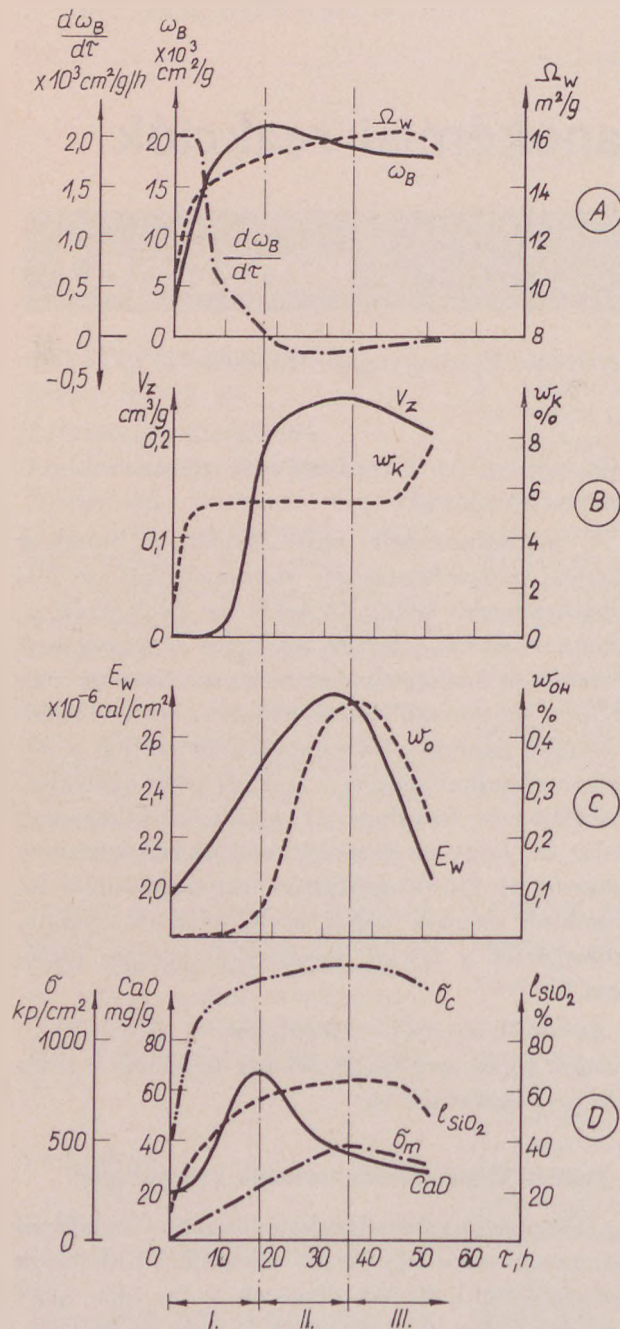
5. Oldhatóság (1 SiO₂‰) tömény foszforsavban, illetve 10%-os NaOH-ban oldott SiO₂ mennyisége.

6. Mész-aktivitás mérése: híg szuszpenzióban 28 nap alatt telített mészoldathból megkötött CaO mennyisége (CaO, mg/g). Normálhomokkal és mésszel, ill. portlandcementtel nem szabványos próbatestek is készültek, melyeknek 28 napos szilárdságát meghatároztuk (σ_m , σ_o , kp/cm²).

Megállapítások:

Fenti állapotváltozóknak az őrlési idővel való változását bemutató kinetikai görbék alapján (lásd 1. ábrát) az őrlésnek 3 fő periódusát lehet elkülöníteni.

A) Az első a finomodás periódusa (0–18 óra). Jellemzője, hogy az őrlési finomságra vonatkoztatott őrlési sebesség ($d\omega_B/d\tau$) pozitív érték, a diszperzitásfok (Ω_w) pedig monoton növekszik az őrlési idővel. E főperióduson belül két zóna is szétválasztható: az első 0–4 óra őrlési idő között, a zónán belül az őrlési sebesség és a „reakciósebesség” ($d\Omega_w/d\tau$) állandó, itt tehát érvényes a Rittinger törvény és az őrlés kinetikailag elsőrendű reakciónak fogható fel. Jellemző továbbá, hogy a szubmikroszkópikus pórusok térfogata (w_K) rohamosan emelkedik. Vagyis a szemcsék széttörését mikro-repedések előzik meg, melyeknek összeforrását a kondenzált, illetve adszorbeált vízgőz molekulák megakadályozzák. Ismeretes, hogy ez a jelenség egyik alapvető tézise a Rehbinde-elméletnek, a szubmikroszkópos pórusok („mikrorepedések”) megjelenését tehát az I/a



1. ábra. A kvarcórlés kinetikai görbéi a rezgőmalomban őrléskor

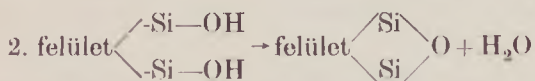
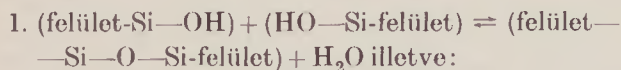
periódusban a Rehbinder-elmélet egyik közvetlen bizonyítékának tekinthetjük.

A második zónában (4—14 óra) a szemcsefinomodás — mint uralkodó folyamat — mellett tapasztalható az aggregáció fellépése, ami az őrlési sebesség csökkenésében, a zárt pórusok térfogatának növekedésében és a „reakciósebesség” csökkenésében jut kifejezésre.

B) 18—35 óra között tapasztaltuk a második, „aggregáció periódus” fellépését a kísérleti körülményeink közötti kvarcőrlésnél. Jellemzője az, hogy az őrlési sebesség negatív lesz, a reakciósebesség csökken, de a diszperzitásfok még növekszik az őrlési idővel.

A rendszer állapotváltozását tehát általában a durvulásban jelölhetjük meg. Igen fontos jelenség azonban a hidratvíz mennyiségének rohamos növekedése, ami azt jelenti, hogy a felületen hidratált réteg jelenik meg, sok OH-csoporttal. Ezzel egyidejűleg a rendszerben az amorfizáció is megindul (felületi amorf réteg keletkezik).

C) Hosszantartó őrléskor tapasztalható a „mechanokémiai periódus”. Jellemzője, hogy az őrlési finomság negatív (vagy állandó) és a reakciósebesség is negatívvá válik. Igen erőyes agglomerációra utal a makroszkopikus pórusok térfogatának csökkenése a szubmikroszkópos pórusok javára. A hidratvíz mennyisége és az adszorpciós potenciál rohamosan csökken. Ez utóbbi jelenség azzal magyarázható, hogy a szomszédos szemcsék erősen hidratált felülete között kondenzációs típusú kémiai reakció megy végbe az őrlés alatt, melynek szimboluma:



Az 1. típusú reakció okozza a rendszer erőyes durvulását (agglomerációját), miáltal kémiai reakcióképessége (pl. oldhatósága) és kötőképessége (cementes próbatetek szilárdsága) is csökken. A 2. típusú reakció a felületi szabadenergia csökkenését idézi elő.

Úgy találtuk, hogy a malom levegőjében levő vízgőz a friss törési felületeken kemiszorpcióval kötődik meg, amorf hidratált réteg képződése mellett. Ennek következtében a vízgőz visszaszorítja a szemcsék adhéziós erők folytán beálló összetapadását (az aggregációt), de elősegíti a kondenzációs reakció (agglomeráció) lezajlását. A levegőben levő

1. táblázat

Kvarc őrlése vákuumban és nedves levegőben

	Kiindulás	Vákuumos őrlés	Nedves levegőben őrlés
Őrlési finomság, cm ² /g	3080	8590	10960
Diszperzitásfok, m ² /g	10,9	16,3	11,2
Hidratvíz %	0,01	0,40	1,15
Kapilláris víz, %	1,25	5,45	7,80
10 %-os NaOH-ban oldható SiO ₂ %	0,7	1,2	1,80
Kap. víz/oldott SiO ₂ mol/mol	0,05	1,11	2,13
Röntgenamorf rész %	0	7	14
10 % CaCO ₃ -al őrlve, 1100 °C-on izzítva			
Krisztobalit %	7	7	8
Tridimit %	5	5	5
Kvarc %	82	78	72
Wollastonit %	4	5	7
Egyéb Ca-szilikát %	2	5	8

vízgőz a kvarc amorfizálódása szempontjából katalizátorként viselkedik. Ugyanolyan őrlési időnél (40 óra) vízgőzös levegőjű malomban nagyobb őrlési finomságú, de kisebb diszperzitásfokú és jobban hidratált terméket állítottunk elő, mint vákuum-malomban (1. táblázat).

2. táblázat

A réz-szulfát színreakciói rezgőmalmos szárazőrlésnél

Reagens	Őrlési idő	Szín	Megjegyzés
Na ₂ S	1h	Fekete	Sárosodás, H ₂ S fejl.
KJ	5'	Barnásfekete	Sárosodás J ₂ fejl.
KJ	1h	Piszkosfehér	Száradás
KBr	5'	Barnásfekete	Sárosodás, Br ₂ fejl.
KBr	1h	Világosbarna	Szárad
KCl	2h	Zöld	Sárosodás után szárad
K ₄ (Fe/CN) ₆	2h	Vörösbarna	Erős kérgesedés
MgO	14h	Világoskék	Réteges kéreg
MgO	22h	Világoskék	Erős kérgesedés, homogén
CaO	14h	Piszkoszöld	Kéregben: kék, zöld rétegek
CaO	31h	Barna	Porlik, homogén
BaO	30'	Zöldesbarna	Igen sárosodik
BaO	3h	Mélybarna	Porlik, homogén
MgCO ₃	6h	Kékeszöld	Réteges kéreg
MgCO ₃	19h	Szürkészöld	Gyenge kérgesedés
CaCO ₃	6h	Zöldessárga	Kéregképződés
CaCO ₃	19h	Sötétbarna	Gyenge kérgesedés
SrCO ₃	10h	Szürkészöld	Gyenge kérgesedés
SrCO ₃	19h	Világosbarna	Porlik
BaCO ₃	6h	Sárgásbarna	Igen nagy sárosodás
BaCO ₃	19h	Barna	Porlik, homogén
CaMg(SO ₃) ₂	19h	Haragoszöld	Kérgesedés
Al ₂ O ₃	19h	Világoszöld	Porlik

II. Reakciók kondenzált fázisban, $\text{CuSO}_4 \cdot \text{R} \cdot \text{CO}_3$ rendszerek őrlésekor

Ha kristályos réz-szulfátot más vegyületekkel, mint reagensekkel szárazon együttőrölünk, az őrlemény elszíneződését figyelhetjük meg egysor reagensnél.

A 2. táblázatban feltüntettük a tapasztalt szín-változásokat, valamint az egyéb, az őrlés alatt észlelt változásokat (pl. melléktermékek felszabadulását; az őrlemény „sárosodását”, ha őrlés közben külső vízfelvétel nélkül pépes konzisztenciába ment át a kiinduláskor még száraz őrlemény, vagy „kérgesedését”, ha a malom falára, ill. az őrlőgolyók felületére kenődött fel az őrlemény).

A táblázatból látszik, hogy azonos kiindulási anyagok esetében néha az őrlési idő függvényében is tapasztalható változás, vagyis a reakció több lépcsőből tevődik össze.

Mivel a réz-szulfátnál mint modellanyagnál a szilikátok esetében is végbemenő reakciótípust sejtettünk, ezért a reakciók kinetikáját igen alaposan vizsgáltuk, főleg réz-szulfát és alkáli-föld-fém-karbonátok keverékeiben. Ezt a nagyon széles körű munkát azonban részleteiben itt nem tudjuk ismertetni, csak eredményeink összefoglalását adhatjuk.

CuSO_4 , illetve $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ és különböző alkáli földfém karbonátok ($\text{R} \cdot \text{CO}_3$) molarányú keverékeit rezgőmalomban szárazon őrlöttük.

Vizálati módszer: röntgenvizsgálatok a kristályos fázis kimutatására, derivatogrammok és kémiai

analízis a reakciótermékek megállapítására, tenziogörbék felvétele a víz szerepének tisztázására.

Megállapítások:

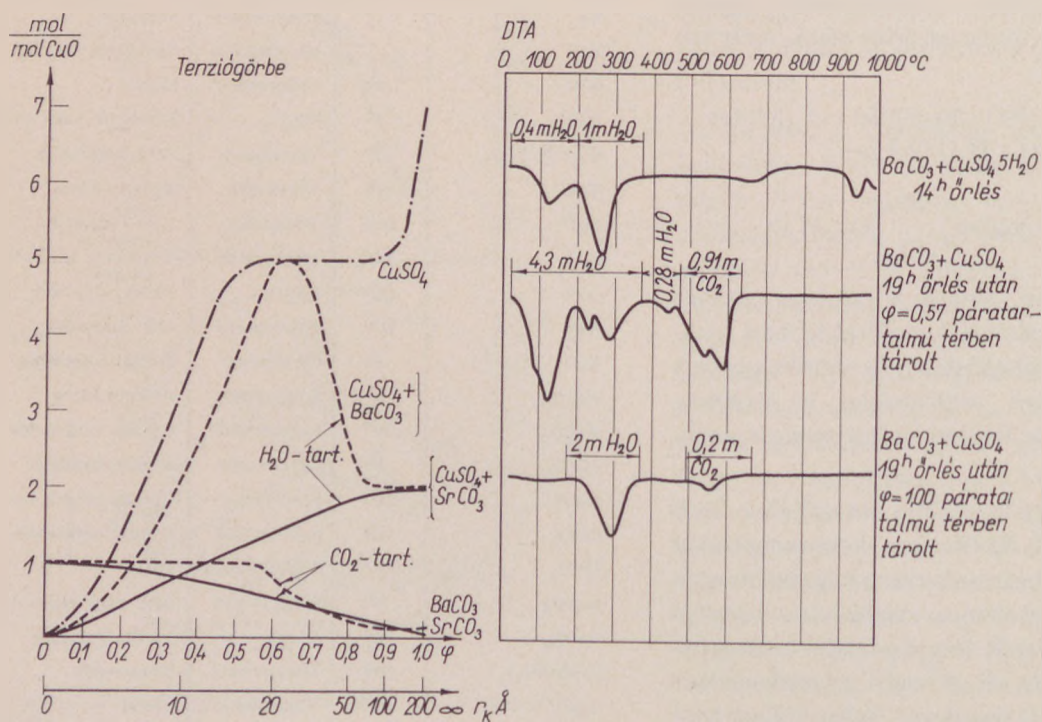
A vizsgált rendszerekben színváltozással járó mechanokémiai reakciók zajlanak le, ha kristályvizet tartalmazó réz-szulfátból indulunk ki, vízmentes közeg esetén viszont csak akkor észlelhető reakció, ha a rendszer őrlés közben, vagy az után a levegőből vízmolekulákat képes felvenni.

A reakció az alábbi lépésekből tevődik össze:

1. A $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ szemcséinek deformációja alatt a kristályból víz lép ki, amit a deformáció megszűnése után a kristály azonnal elnyel, ha megfelelő reakciópartner nincs jelen. Vizsgáltuk a $\text{CuSO}_4 \text{—H}_2\text{O}$ gőz egyensúlyokat (2. ábra) és megállapítottuk, hogy a réz-szulfát mind az 5 mól vizet képes a gázfázisból közvetlenül felvenni. Az utolsó két vízmolekula felvételére azonban csak 50% körüli relatív páratartalomnál kerül sor. Ennél a gőznyomásnál már a Kelvin-formula szerint a víz a szubmikroszkópos pórusokban is kondenzálódhat. (A 2. ábrán feltüntettük az equivalens kapilláris sugárméreteket is, r_k).

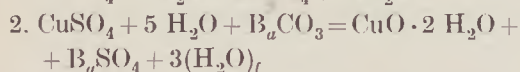
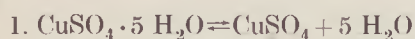
2. Alkáli földfém karbonátokkal való együtt-őrléskor rendkívül heves aggregáció lép fel, ami a különböző kémiai felépítésű szemcsék között szubmikroszkópos kapilláris rendszer kialakulását idézi elő. Ebben a kapilláris rendszerben kondenzálódik réz-szulfátból a felszabadult kristályvíz egy része.

3. A szubmikroszkópos pórusokban kondenzált víz oldja a szemcséket, túltelített oldat jön létre,

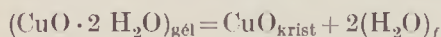


2. ábra. A réz-szulfát reakciója BaCO_3 -tal, ill. SrCO_3 -tal
Bal oldalon: a tiszta CuSO_4 , ill. a CuSO_4 és BaCO_3 , ill. SrCO_3 keverékeinek H_2O és CO_2 tartalma, különböző relatív páratartalmú térben;
Jobb oldalon: az őrlemények DTA görbéi

melyben a reakciók igen nagy sebességgel zajlanak le. Átmeneti termékek jelentkeznek, melyek minőségileg eltérnek a híg vízes oldatokban végbemenő reakciók termékeitől. Ilyen átmeneti termék pl. a $\text{CuO} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ összetételű gél keletkezése a következő folyamatban.



4. Hosszabb őrléskor az átmeneti termékek újabb átmeneti vagy végtermékekké alakulnak át, pl.:



A vízmentes körülmények között előállított őrléményekben is végbemennek reakciók, ha az aktivált keverék utólag vesz fel vizet, illetve vízgőzt. A 2. ábrán jól követhető ez az átalakulás: kapillárkondenzáció után a keverék széndioxidot ad le és a már felszívott vizet is elveszti. A vízgőztérben is tárolt őrlémények DTG görbéit a 2. ábra jobb oldali rajzán feltüntettük.

Megjegyezzük, hogy CaCO_3 és MgCO_3 esetén a fentírt bonyolultabb, kettős-só képződéssel járó reakciókat tapasztaltunk.

III. Mineralizátorokkal irányított amorfizáció montmorillonit őrlésénél

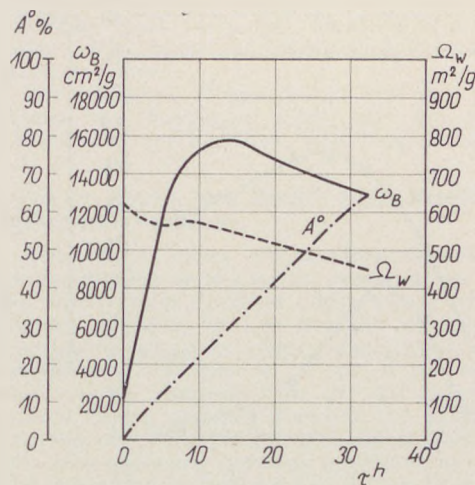
Ha montmorillonitot — illetve bentonitot — rezgőmalomban huzamosabb ideig őrlünk, a röntgen-vonalak fokozatos eltűnését, vagyis a kristályos szerkezet leépülését figyelhetjük meg. Úgy tapasztaltuk, hogy az amorfizáció sebessége a különböző szilikátoknál a kristály rácsenergiájának a függvénye.

Újabb kutatásaink során vizsgáltuk, hogy ez az átalakulás különböző kationokkal befolyásolható-e. A kutatás néhány eredményét az alábbiakban vázoljuk.

Természetes Ca-bentonitot különböző ideig szárazon őrltünk rezgőmalomban. Egy másik kísérletsorozatban a bentonitot őrlés előtt különböző kationokkal telítettük: vízes szuszpenzióban elektrolitokkal ráztuk, majd az elektrolit feleslegét dialízissal eltávolítva és a bentonitot kiszárítva, 32 órán át szárazon, vákuum malomban (rezgőmalomban) őrltük.

Vizsgálati módszer:

1. Őrlési finomság (ω_B , cm^2/g) és diszperzitásfok (ω_d , m^2/g) fentiek szerint.
2. Röntgenvizsgálat az amorfizáció fokának (A° , %) és az égetett termékek fázisösszetételének meghatározására.

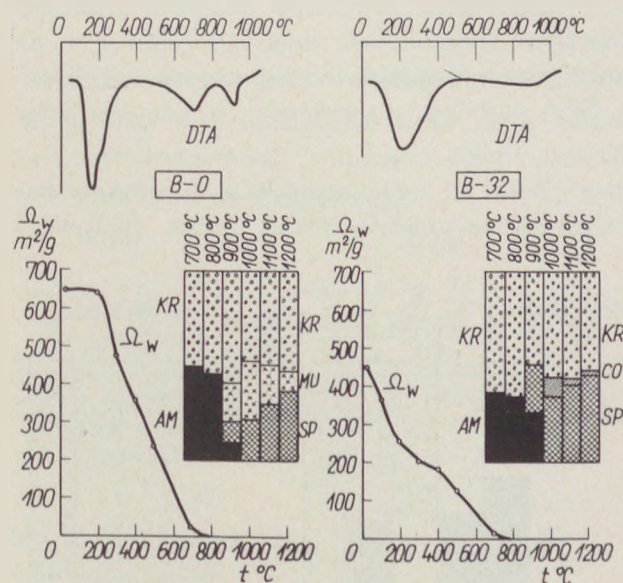


3. ábra. A bentonitőrlés kinetikai görbéi

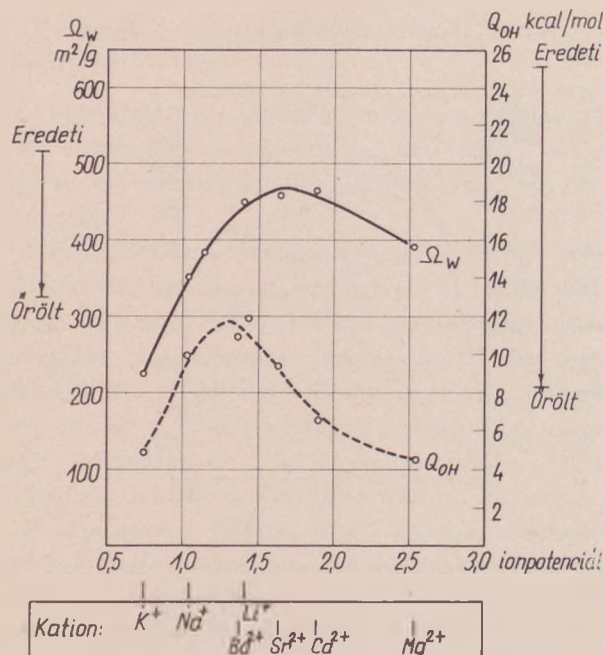
3. DTA vizsgálatok, illetve a TG görbék alapján a vízkilépés aktiválási energiájának számítása (Q_{OH} , kcal/mól).

Megállapítások:

Ennél a kísérletnél is elkülöníthető a finomodás periódusa az aggregáció periódusától (3. ábra). Az elsőre az őrlési sebesség pozitív, a másodikra annak negatív értéke jellemző. A mechanokémiai reakció periódusa azonban a kinetikai görbéken nem volt kijelölhető, mivel a mechanokémiai reakció (víztartalmú amorf gél keletkezése a deformáció alatt felszabadult szerkezeti víz beépülésével) már az őrlés kezdetén megkezdődött és

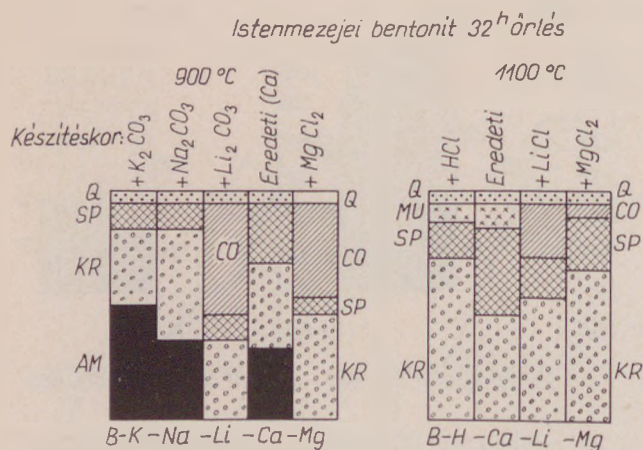


4. ábra. Különböző hőmérsékleten izzított bentonit fázisösszetétele, ill. fajlagos felülete az eredeti és őrlött állapotban
Fent: a minták DTA görbéi
Jelölések: KR = krisztobalit; MU = mullit; CO = cordierit; AM = amorf; Ω_w = vízgőzadszorpcióval mért fajlagos felület; B-0 = alapőrlémény; B-32 = 32 óráig rezgőmalomban őrlött bentonit



5. ábra. Azonos ideig őrölt bentonitok fajlagos felülete és az OH-csoportok kilépésének termikus aktiválási energiája, különböző kationokkal való előkezelés után

mindkét fő periódusban fokozódott az őrlési idő növelésekor. A víztartalmú gél keletkezése a rendszer diszperzitásfokának csökkenésével jár együtt, melyben nagy szerepe van a cserélhető kationoknak. A mechanikai aktiváláson átesett bentonit hevítés alatti viselkedése az eredeti bentonitétól különbözik (4. ábra): a hőmérséklet növelésekor a diszperzitásfok rohamosabb csökkenése tapasztalható, mint a nem-őrölt bentonit esetében, valamint megváltozik az izzított anyagban keletkező kristályos komponensek minősége, aránya és az amorf rész mennyisége is hosszantartó őrlés után. A DTA görbékben a szerkezeti víz kilépését jelző



6. ábra. Különböző kationokkal telített, őrölt és izzított bentonit fázisösszetétele
Jelölések: AM=amorf; SP=spinell; KR=kristobalit; Q=kvarc; CO=cordierit; MU=mulit;
B-K=K; B-Na=Na; B-Li=Li; B-Ca=Ca;
B-Mg=Mg; B-H=H kationokat tartalmazó bentonit

endoterm maximumok hiányoznak, viszont a víz az adszorpciós erőknél nagyobb erővel, valószínűleg felületi —OH csoportok formájában kötődik a gélszerkezethez.

A különböző kationok az azonos ideig őrölt bentonitok diszperzitásfokát, valamint a szerkezeti víz aktiválási energiáját úgy változtatták meg, hogy ha ezeket az értékeket az ioncserénél alkalmazott kationok ionpotenciálja függvényében ábrázoltuk, maximum görbéket kaptunk (5. ábra).

A kationok befolyásolták — aszerint, hogy milyen mértékig képesek a kristályrácsba húzódni, különböző mértékben — az izzított bentonitokban keletkező fázisok mennyiségét és minőségét is (6. ábra).

A bemutatott reakciókban közös tulajdonság az, hogy

1. speciálisan mechanokémiai, vagyis mechanikai energiával aktivált reakciók, melyek más úton ismereteink szerint nem hajthatók végre;
2. a reakciók nem tekinthetők egyszerű szilárd fázisú reakcióknak, mechanizmusuk és kinetikájuk attól eltérő;
3. a reakciók a rendszer kezdeti- és végállapotát tekintve a diszperzitásfok csökkenésével járnak. A durvulást — ellentétben a „fizikai” jellegű aggregációval — felületek kémiai kölcsönhatása okozza. A jelenséget kemihézióknak tekintjük, melynek hatásmechanizmusa eltér a tisztán fizikai jellegű adhéziótól.

Juhász Zoltán: Újabb eredmények a mechanokémiai reakciók kinetikájának kutatásában

A tanulmány kutatásaink során megismert három, szárazőrlés közben végbemenő mechanokémiai reakciótípust ismertett:

- 1) a kvarefelületek között, ill. a kvareszemések felületén végbemenő (vízkilépéssel járó) kondenzációs reakciót;
 - 2) kondenzált „fázisban” végbemenő reakciókat (a szemések deformációjakor vízgőz lép ki az egyik komponensből, a gőz az őrléskor kialakult szubmikroszkopos méretű pórusokban kondenzál, oldja a szeméseket és a kémiai reakciók a túlteltelt oldatban mennek végbe);
 - 3) mineralizátorokkal aktivált amorfizációs reakciót montmorillonitnál, melynek eredményeként az ásvány hevítés alatti tulajdonságai is megváltoztak.
- A bemutatott folyamatok és termékek — tudomásunk szerint — csak mechanikai aktiválással hajthatók végre, illetve állíthatók elő.

Юхас Золтан: Новейшие результаты в области исследования кинетики механохимических реакций

В статье описывается три типа механохимических реакций, происходящих при сухом помоле, изученных автором:

1. реакции конденсации (сопровождающиеся выделением воды), происходящие на поверхности кварцевых частиц, а также между ними;
2. реакции, происходящие в конденсированной „фазе” (выделение водяного пара из одного компонента при деформации частиц, который затем конденсируется в субмикроскопических порах, сформированных

шихся во время помола, растворяет частицы, и химические реакции протекают в пересыщенном растворе);

3. реакции аморфизации монтмориллонита, активированные минерализаторами, в результате которых изменяются свойства данного минерала при нагревании.

Описанные процессы (а также продукты реакций) могут происходить (или же могут быть получены) только при механическом активировании.

Juhász, Zoltán: Neue Ergebnisse in der Erforschung der Kinetik mechanochemischer Reaktionen

Es werden drei mechanochemische Reaktionstypen beschrieben, die sich während der Trockenmahlung abspielen und im Laufe der durchgeführten Forschungsarbeiten bekannt wurden:

1) Kondensationsreaktionen, die sich zwischen den Quarzflächen, bzw. an der Oberfläche der Quarzkörnchen abspielen (und mit Wasseraustritt verbunden sind);

2) Reaktionen in kondensiertem Zustand (bei der Deformation der Körnchen tritt aus einem der Komponenten Wasser aus, der Dampf kondensiert in den, während dem Mahlen entstandenen submikroskopischen Poren, löst die Körnchen auf und die chemischen Reaktionen spielen sich in der übersättigten Lösung ab);

3) mit Mineralisatoren aktivierte, zu amorpher Phase führende Reaktionen bei Montmorillonit, als deren Folge sich auch die Erhitzungseigenschaften des Minerals ändern.

Die erörterten Vorgänge und Produkte können -dem Wissen des Verfassers nach- nur mit mechanischer Aktivierung durchgeführt, bzw. hergestellt werden.

Juhász, Zoltán: New Results in the Kinetics of Mechanochemical Reactions

The three types of mechanochemical reactions recognised during the recent research are outlined: (i) the condensation reaction taking place between quartz particle surfaces by the removal of water; (ii) the reactions in condensed phases where water is expelled by the particle deformation of one of the reactants and this vapour, condensed in the submicroscopic pores formed during grinding dissolves the particles and the final reaction takes place in this supersaturated solution; (iii) amorphisation reaction activated by mineralisers. This latter can be well studied in case of montmorillonites, where the thermal behaviour of the mineral is changed by this amorphisation. All these processes and their products can be brought upon by mechanical activation only.

Kvarc és mészkő mechanikai aktiválása különböző típusú laboratóriumi malmokban

BERNHARDT, C.—HEEGN, H.

Forschungsinstitut für Aufbereitung, Freiberg, NDK

Ha egy anyaggal mechanikai úton energiát közlünk, az aktív állapotba kerül, ami rendszerint a fiziko-kémiai tulajdonságok és a kémiai reakcióknál való viselkedés megváltozásában jelentkezik. E folyamatot mechanikai aktiválásnak nevezzük.

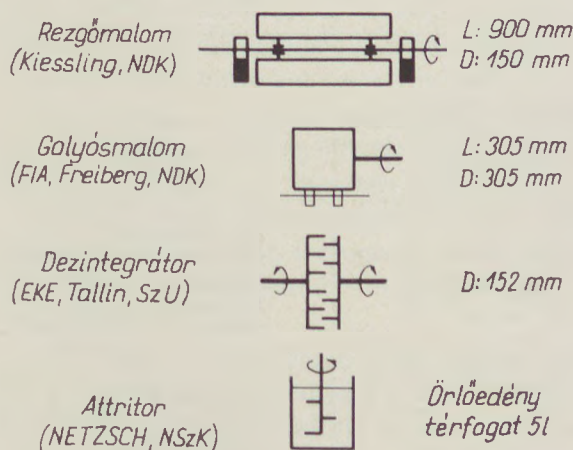
Poralakú anyagok mechanikai aktiválásának egyik leghatásosabb módszere a finomórlés. Egyelőre azonban még ismeretlen, hogy az egyes malom típusokban fellépő igénybevételek és intenzitások milyen hatással vannak az anyag aktiválására. Mivel ezek a hatások nagyon különbözőek és összetettek, felmerül a kérdés, hogy a kapott aktivitási tulajdonságok hogyan használhatók fel egy következő technológiai folyamatnál.

A kutatási feladat kitűzése abból a felismerésből adódott, hogy mind az aprítástechnikát (amelyben az aktív anyag előállítása történik), mind a folyamattechnikát, amelyben az aktív tulajdonságokat felhasználják, vizsgálni kell.

A következőkben néhány eredményről számolunk be, mindkét területről.

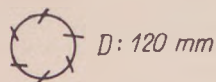
1. Eredmények az aprítástechnikai komplexumból

Elsősorban a malom-paraméterek és a szilárd test tulajdonságainak változásai között fennálló összefüggéseket vizsgáltuk abból a célból, hogy felderítsük milyen aprítóberendezések és malom

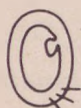


1. ábra. Malomtípusok

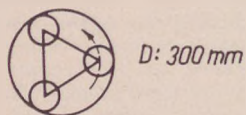
Mikroizer
(Rumpf-féle)



Mikronizer
(Jet-O-Mizer)



Gyűrűs-görgös
malom



Hengermalom
(OBERMAYER KG, NDK)



2. ábra. Malomtípusok

paraméterek a legalkalmasabbak bizonyos meghatározott aktivitási tulajdonságok elérésére. Minthogy e téren gyakorlatilag új területre lépünk, viszonylag sok aprítóberendezés vizsgálata és emellett lehetőleg sok paraméter változtatása vált szükségessé. A különösen érdekesnek látszó esetekben ezt statisztikai módszerekkel oldottuk meg [7, 8].

Az alkalmazott malomtípusokat az 1. és 2. ábrán, a változtatott paramétereket az 1., 2. és 3. táblázatban mutatjuk be.

A kísérleteket kvarc és mészkő mintákkal végeztük.

A mechanikai kezeléssel elért tulajdonságok jellemzésére többféle vizsgálatot végeztünk:

- szemcsemegoszlás és fajlagos felület meghatározásokat,
- kvarc oldhatóságát NaOH-ban, mint a felületi rétegek amorfosodásának mértékét,
- oldáshő meghatározást. (A kiindulási anyag oldáshőjével összehasonlítva, a két érték közötti különbség mértéke annak az energiának, ami a mechanikai művelet után a szilárd testekben maradt.)
- röntgen finomszerkezet vizsgálatokat a primérrészecskenagyság és a röntgenamorf állapot meghatározására.

A kvarc mintának BET-szerinti fajlagos felület értékeit a 3. ábrán, blokk-diagramon mutatjuk be.

Látható, hogy a kiválasztott körülmények között rezgőmalomban és „attritor”-ban kb. azonos fajlagos felületet érhetünk el, valamint az,

1. táblázat

Változók és értékek

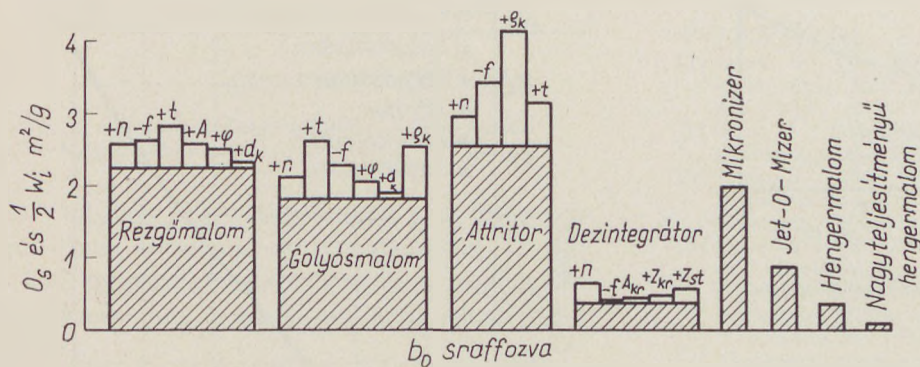
Malomtípus	Változók	Jelölés	Dimenzió	Érték	
				—	+
Rezgőmalom	Fordulatszám	n	l/perc	1420	2100
	Örlemény mennyiség	f	kg	4 (2)	8 (4)
	Örlési idő	t	óra	0,5	2
	Amplitúdó	A	mm	4,5	5,75
	Golyótöltet	φ	%	60	75
	Golyóátmérő	d_K	mm	7,5	12
Golyósmalom	Fordulatszám	n	l/perc	50	70
	Örlemény mennyiség	f	kg	1	4
	Örlési idő	t	óra	1	2
	Golyótöltet	φ	%	20	30
	Golyóátmérő	d_K	mm	19	38
	Golyó-sűrűség	ρ_K	g/cm ³	2,6	7,8

2. táblázat

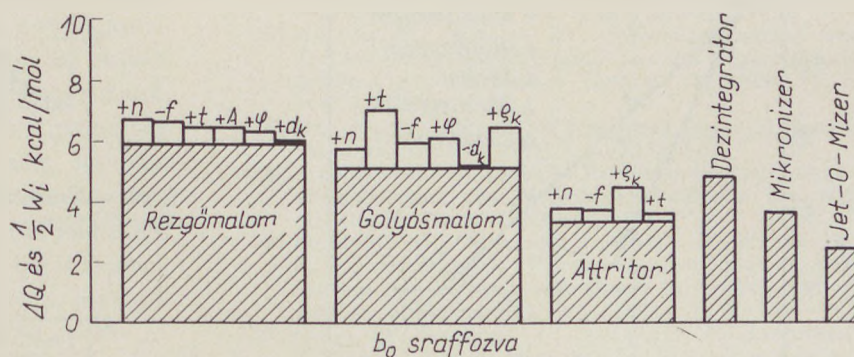
Változók és értékek

Malomtípus	Változók	Jelölés	Dimenzió	Érték	
				—	+
Dezintegrátor	Fordulatszám	n	l/perc	12 000	30 000
	Átmenő teljesítmény	f	g/perc	55 (58)	190 (208)
	Pálcasorok távolsága	A_{Kr}	mm	1	2
	Pálcasorok száma	Z_{Kr}	—	3	5
	Pálcaszám soronként	Z_{St}	—	12—16	24—36
„Molinox” golyósmalom	Fordulatszám	n	l/perc	750	1 500
	Örlemény mennyiség	f	l	1	1,6
	Golyó-sűrűség	ρ_K	g/cm ³	2,6	7,9
	Örlési idő	t	óra	0,5	2

Malomtípus	Változók	Jelölés	Dimenzió	Érték
Mikronizer Jet-O-Mizer	Levegőnyomás düzni előtt Átmenő teljesítmény	p_D f	kg/cm ² g/óra	5, 7, 9 500, 700, 900
Gyűrűs-görgős malom	Görgők nyomóereje Átmenő teljesítmény	F_w f	kp g/perc	28, 71, 105 300, 500, 800
Hengermalom	Átfutások száma Átmenő teljesítmény	r f	— g/perc	1...30 170, 290



3. ábra. Kvarc BET-szerinti fajlagos felületének alakulása különböző őrlőberendezésekben



4. ábra. Összenergiatartalom növekedése

hogyan valamivel kisebb fajlagos felületnél ugyanez érvényes a golyósmalomra és a „mikronizer”-re is.

A 4. ábra az oldáshő-kaloriméterrel meghatározott összenergia tartalom ΔQ növekedését mutatja, ugyancsak kvarc esetében.

Itt, szemben a fajlagos felülettel, egy teljesen más viselkedés válik világossá. Minthogy ebben az esetben a teljes szemese feloldódik, ΔQ az anyagnak a felülethatásból eredő aktivitását jelenti.

Elfogadhatjuk azt az állítást, hogy a golyós- és rezgőmalomok itt is körülbelül azonos eredményeket adnak. Érdekes azonban, hogy az „attritor”, nagy felületképzése ellenére, viszonylag kis ΔQ értékeket ad, a dezintegrátorban viszont a kisebb fajlagos felület értékek ellenére nagy ΔQ értékeket kapunk.

A bemutatott adatokból az következik, hogy mind az üzemelési paraméterek, mind a malom-

ban uralkodó igénybevételek döntő mértékben befolyásolják a külső (aprítás) és belső (össz-energiafelvétel) hatások közötti összefüggéseket.

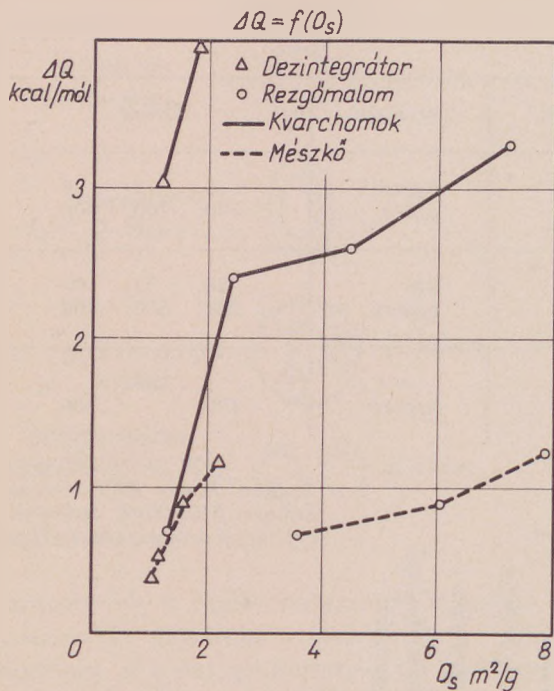
Az egyes paraméterek hatásáról korábban már egyéb helyen írtunk [4, 5, 9, 10]. A különböző malomtípusok működésének összehasonlítása a következő megállapításokat tette lehetővé:

Az 5. ábrán a $\Delta Q(O_s)$ összefüggést mutatjuk be, dezintegrátor és rezgőmalom alkalmazásakor, kvarc és mészkőminta esetében (átlagértékek).

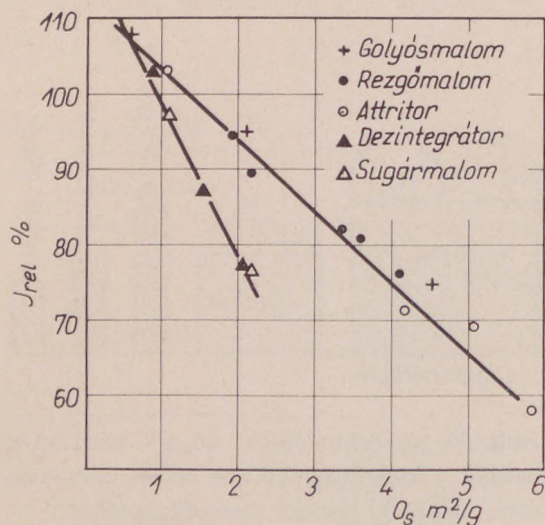
Látható, hogy a dezintegrátor mind kvarc, mind mészkő esetében, lényegesen kisebb fajlagos felületeknél ad összehasonlító ΔQ értékeket, mint a rezgőmalom.

A 6. ábra — amelyen a kvarc minta relatív röntgenintenzitásait a fajlagos felület függvényében vettük fel — mutatja, hogy itt tényleges kristályrács-változásokról van szó.

Összehasonlítható felületeknél a sugármalmok



5. ábra. Fajlagos felület és az összenergiatartalom összefüggése



6. ábra. Kvarc relatív röntgenintenzitása a fajlagos felület függvényében

és a dezintegrátor nagyobb röntgenamorf részt adnak, mint egyéb berendezések.

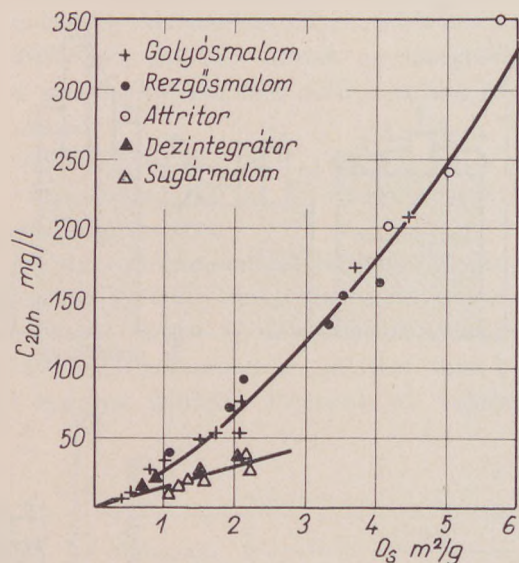
Az ellenkező eset áll fenn, ha a kvarc NaOH-oldhatóságát a fajlagos felület függvényében vizsgáljuk (7. ábra). A sugármalmok és dezintegrátorok a kvarcsemmese felületi rétegeit láthatólag kevésbé változtatják meg, mint az egyéb malmok.

Ezekből a megállapításokból és egy sor itt nem tárgyalt eredményből az alábbi végkövetkeztetések adódnak:

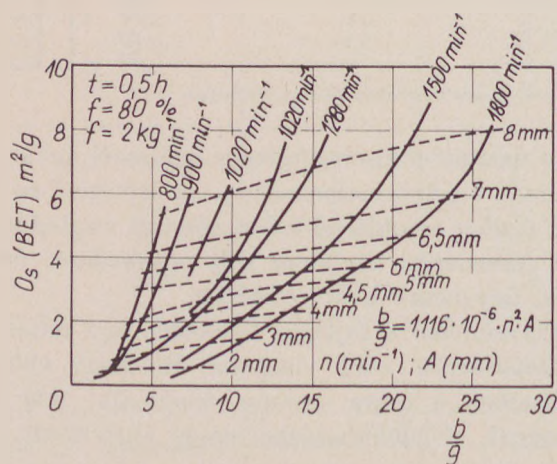
Azok az őrlőberendezések, amelyekben elsősorban az ütközőigénybevétel az uralkodó (mint a dezintegrátoroknál és sugármalmoknál), viszony-

lag kis aprítási fok mellett is nagy változásokat okoznak a kristályrácsban. Más igénybevételknél, mint pl. az őrlőtestekkel működő malmoknál mások az összefüggések.

Kimutatható volt, hogy az egyes malmokat nemcsak az aprítási eredmények szempontjából kell értékelni, hanem a fiziko-kémiai tulajdonság-változásokat is figyelembe kell venni. Ez akkor nyer jelentőséget, ha bizonyos aktivitási tulajdonságokat akarunk kialakítani egy következő technológiai folyamat céljára.



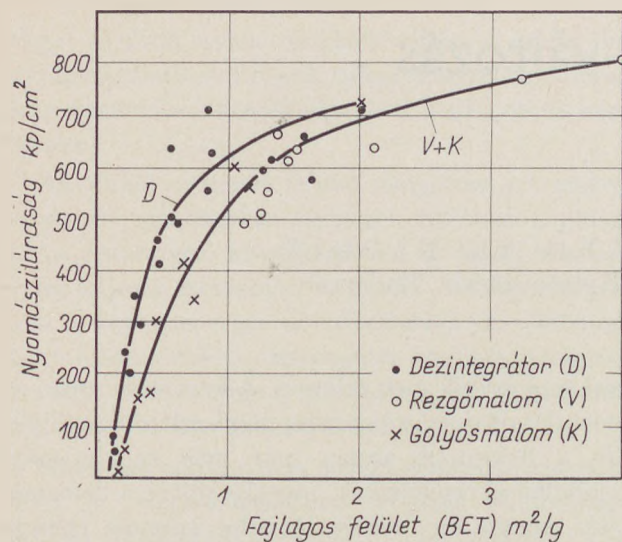
7. ábra. Kvarc NaOH-oldhatósága a fajlagos felület függvényében



8. ábra. A rezgőmalom fordulatszámának és amplitúdójának hatása a fajlagos felületre

A leírt kísérletek alapján még további megállapítások tehetők, amelyekből az aprítási folyamat gazdaságosságára lehet következtetni [11].

Ez elsősorban a dezintegrátorra és a rezgőmalomokra vonatkozik. A rezgőmalom példáján mutatunk rá, hogy a berendezés egyes paramétereinek hatásának szisztematikus vizsgálata alapján, mi-



9. ábra. A nyomószilárdság alakulása a kvarehomok felülete függvényében

ként vonhatók le következtetések ezen őrlőberendezés üzemi körülményeire vonatkozólag [12, 13]. Itt kell még egyszer rámutatnunk a rezgőmalom fordulatszámanak és amplitúdójának jelentőségére (8. ábra).

A kvare fajlagos felületét a b/g gyorsulási arány függvényében ábrázoltuk. A kihúzott görbék konstans fordulatszámmra, a szaggatott vonallal rajzoltak pedig konstans amplitúdóra vonatkoznak. A csupán fordulatszám emelésével elért gyorsulásnövekedés a finomságban csak csekély javulást okoz. Ezzel szemben az amplitúdóemelkedés még alacsonyabb fordulatszámmal is jelentős felületnövekedést idéz elő, noha itt viszonylag kisebbek a gyorsulás-értékek. Ez az eredmény a malmok méretezése szempontjából jelentős.

2. Eredmények a folyamattechnikai komplexumból

Előzőekben megkíséreltük az aktiválási eredményeket az őrléstechnikai területre átvinni. Azonban ugyanilyen jelentőségű a különböző aktivítási tulajdonságoknak egy következő technológiai folyamatnál való kihasználása. Tekintettel a kvare aktiválására, többek között a szilikátbeton szilárdságát befolyásoló tényezőket kutattuk. A szilikátbeton keverékek szilárdulásmenete különösen összetett folyamat, ahol a kvarehomok aktivitása csupán egy a befolyást gyakorló faktorok közül. Ezért elsősorban a szilikátbeton szilárdságát vizsgáltuk, konstans szilárdítási technológia mellett. Azonban már itt meg kell állapítanunk a kvarehomok tulajdonságainak jelentős befolyását (9. ábra).

A 9. ábrán a szilikátbetonok hasábróbatesszel megállapított nyomószilárdságát a kvare-

homok fajlagos felületének függvényében ábrázoltuk. A $\sigma_D(O_s)$ lefutása a rezgő- és golyósmalomnál egységes és a dezintegrátorétól abban különbözik, hogy ez utóbbi a kisebb felületek tartományában nagyobb nyomószilárdságokat ad.

Az ismertetett eredményt már nagyüzemileg is igazolták és ez okot ad arra, hogy a kísérleteket a tulajdonképpeni szilikátbetontechnológiával kapcsolatban céltudatosan tovább folytassuk. Az itt megvitatott egyéb problémáknál is van még sok tisztázatlan kérdés, amelyek további intenzív kutatómunkát igényelnek.

IRODALOM

- [1] Bond, F. C.: Berechnungsmethode zur Feinzerkleinerung Aufbereitungstechnik 5 (1964) 5, S. 211—218
- [2] Hint, J.: Grundlagen zur Herstellung von Silikalizerzeugnissen Leningrad, Moskau 1962
- [3] Hint, J.: Zur tribochemischen Aktivierung von Festkörpern unter Anwendung hoher mechanischer Energien Silikattechnik 21 (1970) 4, S. 116—121
- [4] Husemann, K., Bernhardt, C., Gottschalk, J., Heegn, H.: Zerkleinerung und Aktivierung in schnelllaufenden Stiftmühlen am Beispiel Quarzsand und Kalkstein Silikattechnik 25 (1974) 7, S. 238—243
- [5] Husemann, K.: Beitrag zu Problemen der Energieübertragung im Desintegrator Vortrag geh. auf der 11. Diskussionstagung „Zerkleinerung und Kornvergrößerung“ 2./3. 10. 74 in Freiberg, DDR
- [6] Kürten, H., Rumpf, H.: Strömungsverlauf und Zerkleinerungsbedingungen in der Spiralstrahlmühle Chemie-Ingenieur-Technik 38 (1966) 11, S. 1187—1192
- [7] Box, Hunter: The 2^k-p fractional factorial designs Technometrics 3 (1961) 3, S. 211—351
- [8] Scheffler, G.: Statistische Versuchsplanung Informationsberichte des Forschungsinstitutes für NE-Metalle Freiberg, 1969 und 1970
- [9] Bernhardt, C., Gottschalk, J., Heegn, H., Husemann, K.: Vergleichende Untersuchungen zur mechanischen Aktivierung von Quarz in einigen Labormühlen Silikattechnik, 25 (1974) 5, S. 183—186
- [10] Heegn, H., Bernhardt, C., Gottschalk, J., Husemann, K.: Aktivierungseffekte bei der Zerkleinerung von Quarzsand und Kalkstein in verschiedenen Labormühlen Chemische Technik (in Vorbereitung)
- [11] Heegn, H., Bernhardt, C.: Mechanische Aktivierung der Festkörper als Forschungsgebiet der Zerkleinerungswissenschaft Vortrag geh. auf der 11. Diskussionstagung „Zerkleinerung und Kornvergrößerung“ 2./3. 10. 74 in Freiberg, DDR
- [12] Gottschalk, J., Bernhardt, C.: Über den Einfluss einiger Maschinenparameter auf das Zerkleinerungsergebnis in einer Rohrschwingmühle Vortrag geh. auf der 11. Diskussionstagung „Zerkleinerung und Kornvergrößerung“ 2./3. 10. 74 in Freiberg, DDR
- [13] Bernhardt, C.: Zur Zerkleinerungswirkung in einigen Labormühlen Vortrag geh. auf dem Symposium „Theoretische und technologische Aspekte der Rotationsbohrung und Mahlung“ Sept. 1973 in Kosice, CSSR

Бернхардт, Г.—Хеггн, Х.: Механическое активирование кварца и известняка в различных лабораторных мельницах

Bernhardt, C.—Heegn, H.: Mechanische Aktivierung von Quarz und Kalkstein in Labormühlen verschiedener Typen

Bernhardt, C.—Heegn, H.: Mechanical Activation of Quartz and Limestone in Different Laboratory Mills

Aprítás és anyagszerkezet-változás sugármalomban

MENYHÁRTNÉ KOCSIS MARGIT
MTA Műszaki Kémiai Kutató Intézet, Budapest

A finomórlés hatásosságának növelése érdekében az őrlőberendezések újabb és újabb fajtái találhatnak ipari alkalmazásra. Így fordul mindinkább az érdeklődés a nagysebességgel ütköztető berendezések felé. A rotorral dolgozó, mechanikus ütközéses malmoknál az ütközési sebesség 100–200 m/s ami az 1–5 μm tartományba való őrléshez nem mindig elegendő. A gyorsfordulatú őrlőkéses berendezésekben az őrlés során keletkező hő elvitele is külön feladat.

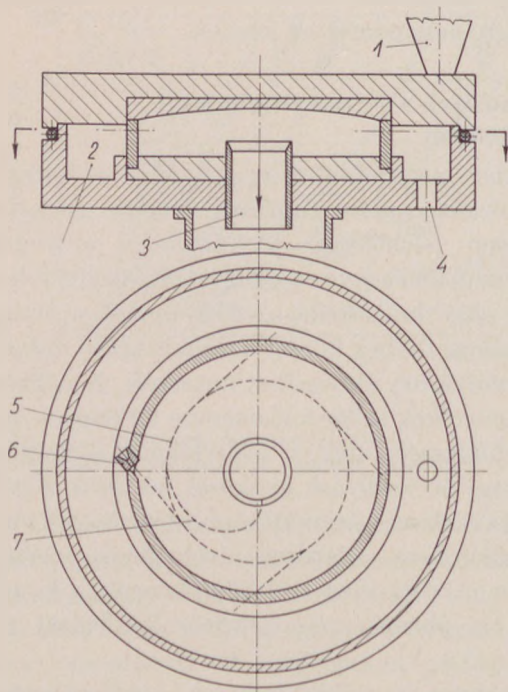
Elsősorban ütközéssel — nagysebességű ütköztetéssel — aprítódnak az anyagszemcsék a gáz-sugármalomban, ahol a gáz-sugárban a részecskék több száz m/s sebességre gyorsulnak fel igen rövid idő alatt. Az ütközés ott hatásos, ahol két különböző sebességű szemcse találkozik, illetve ott, ahol két vagy több sugár keresztezi egymást. A gáz nyomásától függően az őrlőtérben az anyagsugár sebessége elérheti az 1000 m/s-ot is, ez pedig már elegendő az 1 μm -es, vagy ennél kisebb méretek eléréséhez is.

A nagysebességű ütközés, tehát igen intenzív aprítódást eredményez, de ezzel egyidejűleg az őrlményben mélyrehatóbb anyagszerkezeti, kémiai átalakulások is végbemehetnek. Az ütközés energiája, ugyanis nemcsak az új felületek képződésére fordítódik, hanem egyrészt közvetve hővé alakul, másrészt az anyagban tárolódik. Az őrlendő anyag energiatartalom növekedésének többféle lehetősége képzelhető el. Ilyenek a plasztikus deformáció, a mechanikai aktiválás és az amorfizáció.

Schönhert állapította meg, hogy a kb. 1 μm mérethatár alatti szemcse erőhatásra már nem törik el, hanem összenyomódik, maradandóan deformálódik, ridegsége megszűnik. A jelenség az irodalomban mikroplaszticitás néven ismert. A mikroplaszticitás energiafelvételi lehetőséget rejt magában. Egy szemcse deformálásának értelmezésére a közismert feszültség-nyúlás diagram jól felhasználható. A feszültség növelésével a Hook-törvény szerint lineárisan deformálódik az anyag a rugalmassági határig. Ha az ütközés energiája annél az energia értéknél nagyobb, olyan alakváltozás következik be, amely a terhelés elmúltá-

val sem szűnik meg teljesen. A leterhelés során az energiatartalom csökkenése hőfelszabadulással jár, de a deformált anyag már más rugalmassági modulussal rendelkezik, magába rejtve a deformációs energia egy részét. A rideg szemcse energia vesztese alatt a hőfejlődéssel egyidejűleg agglomeráció is végbemehet. Az egyedileg maradandóan deformálódott szemcsék kapcsolatba lépnek egymással — agglomerálódnak — megtartva ezzel deformáltságukat és nagyobb energiatartalmukat. Amennyiben a finomórlés során idegen (reakcióképes) anyag is van jelen, nem agglomeráció, hanem pl. adszorpció vagy kémiai reakció játszódhat le.

Az ütközés energiája oly mértékű is lehet, hogy a kristályrács felületéről atomot, iont szakít ki, miáltal mechanikailag aktivált, kémiaiag le nem kötött hibahelyek jönnek létre a kristályrácsban. Az aprítás előrehaladtával a nem kompenzált vegyértékű aktív helyek száma nő, melyek különböző közegekkel kölcsönhatásba lépnek. Ezzel magyarázható pl. a fémek pirofóros tulajdon-



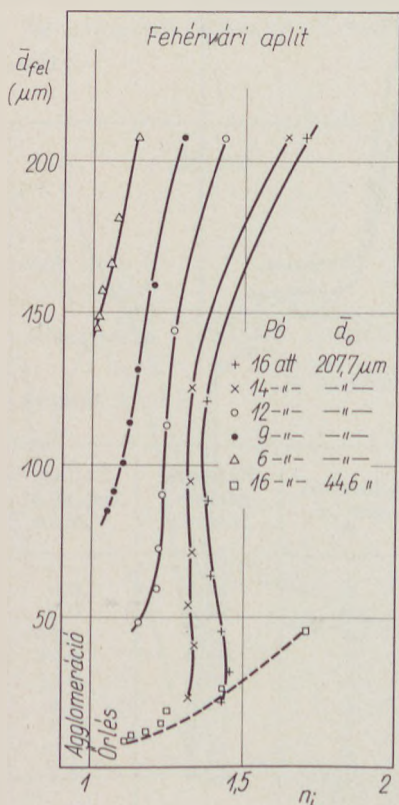
1. ábra. Sugármalom őrlőkamrája

sága, az őrlött kvarc oxigénfelvétele, a grafit öngyulladás, stb. Polimerek ridegőrlésénél ugyancsak kimutatható a láncszakadás, a szabad gyökök képződése.

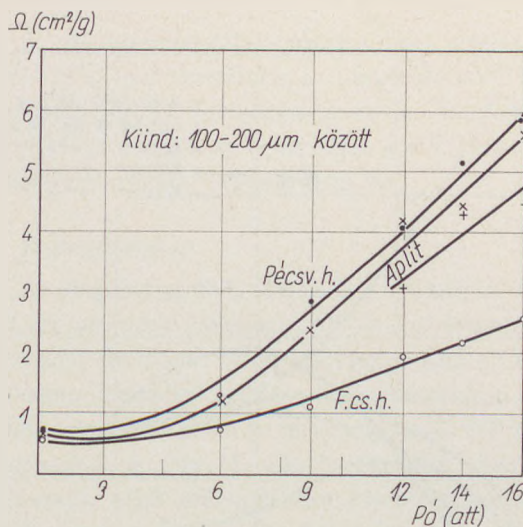
Az őrlődő szemcsék felület rétegeiben a kristályszerkezet mechanikus sérülései, továbbá a plasztikus deformáció következtében az anyag részben vagy teljesen metastabil — amorf — állapotba jut, ami a szabadenergia növekedésével jár. Jellemző hogy a mechanikus diszpergálás eredményeképpen amorfá vált anyagok jelentékenyen aktívabbak kémiaiailag, mint a kristályos szerkezetűek.

Mindezek alapján nem érdektelen tehát vizsgálni hogy a sugármalmokban végzett finomőrlést milyen fizikailag is észlelhető anyagszerkezeti változások követik.

A kísérleti berendezés Fryma—JMRS—80 típusú sugármalom, melynek lapos, henger alakú őrlőkamrájában a közel érintőlegesen elhelyezett fúvókák nagy sebességgel beáramló gázáramban történik az őrlés. Az 1. ábrán látható az őrlés során kialakuló cirkulációs gázáram, illetve a megfelelő méretre leőrölt szemcsék röppályája. A megfelelő finomságúra őrlődött szemcsék az őrlőkamrából (a kamra közepén) kilépnek és a porleválasztó rendszerbe áramlanak. A berendezés laboratóriumi méretű, őrlőkamrája 80 mm átmérőjű, az őrlőgáznyomás 6—16 att között változtatható. A berendezés gázigénye ennek megfelelően 12—30 Nm³/h.



2. ábra. A határ szemcse méret különböző őrlőgáznyomáson a feladási méret, aprítási fok összefüggése alapján



3. ábra. Fajlagos felület változása

Az őrlési teljesítmény a beadagolt szemcsemérettől és anyagminőségtől függően 1—5 kg/h.

A Fryma sugármalomban már nagyon sokféle anyag őrlhetőségét vizsgáltuk. Úgy véljük, ha néhány példán bemutatjuk a fent említett változások bekövetkezését — fizikailag mérhető adatok alapján — ez feltétlen érdeklődésre tarthat számot.

Aprítás, új felületképzés:

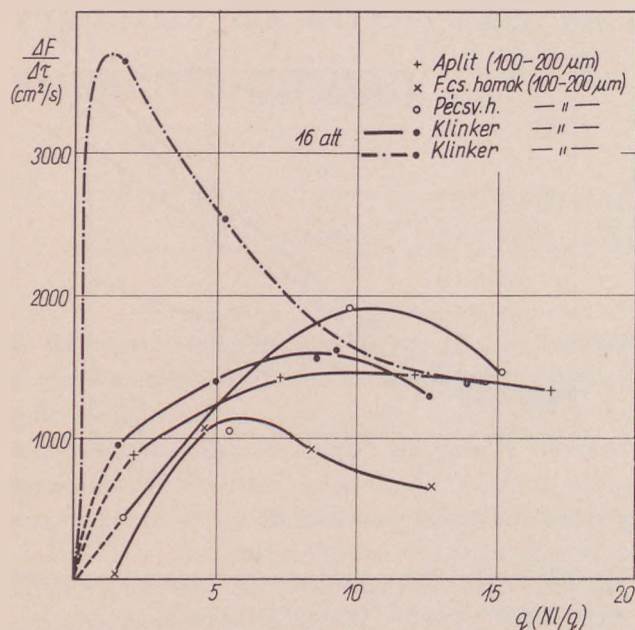
A sugármalomban elsősorban az őrlőgáznyomás szabja meg az elérhető szemcseméret értékeket. Egy olyan őrlési sorozatban, amelyben ugyanazt az anyagot egymásután hétszer őrltük le — azonos őrlési paraméterek mellett — majd megmértük Leitz—Classimat mikroszkóppal a szemcse-eloszlást a következő eredményekre jutunk:

A lépcsőnkénti feladási átlagméret ($\bar{d}_i$) függvényében ábrázolva az aprítási fokot minden egyes lépcsőben megállapítható az a határszemcse-méret, amit egy bizonyos őrlőgáznyomáson az adott anyagban elérhetünk (2. ábra).

Az őrlőgáznyomás növelésével ugyanazon feladási szám mellett mind finomabb őrleményt nyerhetünk. A bemutatott példa fehérvári apilit 100—200 μ-es frakciójának finomőrlése. Négyféle anyagnál szemléltetjük, hogy azonos őrlési feltételek között is mennyire eltérő a fajlagos felület (Blaine) növekedés mértéke (lásd 3. ábra).

A pórusátmérő és a fajlagos felület viszonyának alakulása az őrlés során a pórusképződés mértékét is jelzi:

	fehérv. apilit	fehérv. esurgói homok	pécsvári homok	cement-klinker
$F_k/\bar{d}_k$	3,2	3,16	2,92	4,32
$F_{\gamma}/\bar{d}_{\gamma}$	22,8	9,1	22,9	26,1



4. ábra. A felületképzés sebessége és a fajlagos gázigény közötti összefüggés

A sugárörlés alatt a felületváltozás sebessége és a feladási szám, illetve az őrlógázszükséglet kapcsolat optimum görbéket ad (lásd 4. ábra).

A klinker és az aplít esetén — többszöri feladás folyamán — a sebesség csaknem állandó, míg a fehérvár-csurgói homoknál a 3. lépcsőben, a pécsváradi homoknál az 5. lépcsőben a görbéknek maximuma van. Különösen éles a maximum a 100 mμ alatti szemcsefrakciójú anyag őrlésénél.

Az 1. táblázatban néhány őrlési fajlagos adatot mutatunk be.

Anyagszerkezet változások sugármalomban:

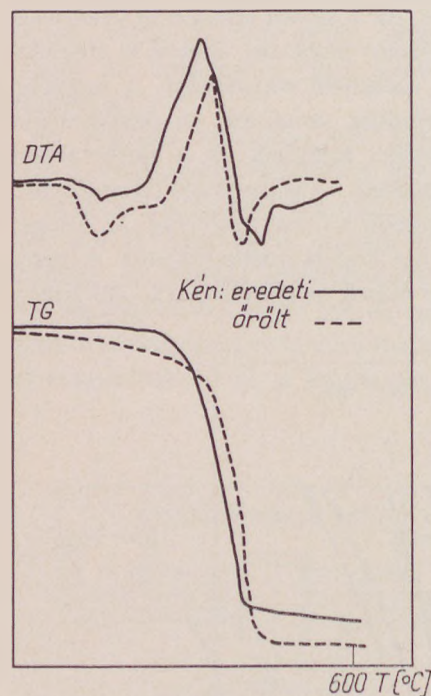
A sugármalom, mint aprítóberendezés különleges helyet foglal el az őrlőberendezések között. Őrléskor ugyanis teljesen kiküszöbölhető a termikus energia felhalmozódása.

Az igen nagy őrlőlevegő: szilárdanyag arány, s az őrlógáz expanziója miatt bekövetkező lehűlés az őrlőtérben ugyanis túlkompenzálja a szemcsék

ütközése, egymáson végbemenő sűrűlődása következtében keletkező hőenergiát. Amennyiben tehát szerkezetváltozás jön létre az anyagon belül sugárörléskor, azt legkevésbé okozhatja termikus hatás. Az anyag belső energia változását differenciáltermoanalízissel, röntgenvizsgálatokkal követni lehet.

Kén őrlése:

Az alapanyag a romaskinói kőolaj kéntelenítése során nyert lemezes elemi kén. A 250 μm-es szemcsék CO₂ őrlógázban 6 att őrlőnyomással 100%-ban 5 μm alá őrlhetők. Az őrlógáz az öngyulladásra hajlamos anyag védőgáza is. Az őrlés alatt a kénpor –3 kV statikus feszültségre töltődik fel. A differenciáltermoanalízis alapján az őrlött anyagban jelentős CO₂ adszorpció mutatható ki, a CO₂ a keletkezett rácshibahelyeken kötődött meg (5. ábra).

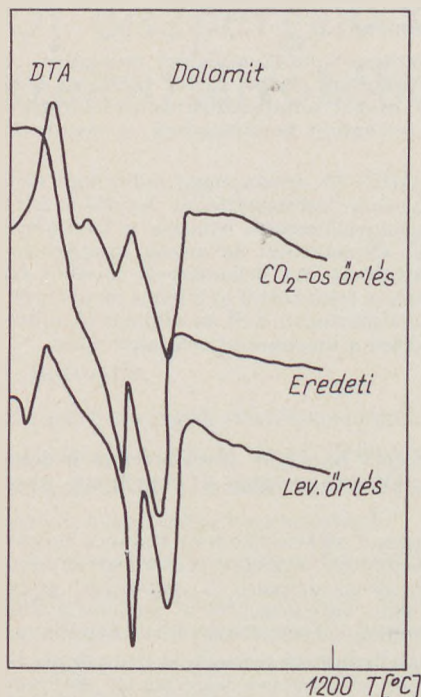


5. ábra. Kén őrlmény CO₂ adszorpciója

Különböző anyagok fajlagos őrlési adatai

Anyag	Feladási méret, μm	Végtermék, μm	Őrlógáz-nyomás, att	Feladások száma	Fajlagos gázfelh., Nm ³ /kg	Fajlagos teljesítm., kg/h
Kén	250 alatt	5 alatt	6	2	13,5	0,5
PVC	300 alatt	50 alatt	11	9	14,0	0,2
Dolomit	63 alatt	2 alatt	11	6	15,7	0,25
Mészke	200 alatt	2 alatt	11	6	22,0	0,35
Okkerföld	200 alatt	20 alatt	6	5	30,0	0,6
Fehérvári aplít	200 alatt	16 alatt	16	7	17,0	0,9
Fehérvár-csurgói homok	200 alatt	45 alatt	16	7	12,7	1,2
Pécsváradi homok	200 alatt	28 alatt	16	7	15,2	1,0
Cement klinker	200 alatt	23 alatt	16	7	12,6	1,2

1. táblázat



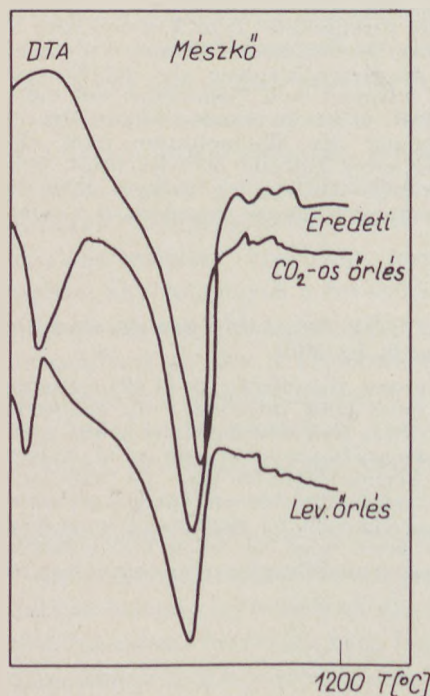
6. ábra.
Sugár-
malomban
őrölt dolomit
DTA
felvétele

PVC őrlése:

A PVC por rendkívül nehezen őrlhető. Az őrlőteret $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tartva 11 att CO_2 őrlőnyomással a következő szemcseösszetétel változás érhető el:

- az $50\text{ }\mu\text{m}$ feletti szemcse 36% -ról 0 -ra csökkent,
- a $10\text{ }\mu\text{m}$ alatti rész mintegy 35% -ra nőtt.

Az őrlött szemcsékben éles törésfelületek látszanak, s az átlagmolekulasúly $25\,800$ -ról $23\,500$ -ra változott.



7. ábra.
Sugár-
malomban
őrölt mész
DTA felvétele

A röntgenvizsgálat szerint az eredeti PVC $20\text{--}22\%$ -ban kristályos, a ridegőrlött PVC teljesen amorfá válik. Termogravimetriás méréssel megállapítható, hogy az őrlés alatt a PVC lánc szakadási helyeire CO_2 kapcsolódott be.

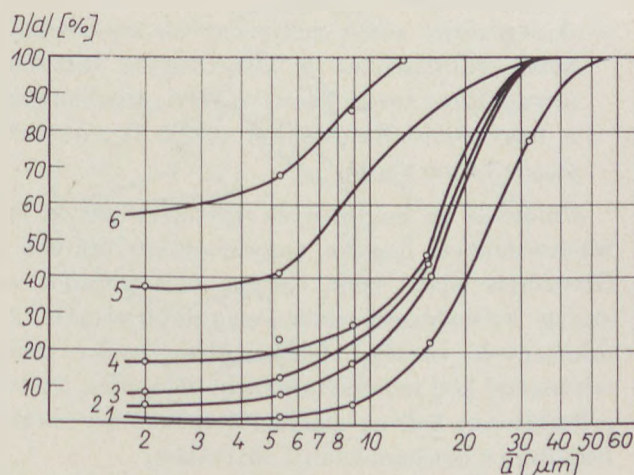
Dolomit őrlése:

Az alapanyag 90% tisztaságú kristályos dolomit 11 att nyomású őrlőgázzal $63\text{ }\mu\text{m}$ -es szemcseméretű anyagot őrltünk. Mind a levegő, mind a CO_2 őrlőközeges őrlemény kristály-energiatartalma az őrlés alatt megnő. Erre a 6. ábrán látható DTA görbesorozaton a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti exoterm csúcs utal. Hasonló, csak százalékosan kisebb energiahalmozódást mért Juhász Z. is a dolomit rezgőmalom őrlése során. A CO_2 -os őrlés hatásosabb, mint a levegős, az anyag 98% -ban $1\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ -es átlagszemcseméretűvé aprítódik. A dolomit kristályos állapota nem változik, míg a szennyezőként jelenlevő néhány százalék kalcit amorfá válik.

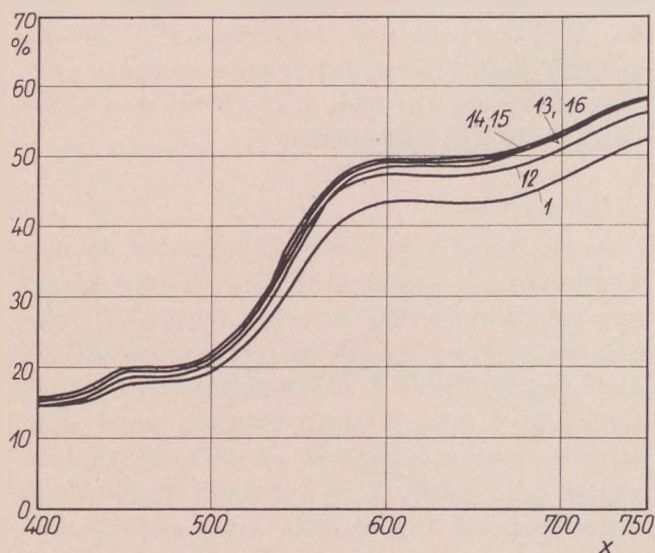
Mész őrlése:

$200\text{ }\mu\text{m}$ -re előőrölt anyagot őrltünk tovább sugármalomban 1 att őrlőgázyomással. A levegővel végzett őrlés eredményesebb volt. Az anyag 98% -a $2\text{ }\mu\text{m}$ alá őrlődik, de az őrlemény karbonát-tartalma 60% -ra csökken. CO_2 őrlőgázatmoszférában a CO_2 tartalom csökkenés elenyésző, de rosszabb az őrlőhetőség.

A röntgenvizsgálatok alapján megállapítható, hogy a CO_2 -os őrlés alatt a kalcit 50% -a amorfá válik, levegős őrléskor csak néhány százalék lesz amorf. A DTA felvételek $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt endoterm kristályfázis változást jeleznek (7. ábra), ami arra utal, hogy a termikus disszociáció előtt további kristályszerkezet változás, — dezagglomeráció — következik be az őrleményben.



8. ábra. Okkerföld őrlési lépésekben kialakuló szemszerkezet-változás



9. ábra. A színreflexió-görbék változása az őrlés folyamán

Végül a hazánkban természetes előfordulású nagynyomású széndioxid gáz hasznosítását célzó kutatások során vizsgáltuk egy természetes pigment az okker föld őrlését.

Megállapításaink:

- A sugármalom alkalmas az okker föld finom-őrlésére (lásd 8. ábra).
- Azonos körülmények között a néhány tized százalék nedvességet tartalmazó anyag jobban őrlhető, mint a teljesen száraz, a víz felület-aktív anyagként szerepel.
- Az őrlés során a szemcseméret csökkenéssel nő a pigmentpor színtartalma és csökken a fekete-tartalma (lásd 9. ábra).
- A színtartalom optimum kialakulásának sem a túl gyors, sem a túl lassú anyagáthaladás nem kedvez. Előbbi az őrlés nem megfelelő mértéke, utóbbi a másodlagos szemcse szerkezet változás — agglomeráció — miatt.
- A sugárőrlés során mélyrehatóbb szemcse szerkezet változásokat a kisnedvesség tartalmú anyag őrlése során jelzett a DTA, összhangban a nagy őrlési hatásfokkal (58% 2 μm alatt, $d_{\text{max}} = 14 \mu\text{m}$ alatt).

Mindezek az eredmények igazolják azt a feltevezésünket, hogy a nagysebességű ütközés a finomőrlés alatt nem hagyja változatlanul az anyag kristályszerkezetét, energiatartalmát. Az őrlmények további felhasználása során tehát tekintettel kell lenni az aktívabb állapotra, illetve céltudatosan kell az előkészítő műveletek sorába beállítani a mechanokémiai aktiválást.

Menyhártné Kocsis Margit: Aprítás és anyagszerkezet-változás sugármalomban

A finomőrlés hatásosságának növelése érdekében az őrlőberendezések újabb és újabb fajtái találtnak ipari alkalmazásra. Így fordul mindinkább az érdeklődés a nagy sebességgel ütköztető berendezések, a sugármalmok felé.

Szerző Fryma-IMRS-80 típusú sugármalomban többféle anyagot vizsgálva bebizonyította korábbi feltevezését, hogy a nagysebességű ütközés a finomőrlés alatt nem hagyja változatlanul az anyag kristályszerkezetét, energiatartalmát. Az őrlmények további felhasználása során tehát tekintettel kell lenni az aktívabb állapotra, illetve céltudatosan kell az előkészítő műveletek sorába beállítani a mechanokémiai aktiválást.

Меньхартне Кочис Маргит: Измельчение и изменение материальной структуры в струйных мельницах

V céljainak megvalósítása érdekében a finom őrlés hatékonyságának növelése érdekében az őrlőberendezések újabb és újabb fajtái találtnak ipari alkalmazásra. Így fordul mindinkább az érdeklődés a nagy sebességgel ütköztető berendezések, a sugármalmok felé.

Автор, испытывав в струйной мельнице типа Фрима—ИМРС—80, большое количество материалов, подтвердил существовавшее уже ранее предположение, что помол высокоскоростным соударением приводит к изменению кристаллической структуры материалов, к изменению содержания энергии. В связи с этим в ходе дальнейшего применения продуктов помола необходимо учитывать их более активное состояние, или же предусматривать в ходе подготовительных операций также и механохимическое активирование.

Frau Menyhárt, Kocsis, Margit: Zerkleinerung und Stoffstrukturänderungen in Strahlmühlen

Um eine erhöhte Wirksamkeit der Feinmahlung zu erreichen, werden in der Industrie immer neuere Typen von Mahlanlagen angewandt. So wendet sich das Interesse immer mehr den, mit hoher Prallgeschwindigkeit arbeitenden Strahlmühlen zu.

Die Verfasserin untersuchte das Verhalten verschiedener Stoffe in der Strahlmühle Type Fryma-IMRS-80 und erbrachte den Beweis ihrer früheren Voraussetzungen, wonach die Kristallstruktur und der Energiegehalt der Stoffe während dem Feinmahlen mit hoher Prallgeschwindigkeit, nicht unverändert bleibt. Bei der weiteren Verwendung der Mahlprodukte muß also deren erhöht aktivierter Zustand berücksichtigt, bzw. die mechanochemische Aktivierung zielbewusst in die Reihe der Aufbereitungsvorgänge eingegliedert werden.

Kocsis, Margit (Mrs. Menyhárt): Comminution and Structural Changes in Jet Mills

In order to increase the effectivity of fine grinding new mill types have been introduced for industrial purposes. One of these new developments is the „jet” mill, where particles are impacted at high speed. Experiments made in Fryma-IMRS-80 type jet mill have proved that the crystal structure and energy content of the substances are changed by high-speed impacting. This more active state must be taken into consideration during the practical utilisation of mechanochemical activation.

Új diszpergáló berendezés szórótányéros szélosztályozóhoz

EIBISCH, R.—HAUBOL, S.—
SCHNEDELBACH, G.

Forschungsinstitut für Aufbereitung, Freiberg, NDK

1. Bevezetés

Porszerű anyagok osztályozásánál a szórótányéros szélosztályozóknak nagy jelentősége van. Legfontosabb alkalmazási területük, a cementipari körfolyamatos őrlőberendezések.

Ezeiktől az osztályozókészülékektől újabban megkívánt nagyobb fajlagos anyagáthaladás, és az előállítandó késztermék granulometriai tulajdonságaival szembeni követelmények gyakran csak az osztályozó leválasztási eredményének romlásával érhetők el, azaz a malomra visszavezetett osztályozott griz megnövekedett mennyiségű készterméket is tartalmaz, ami a körfolyamatos őrlőberendezés teljesítményét hátrányosan befolyásolja.

2. Alapfogalmak

A szórótányéros szélosztályozók technológiai alapjainak vizsgálatai azt mutatták, hogy az osztályozó levegő porterhelésének növekedésével, valamint a porterhelés egyenetlenségével az osztályozó leválasztási élessége romlik.

Konstans anyagátadás esetén az osztályozó levegő porterhelésének csökkentése csak az osztályozó levegő mennyiségének növelésével lehetséges. Egy adott geometriai mérettel rendelkező osztályozó esetében ennek az a következménye, hogy az osztályozó levegő áramlási sebessége növekszik. Ezáltal viszont a leválasztási szemes nagyság durvább tartományokba tolódik el, és a késztermékkel szemben korábban megadott granulometriai követelmények a továbbiakban nem teljesíthetők. A nagyobb volumenű áramlás csak akkor használható ki, ha a szemesekre ható áramlástechnikai és tömegtől függő erők kölcsönhatásának ez által okozott változásait ismét az eredeti áramokban alakítjuk ki. Az osztályozandó halmaz leválasztó zónába való belépési sebességének növelésével a fenti követelmény elérhetőnek tűnik.

Szórótányéros szélosztályozó esetében az anyag-halmaz belépési sebességének nagyságát a diszpergáló berendezés határozza meg. Ugyancsak e berendezés szabja meg a porterhelés egyenletességét is.

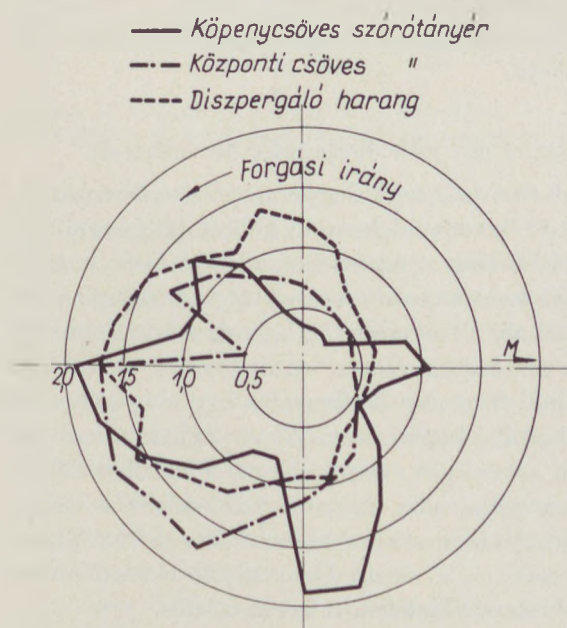
3. Szórótányéros szélosztályozók ismert diszpergáló berendezéseinek vizsgálata

A szórótányéros szélosztályozók ismert diszpergáló berendezései közül a sík szórótányér terjedt el a legnagyobb mértékben.

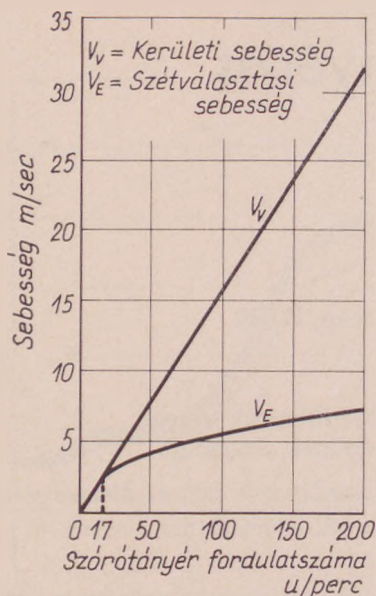
Az osztályozandó anyag halmaz a szórótányérre kerül. A szórótányér felgyorsítja az anyag halmazt és szétszórja az osztályozó kör alakú leválasztó zónájába. Döntő ebben a szakaszban az anyag halmaz egyenletes elosztása, azaz a szórótányér kerületegységére eső szétperdített anyagáramnak az egész kerületen azonosnak kell lenni.

Megvizsgáltuk, hogy a sík szórótányér és a további ismert diszpergáló berendezések ezt a követelményt milyen mértékben teljesítik. A kapott eloszlási eredményeket az 1. ábra mutatja.

A vizsgált diszpergáló berendezések eloszlási eredményei az ideális értékektől lényegesen eltérnek. A gyártóművek által beállított, köpenycsővel ellátott szórótányérok az anyagot meglepően egyenetlenül osztják szét. Ugyanez érvényes a központi csöves szórótányérre és a diszpergáló harangra is.



1. ábra. Az ismert diszpergáló berendezések eloszlási eredményei



2. ábra. A halmaz szétválasztási sebessége (Szórótányér átmérő: 3 m)

További követelmény e feladott anyag leválasztó zónába való belépési sebességének növelése. Ehhez a diszpergáló berendezésnek olyan helyzetben kell lennie, hogy a részecskék centrifugális sebességét növelje. Hogy ez milyen mértékben lehetséges, azt közelítő számításokkal egy 3 m átmérőjű szórótányér esetében vizsgálták meg, mely vizsgálat eredményét a 2. ábra mutatja.

A vizsgált szórótányérnél a centrifugális folyamat 17 ford/perc fordulatszámnál kezdődik. Ha a fordulatszám növekszik, akkor a tányér kerületére vonatkozó lineáris növekvő kerületi sebességgel szemben az anyaghalmoz centrifugális sebessége csak kevésbé növekszik. A fordulatszám növekedésével a kerületi sebesség és a centrifugális sebesség közötti különbség mindig nagyobb lesz.

A szórótányér fordulatszámaának növelésével tehát a centrifugális sebesség csak kismértékben növelhető.

4. Javaslat egy jobb diszpergáló berendezésre

Tekintettel az ismert diszpergáló berendezések bemutatott hiányosságaira, ki kellett fejleszteni egy jobb, lehetőleg egyszerű berendezést, amely valamennyi szórótányéros szélosztályozó fajtához alkalmazható. Mindenekelőtt az volt a követelmény, hogy az anyaghalmoz centrifugális sebességét növeljük. Erre legalkalmasabb egy a „járókerékhez” hasonló konstrukció. Az anyaghalmoz centrifugális sebességét a járókeréknél a kerületi sebesség határozza meg, mivel a járólapátok a szórótányérnél ki nem küszöbölhető csúszást megakadályozzák. A 3. ábrán bemutatjuk a fenti szempontok szerint kialakított konstrukciót.

Elvileg ez a diszpergáló berendezés egyoldali bevezetéssel ellátott járókeréket ábrázol. A járó-

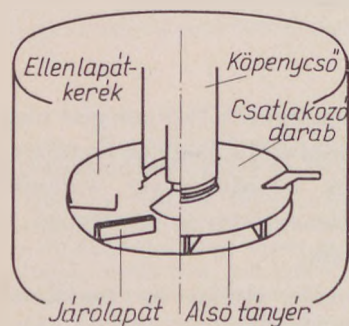
lapátok a sugárhoz képest meghatározott szögben vannak elhelyezve és viszonylag rövidek. A javasolt diszpergáló berendezés — a továbbiakban diszpergáló turbina — az osztályozóba azonos módon kerül beépítésre, mint az ismert egyéb berendezések.

Ez a berendezés csak akkor használható, ha egyúttal egyenletes anyagelosztást is biztosít. Ennek kimutatására megvizsgáltuk egy ilyen diszpergáló berendezés elosztó hatását. A kapott eredményt a 4. ábra mutatja. Összehasonlításuképpen megadjuk a szórótányérra vonatkozó eredményeket is.

Az ábrából kiderül, hogy a diszpergáló turbina az anyaghalmozat lényegesen egyenletesebben osztja szét, mint a szórótányér.

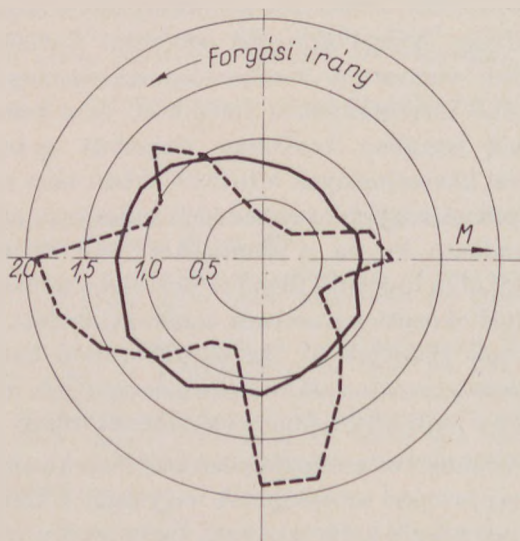
5. Az üzemi kísérlet eredményei

A javasolt diszpergáló berendezés laboratóriumi szórótányéros szélosztályozóban történő kipróbálása a leválasztási élesség, és az osztályozó technológiai adatainak jelentős javulását eredményezte. Ilyen kedvező eredmények alapján a ZAB-Dessau



3. ábra. Diszpergáló turbina

— Diszpergáló turbina
--- Köpenycsöves szórótányér



4. ábra. Az új diszpergáló berendezés elosztási eredményei

cég egy építésben levő körfolyamatos cementipari őrlőberendezés osztályozóját felszerelte a javasolt diszpergáló berendezéssel. A szóbanforgó berendezés egy 4 m átmérőjű, 11 m hosszú, középkihordású, 3-kamrás csőmalom volt. Ehhez kapcsolódott körfolyamatban egy 4,5 m átmérőjű, külső ventilátorral és ciklonleválasztóval ellátott, levegőkeringtető szórótányéros osztályozó. Ebbe az osztályozóba építették be a szórótányér helyett a diszpergáló turbinát (A).

Az eredmények változását egy ugyanazon cementműben működő azonos típusú őrlőberendezéssel való összehasonlítás útján vizsgálták, amelyben egy hagyományos osztályozó üzemelt (B). Vizsgálták egyrészt, hogy a leválasztás élessége a diszpergáló turbina beépítésével üzemi méretű szélosztályozónál javul-e, továbbá, hogy a leválasztás eredménye milyen mértékben növeli az őrlőberendezés teljesítményét. Az osztályozó leválasztási élességének változását az eloszlási görbe segítségével tárgyaljuk.

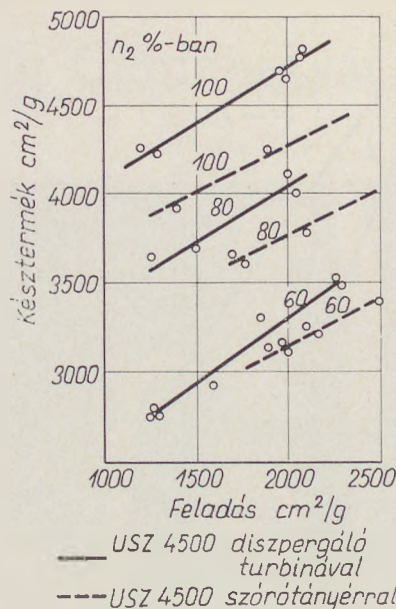
Az 5. ábrán két azonos késztermék-finomságú kísérleti pontban és közelítőleg azonos teljesítmény mellett ábrázoltuk az eloszlási görbékét.

A diszpergáló turbinával ellátott osztályozó eloszlási görbéje a leválasztási élesség növekedését mutatja a finomabb tartományban, ami egy erősen csökkent körbejáró mennyiségben (τ) jut kifejezésre.

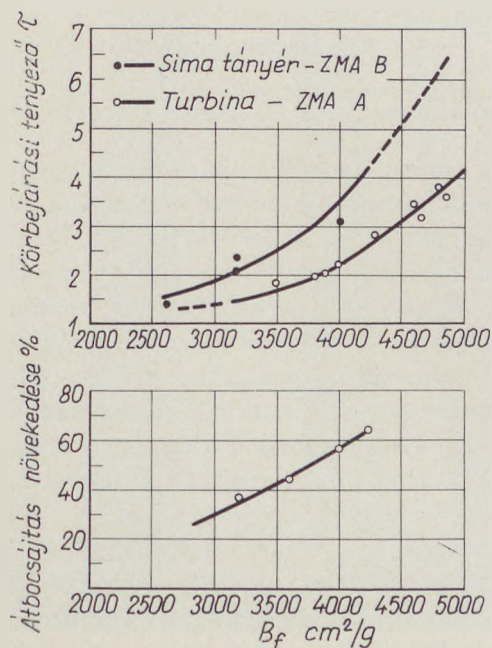
A technológiai adatok szerint a turbinával ellátott osztályozó körbejárási tényezője 4,16-ról 2,80-ra csökkent, és az osztályozó hatásfoka 55,8%-ról 73,3%-ra növekedett.

Egy osztályozó üzemi viszonyaira jellemző a feladott anyag finomságának hatása is a késztermék finomságára.

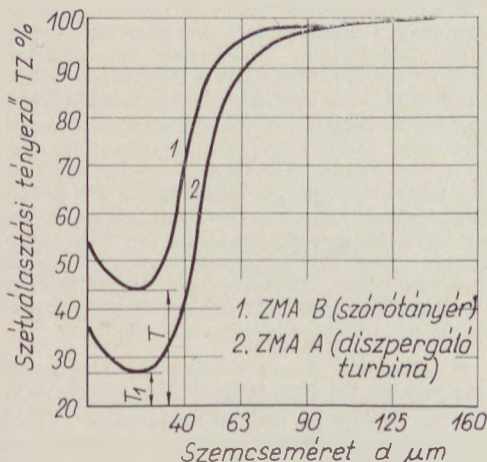
A 6. ábrán bemutatjuk ezt a hatást a diszpergáló berendezés különböző fordulatszámai mellett.



6. ábra. A késztermék finomsága a feladás finomságának és a diszpergáló berendezés fordulatszámának függvényében



7. ábra. A körbejárási tényező és az átbecsújtás növekedése a B_f késztermékfinomság függvényében

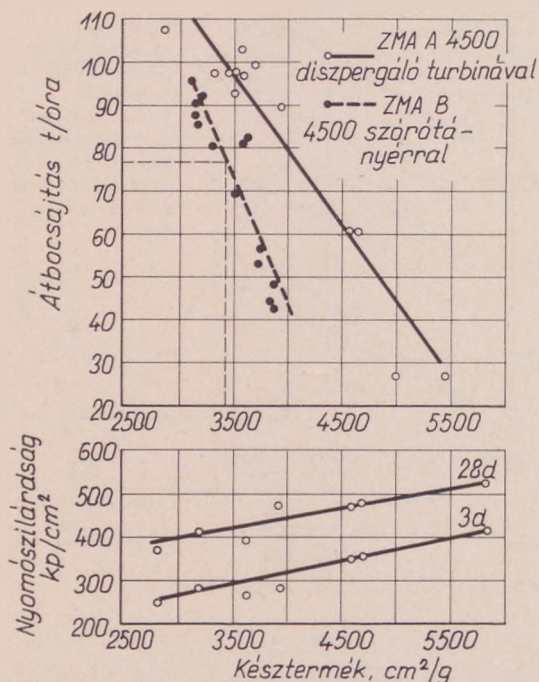


5. ábra. A szétválasztási eredmények összehasonlítása

Az ábrából látható, hogy a turbinával ellátott osztályozó nagyobb finomságú készterméket eredményez. Ez a tendencia erősödik a feladott anyag finomságának és a diszpergáló berendezés fordulatszámának növelésével. Így például a szórótányéros osztályozó egy 2000 cm^2/g finomságú feladott anyagból 4200 cm^2/g Blaine-számú készterméket ad, míg a diszpergáló turbínás osztályozó 4700 cm^2/g finomságú terméket eredményez.

A továbbiakban bemutatjuk azt is, hogy a diszpergáló turbina alkalmazásával az osztályozó teljesítménye növekszik (7. ábra).

Az ábra felső részén a körbejárási tényezőt ábrázoltuk a késztermék finomságának függvényében. Látható, hogy a diszpergáló turbinával ellátott



8. ábra. Az őrlőberendezés átbocsajtása és a nyomószilárdság a késztermék finomságának függvényében

osztályozó azonos finomságú készterméket alapvetően kisebb körbejárási tényező mellett állít elő. A finomság növekedésével a körbejárási tényezők különbsége a turbinával ellátott osztályozó javára növekszik. Kisebb körbejárási tényezők azonban nagyobb késztermék átfolyást jelentenek. Az ezáltal elért teljesítménynövekedést az ábra alsó részén ábrázoltuk, a késztermék finomságának függvényében. Ez a turbinával ellátott osztályozó esetében 3200 cm²/g késztermék finomságnál kb. 35%, míg 4100 cm²/g-nál majdnem 60%.

Az osztályozó késztermék átfolyásának ez a nagyon figyelemreméltó növekedése rendkívül kedvezően hat az őrlőberendezés teljesítmény paraméterének javulására. A 8. ábrán a két őrlőberendezéssel elért teljesítményeket ábrázoltuk a cementfinomság függvényében.

A cementfinomság növekedésével mindkét őrlőberendezés a már ismert teljesítménycsökkenést mutatja. Azonos cementfinomságnál azonban a turbinával ellátott osztályozó (A) mindig nagyobb teljesítményt ért el. A cementfinomság növekedésével a teljesítménynövekedés is mindig erősebb. Egy 3200 cm²/g Blaine-számú PZ 7/375-ös portlandcement előállításánál a B őrlőberendezés 90 t/ó anyagáthaladást ér el. Ezzel szemben az A őrlőberendezéssel 110 t/ó is elérhető.

A 8. ábra arra is rámutat, hogy a B őrlőberendezéssel a berendezés egyensúlyi helyzeténél 4000 cm²/g fajlagos felületig állíthatók elő cementek. Ennél a beállításnál a berendezés teljesítménye kb. 45 t/ó. Az A őrlőberendezés ezzel szemben

azonos cementfinomság esetén 81 t/ó teljesítményt ér el, ami 80%-os növekedésnek felel meg. Annak bizonyítására, hogy az A őrlőberendezéssel azonos finomság mellett nagyobb teljesítmény esetében az előállított cement nyomószilárdsága nem változik, a 8. ábra alsó diagramján ábrázoltuk a 3 és 28 napos nyomószilárdságokat a cementfinomság függvényében. Az ábrából látható, hogy a cement finomsága és nyomószilárdsága között jó korreláció van. Ez az összefüggés mindkét őrlőberendezésre érvényes úgy, hogy az új diszpergálóberendezés alkalmazásával a cement minősége nem romlott.

Eibisch, R.—Haubol, S.—Schnedelbach, G.: Új diszpergáló berendezés szórótányéros szélosztályozóhoz

Az üzemi vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a javasolt diszpergáló berendezés alkalmazásával a szórótányéros szélosztályozó technológiai adatai javíthatók. Kimutatták továbbá, hogy a kedvezőbb osztályozás következtében a malom teljesítményének figyelemreméltó növelése, valamint nagyobb finomságú cementek előállítása vált lehetővé. Az osztályozó jobb leválasztási élessége a cementőrlő berendezés teljesítménynövekedését eredményezi. Megvan a reális lehetőség annak, hogy a diszpergáló turbina előnyeinek jobb kihasználásával az osztályozás még tovább javítható legyen.

Эйбиш, Р.—Хауболь, Ш.—Шнедельбах, Г.: Новое диспергирующее оборудование к сепаратору с разбрасывающей тарелкой

Результаты заводских испытаний показывают, что применение предложенного диспергирующего оборудования открывает возможность для значительного улучшения технологических показателей сепаратора с разбрасывающей тарелкой. Было также показано, что за счет более благоприятного процесса разделения может быть достигнуто существенное повышение производительности мельницы, или же может быть получен цемент повышенной тонкости. Повышенная резкость разделения, достигаемая в сепараторе, приводит к повышению производительности цементного помольного оборудования. Имеются реальные возможности дальнейшего улучшения процесса сепарирования за счет лучшего использования преимуществ диспергирующей турбины.

Eibisch, R.—Haubol, S.—Schnedelbach, G.: Neue Dispergiereinrichtung für Streuwindsichter

Die Ergebnisse der Betriebsuntersuchungen zeigten, daß durch Einsatz der vorgeschlagenen Dispergiereinrichtung eine Verbesserung der technologischen Daten des Streuwindsichters erreicht wird. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, daß das günstigere Sichtergebnis eine beachtliche Steigerung des Anlagen-durchsatzes bzw. die Erzeugung von Zementen höherer Feinheit ermöglicht. Das verbesserte Trennergebnis des Sichters bewirkte somit eine Effektivitätssteigerung der Zementmahlanlage. Diese Ergebnisse wurden mit einem Sichter erzielt, bei dessen Auslegung die Erfordernisse der vorgeschlagenen Dispergiereinrichtung noch nicht berücksichtigt werden konnten. Es bestehen reale Aussichten, daß durch bessere Ausnutzung der Vorteile der Dispergierturbine das Sichtergebnis noch wesentlich verbessert werden kann. Insbesondere dürfte sich der spezifische Sichterdurchsatz auf Werte steigern lassen, die gegenwärtig als nicht erreichbar gelten.

Eibisch, R.—Haubol, S.—Schnedelbach, G.: A New Dispersing Apparatus for Revolving Table Air Classifiers

Plant tests have proved that the described dispersing turbine improved technological performance (esp. precipitation sharpness) of revolving table air classifiers. This improvement manifests itself in the increase of mill output and a higher fineness of the ground cement.

Próbaüzemel a hejőcsabai új Cementgyár

Negyedik ötéves tervünk legnagyobb szilikátipari beruházása a hejőcsabai új Cementgyár építése befejezéséhez közeledik. Az új gyár első termelő vonala április hónapban megkezdte próbaüzemét. Ebből az alkalomból időszerűnek tartjuk tájékoztatni az „Építőanyag” olvasótáborát, illetve a szilikátipar iránt érdeklődő szakembereket ennek a nemzetközi viszonylatban is figyelemre méltó, hazai viszonylatban pedig legnagyobb és legkorszerűbb cementműnek paramétereiről, építésének körülményeiről és várható eredményeiről.

Az új gyár az 1951–53-ban épült régi aknakemencés cementgyár mellett épül, a régi gyár nyersanyagbázisára telepítve. Építésével párhuzamosan a régi gyár — a mészüzem és néhány rekonstruálásra kerülő, és az új gyárba bekapcsolódó üzmrésztől eltekintve — megszűnik.

Nyersanyagbányák

A beruházás keretében a Nagykőmázsa hegyen települt mészkőbánya teljes rekonstrukciójára került sor. Új termelő szinteket nyitottak, úgy hogy a korábbi egy szintes műveléssel szemben perspektívakusan négy szinten, alacsony bányafalakon folyhat a termelés.

A letermelt mészkő felszedésére $3,6 \text{ m}^3$ kanáltér-fogatú CATERPILLAR rakodók, szállítására 27 tonnás BELAZ dömperek kerültek beszerzésre.

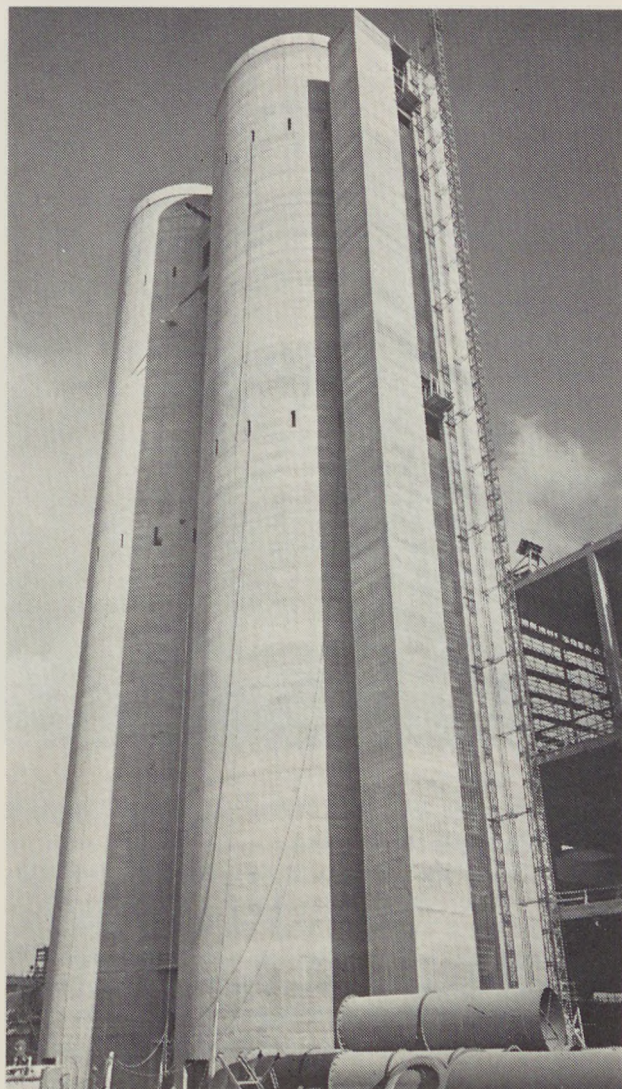
A mészkő előtörését két szinten telepített egy-egy 500 m^3 -os teljesítményű szovjet kúpos törő biztosítja. Az előtört kőből az aknakemencés mészüzem részére szükséges darabos követ egy vibrorostákkal bíró osztályozómű választja le, majd a cementgyár részére szolgáló mészkövet Humboldt-Apritógépgyár kooperációban gyártott 2 db $400 \text{ t}/\text{ó}$ teljesítményű röpitőtörő aprítja tovább $0\text{--}40 \text{ mm}$ szem nagyságra.

A mészkőbánya és a gyár között $5,9 \text{ km}$ hosszú, három tagból álló acélsodronybetétes gumihevederes szállítószalagrendszer biztosítja a mészkő szállítását. A szalagrendszer a nyugatnémet Eickhoff cég, illetve az UVATERV tervei alapján épült. Hevederét a japán Yokohama Rubbe et. Co., gépészeti berendezéseinek egy részét az Eickhoff cég szállította. A szalagrendszer névleges állítóteljesítménye $700 \text{ t}/\text{óra}$.

A cementgyár nyersanyagának másik fő komponense a régi gyár csornyatetői agyagbányájából származik. Az agyag beszállítása — mintegy 4 km-es távolságról — közúton, 12 tonnás Skoda bilenőszekrényes teherautókkal történik.

Cementgyár

Maga a cementgyártó üzem a nyugatnémet Polysius cég korszerű száraz eljárású technológiai rendszerét valósítja meg. A nyersanyag előkészítés és klinkerégetés két gyártósorral, a cementörölő üzmrész három malomegységgel rendelkezik.



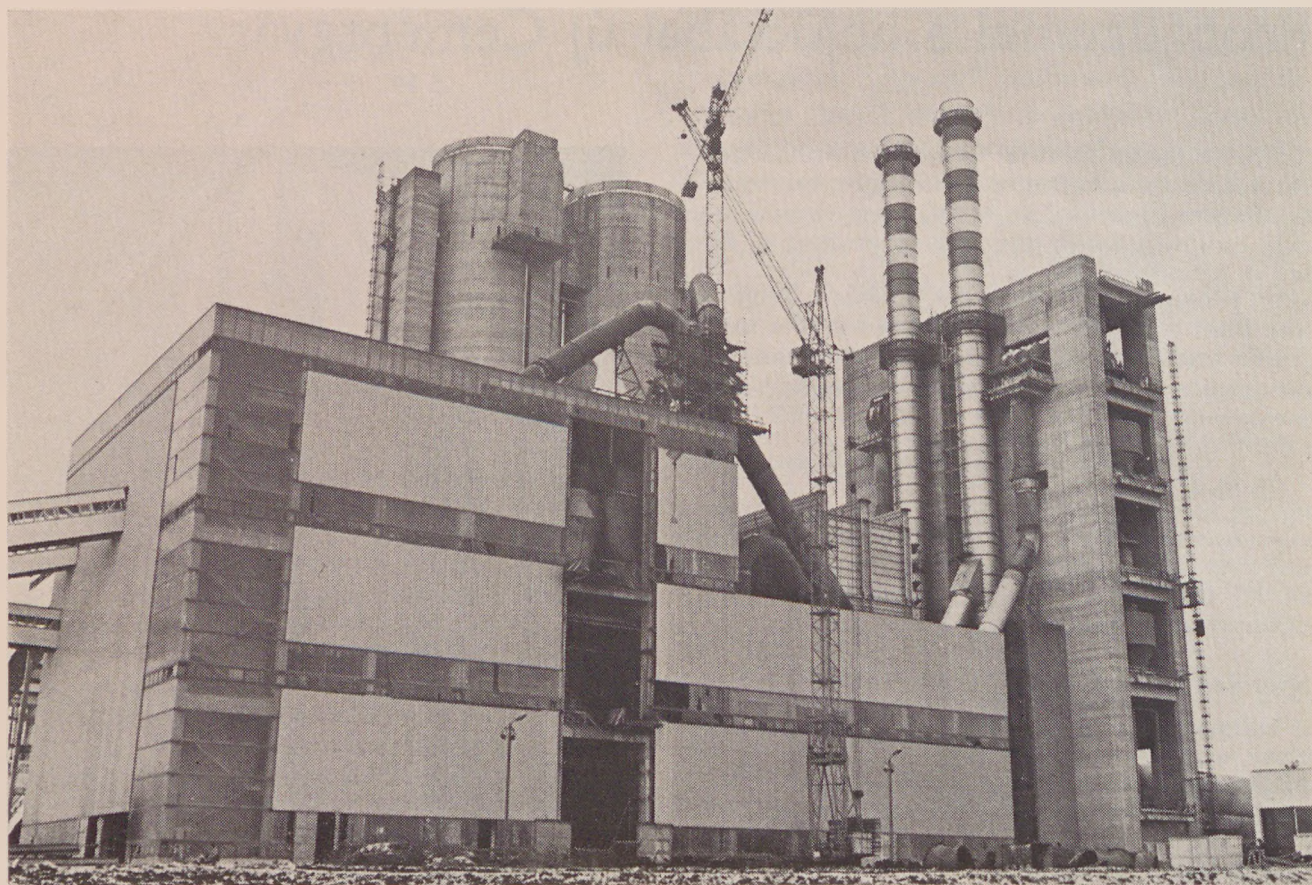
A nyersmalom egységek $\varnothing 4,4 \times 15,2 \text{ m}$ főméretű szárítva örlő 2 kamrás (+ szárító kamra) doppelro-tártorok kettős meghajtással, 2600 kW teljesítményigénnyel. Garantált örlési teljesítményük $200 \text{ t}/\text{ó}$ egységenként.

A nyersmalmok fűtését — tartós üzemben — a klinkerégető kemencerendszerből távozó füstgáz biztosítja. A malmok induló felfűtését hazai tervezésű és gyártású (TÜKI) előtűzelő berendezés szolgálja.

A nyersliszt homogenizálása majd tárolása két 16 m átmérőjű $4000 + 6000 \text{ m}^3$ űrtartalmú emeletes silóban történik.

A klinkerégető kemencék $4,6 \text{ m}$ $\varnothing$ -jű, 80 m hosszú forgókemencék, egyenként 9 db $\varnothing 2,0 \text{ m} \times 18 \text{ m}$ méretű bolygó hűtőcsővel. A forgókemencéhez „DOPOL” rendszerű 4 fokozatú hőcserélő torony tartozik.

A kemenceegységek garantált névleges teljesítménye 2000 t klinker/24 ó. hőfogyasztása 780 kcal/kp klinker.



A kemencék tüzelése 8300 kcal/Nm^3 fűtőértékű földgázzal történik.

A nyersmalmok és kemencék füstgázának portalanítását a nyugatnémet LURGI cég által (hazai kooperációban) szállított elektrofilterek végzik. Az elektrofilterek két szekciós, horizontális elrendezésűek, eléjük kapcsolt füstgáz klimatizáló hűtőtornyokkal. Az elektrofilterekre adott garancia a távozó füstgáz portartalmát max. 60 mg/m^3 -ben engedi meg.

A cementőrlésre 3 db két kamrás körfolyamatban dolgozó malomegység szolgál, amelyek jellemző adatai egységenként: $\varnothing 4,4 \text{ m}$; malomhossz: $15,0 \text{ m}$; kettős meghajtás; meghajtó teljesítmény igény 3500 kW . A malmok garantált teljesítménye 113 t/ó $2800 \text{ cm}^2/\text{g}$ Blaine, illetve 71 t/ó $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ Blaine őrlési finomság mellett. A cementőrlő malmok szellőző levegőjének portlanítása ugyancsak LURGI elektrofilterekkel történik.

Az új gyár a beruházási javaslat előirányzata szerint kohósalak adalékos cementet fog termelni. A kohósalak tárolás és szárítás — valamint a gipszkökezelés — létesítményei a régi gyár hasonló létesítményeinek teljes felújításával, illetve jelentős bővítésével épülnek.

A cement tárolására 8 db egyenként 6000 m^3 űrtartalmú 16 m átmérőjű vasbeton siló épül, amelyhez közvetlenül csatlakozik a cement csomagoló, ill. ömlesztett cement kiszolgáló állomás. Megmarad emellett a régi cementgyár 4 db 6000 tonnás cementsilója is, amely — szükség megoldással — az új gyár cementtárolásába bekapcsolható.

A nyersanyagtermelő és cementgyártó üzemrészekon kívül a beruházás keretében különböző kiszolgáló létesítmények, ill. üzemrészek is megvalósulnak. Így az új gyárnak saját vízkivételi műve és ipari vízhálózata épül nagy teljesítményű vizlágyítóval. Kazánház, TMK műhelyek és raktárak, kompresszortelep és a villamosenergia ellátás és hálózat létesítményei egészítik ki az új gyár létesítményállományát.

Automatizálás

Az új létesítmény a telepítés és az alkalmazott technológia, valamint a technológiai részegységek és azokon belüli berendezések egymáshoz kapcsolása tekintetében a ma legkorszerűbbnek ismert elvek szerint került kialakításra.

A gyártó technológiai sorok minden részberendezésének üzemszerű indítása, befolyásolása és ellenőrzése távvezérléssel, központi vezérlő tereméből történik. A megmunkáló és anyagmozgató berendezések emellett a technológiai igényeknek megfelelően reteszelve vannak és a retesz feltételek közé beépítésre kerültek a technológiai folyamat, valamint a legfontosabb gépészeti berendezések biztonságát jellemző paraméterek is (hőmérséklet, nyomás-, áramlásmérők, ill. jelzők, füstgáz összetétel ellenőrzés stb.).

Fentiekon túlmenően a nyersanyagelőkészítő üzemrésznél számítógépes folyamatszabályozással teljes automatizálás kerül kiépítésre. Ennek lényege, ill. rövid leírása az alábbi:

A nyersmalmok őrleményéből automatikus mintavételező berendezés beállítható időközönként átlagmintát vételez és csőpostán a központi vezérlőben telepített laboratóriumba szállítja. Itt a nyersanyagminta oxidos elemzését egy ARL 7400 típusú röntgenquantométer végzi és az elemzés adatait a számítógépegységbe táplálja. A számítógépegység, amelybe a kívánt cement, ill. klinkerminőségnek megfelelő „solwert” előzetesen betáplálásra kerül, az elemzés adatain kívül megkapja, ill. tárolja az előző időperiódusokban termelt nyersanyag összetételét és ezek, valamint a mennyiségi értékek alapján kiszámítja a „solwert” megközelítéshez szükséges változtatásokat és ennek megfelelően vezérli a nyersanyagkomponensek adagoló mérlegeit.

A nyersanyagbeállítás automatizálása a próbaüzem során még nem került kiépítésre. Realizálása a hagyományos módszerekkel lefolytatott sikeres próbaüzemeltetést követően az év második felében várható.

A beruházás lebonyolítása

A beruházásra vonatkozó döntés 1970. év végén született. A kivitelezési munka 1971. második felében kezdődött.

A beruházás technológiai és generál tervezését a Szikkti végezte. A kiviteli tervek készítésében a Szikkti kívül az Iparterv, Mélyépterv, Uvaterv, KGMTI, VTFV, TÜKI, POTI tervezői vettek részt.

A beruházás lebonyolítását a Cement- és Mészművek megbízásából a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, illetve a beruházás építési feladatainak egy részét az Építőipari Beruházási Vállalat végzi.

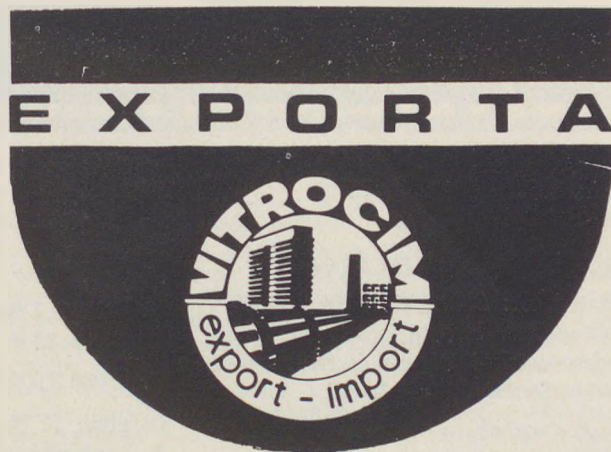
A beruházás építési munkáit a 31. sz. ÁÉV., Az Út- és Vasútépítő Vállalat, továbbá az Észak-magyarországi ÁÉV és a Borsod megyei ÁÉV, mint generál vállalkozók végezték.

A beruházás cementgyártó üzemszékeinek technológiai gépi berendezéseit részben a technológiai alapterveket szolgáltató és a technológiai garanciákat vállaló Polysius és LURGI cégek, részben a Polysius cég tervei és adatszolgáltatása alapján a csehszlovák Pragoinvest külkereskedelmi vállalat, részben pedig hazai gépgyártó vállalatok szállították.

A technológiai gép- és villamos szerelés túlnyomó részt a Gép- és Felvonószerelő Vállalat, valamint a Villanyszerelőipari Vállalat generálvállalkozásában folyik, de rajtuk kívül számos hazai gépgyár is részt vesz a szerelésben.

A leírtakból talán érzékelhető, hogy a hejőcsabai új Cementgyár megépítése milyen komoly műszaki és szervező munkát követelt a beruházásban résztvevő tervező, építő, szállító és szerelő vállalatoktól. Nem kevésbé nagy mértékű az anyagi befektetés, amelyet a Népgazdaság az új létesítményre áldozott. Mindezek árán a hazai cementipar fejlesztése jelentős lépéssel halad előre és remélhetőleg rövid időn belül realizálni tudja a beruházás előirányzott gazdasági eredményeit is.

Chikán János



Építési anyagok széles választéka

Kötőanyagok: BSS 12/58 portlandcement, szulfátálló cement, fehér cement, építési gipsz, hidratált mész, darabos égetett mész, gipszok.

Azbeszt-cement termékek: Hullámlemez, csövek.

Vízszigetelő anyagok: Kátránylemez, kátrányszövet, kátrányvászón.

Hangszigetelő anyagok: Párnázat, szövet, lemez, és vány gyapottból készült fonalak és burkolatok, dialit téglák.

Márvány és melléktermékei: Tömbök, lapok, márványtörmelék, márványszemcsék, mozaiklapok.

Kerámia anyagok: Zománcozott kerámia lapok, zománcozott és zománc nélküli homokkőlapok, fajanszcsempék, cserepek, téglák, szemcsék.

Falburkolatok és PVC szőnyegek

Előregyártott betonelemek: Autóklávban kezelt vasbeton elemek, vasalás nélküli beton sejtelemek, csövek, nagy méretű előregyártott panelek.

Egészségügyi és fűtési felszerelések:

Fürdőkádak, radiátorok, sárgaréz egészségügyi szerelvények, kő- és öntöttvas lefolyócsövek, egészségügyi porcellán és zománcozott öntvény cikkek.

VITROCIM

Külkereskedelmi Vállalat

18, rue Blănari

Bukarest — Románia

Telefon: 131638. Telex: 11330 r vicim



CEMENT, WAPNO, GIPS Kraków, 1975. 2. sz.

ETO:666.94.015.2 666.94.041.57

Bator, F.: *Szárazeljárású forgóke-mencében lezajló kémiai reakciók matematikai leírása és numerikus szimulációja.* 37—44. old.

A szerző a kemencetöltetben végbemenő kémiai reakciókat matematikailag modellezte. A modell alkalmazását a folyamatdinamizmus elméleti tanulmányozásához tárgyalja. Számos érdekes ered-

ményt kapott a modellszimulációból a reális rendszerre vonatkozóan.

SZTEKLO I KERAMIKA, Moszkva, 1975. 3. sz.

ETO:666.3.032.6

Entelisz, F. Sz.—Svareman, E. R.: *A kerámiai massa textúrájának függése a vákuumprések szájnnyílás konstrukciójától.* 28—30. old.

Vákuumpréssel különböző szájnnyílás konstrukción keresztül ext-

rudált porcelán és fajansz-masz-sza textúrájának szupernagyfrekvenciás (SzVCs)-„intrografikus” vizsgálati eredményeit ismertetik. A masszatómb a szájnnyílás konstrukciójától függően gyűrűs-patkó-szerű textúrával rendelkezik, ami termékformázásnál a vetemedés mértékét befolyásolja; a textúra-mentesebb masszatómb előállítási lehetősége, a szájnnyílás-konstrukció hatásának törvényszerűségei a textúráképződés jellegére.

SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

VIII. TISZTÚJÍTÓ KÖZGYŰLÉSE

Értesítjük Egyesületünk tagjait, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesület

VIII. Tisztújító Közgyűlését

1975. november 25-én

tartjuk meg az MTESZ Kossuth téri székháza kongresszusi termében.

A Közgyűlés részletes programját tagságunknak megküldjük.

Szilikátipari Tudományos Egyesület
Elnöksége

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.

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.

Index: 25 250

75.9., 4784 Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő.

BNV DÍJNYERTES TERMÉK ISMERTETÉSE

ROCLA ismertető



A Rocla vasbeton csövek kiváló tulajdonságait és gyakorlati alkalmazhatóságát értékelte az 1975. évi Tavaszi Nemzetközi Vásár szakzsűrije és a

A BUDAPESTI NEMZETKÖZI VÁSÁR DÍJA

kitüntetéssel jutalmazta.

A fenti kitüntetés bizonyíték és egyben biztosíték a Rocla csőcsalád gyártmányainak kiváló minőségére.

A Fővárosi Vízművek a Dyckerhoff és Widmann cégtől vásárolt licenc alapján Rocla eljárással gyárt nagytérű vasbeton csöveket, amelyek messzemenően kielégítik a feszítés nélküli vasbeton csövekkel szemben támasztott követelményeket.

A Rocla gyártási rendszer egyesíti magában a pörgetés és a hengerléses eljárást. A gyártás vízszintes tengelyre helyezett pörgetett sablonban történik. A pörgetésből adódó centrifugális erő eredményezi, hogy a sablonba juttatott beton a helyén marad. A tömör betonszerkezet kialakítását pedig az intenzív hengerléses nyomás biztosítja. A vázolt módszerrel alacsony vízcement tényező mellett történhet a beton bedolgozása és homogén, önmagában is vízzáró betonszerkezet állítható elő. A beton minősége B 550. A gyártáshoz váci PC 600-as, lábatlani S 54-es cementet használnak fel. Ez a betonminőség az adalékanyagok és a technológia állandó ellenőrzését kívánja, amelyet az üzem mellett tevékenykedő laboratórium végez el.

A csövek felhasználási területe sokrétű. 2 att üzemi nyomásig vízvezeték, csatornák, utak alatti átvezetők, védőcsövek építésére használhatók. Alkalmask továbbá, kitarakás nélküli sajtolásos módszerrel épülő

vezetékek kivitelezéséhez is. A csövek összekapcsolása korszerű gumigyűrűs kötessel történik.

A Rocla csövek statikai teherbírása a változó terhelésű vonalszakaszok igénybevételeihez igen jól illeszthető. A csövek azonos minőségű betonból készülnek, az acélbetétek azonban meghatározott tartományon belül a tényleges szükségletnek megfelelően írhatók elő. További variációs lehetőséget biztosít a tervező számára, hogy a cső falvastagsága a belső átmérő rovására rögzített lépcsőkben változtatható. Az általában kétrétegű acélkosarak előállítását automatikus működésű hegesztőgépen történik bst. 42/50-es csavarbordázott acélhuzalból.

A csövek minősítéséhez az Építés Tudományi Intézet elvégezte az éltérhelésre vonatkozó vizsgálatokat, amely alapján az EMI kiadta a csőre vonatkozó műszaki és biztonságtechnikai bizonyítványt. Ezáltal a csövek rendelkeznek az EVM 6/1969. (II. 12.) számú rendeletben előírt bizonyítékokkal és a csövek beépítésének elvi akadályai nincsenek.

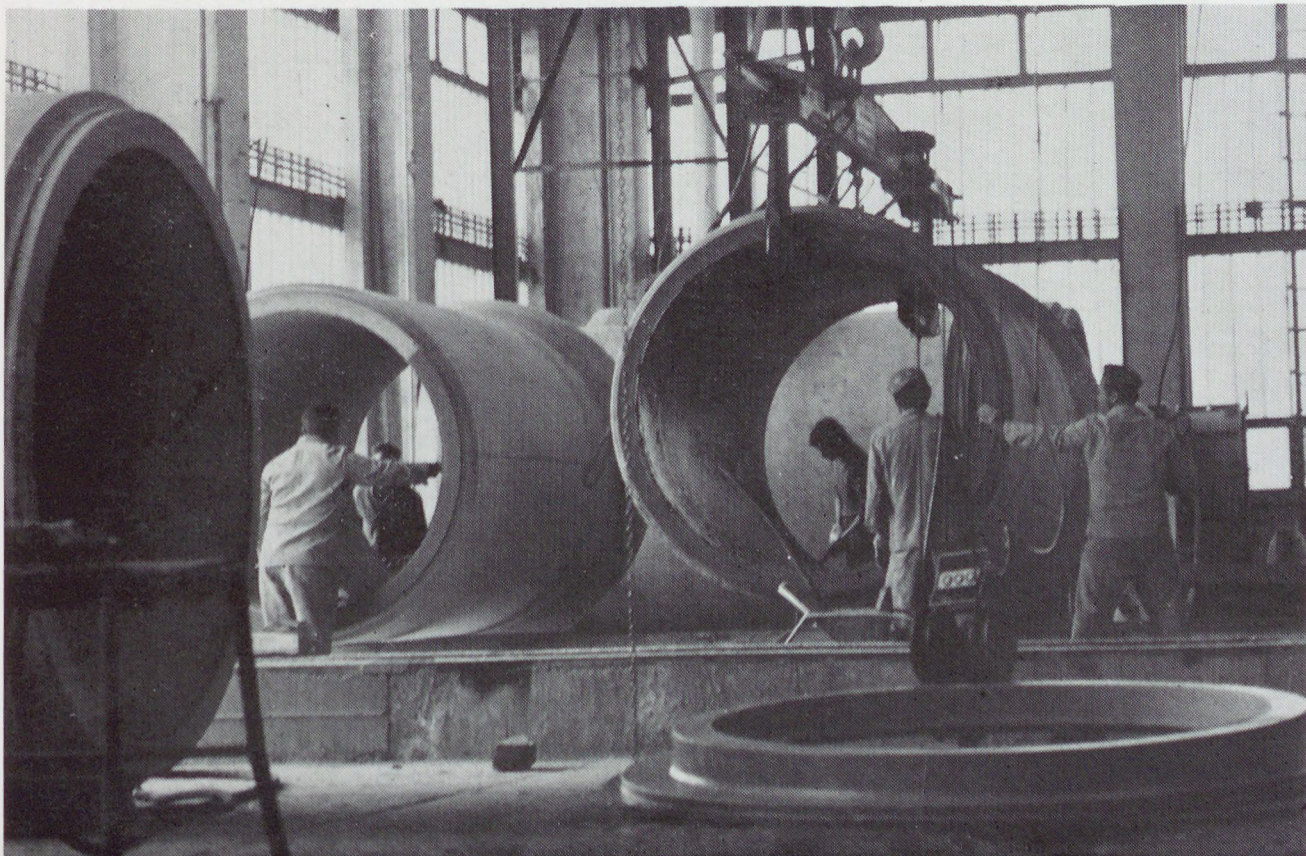
Az üzemszerű termelés 1973-ban kezdődött. Jelenleg 120, 140, 165, 180, 200 és 210 cm-es átmérőkben készülnek csövek. A jövőben a maximális átmérőt 300 cm-re növelik az üzem kapacitásának bővítésével együtt.

Az eddig eltelt időszak alatt a felhasználók részéről nagy érdeklődés mutatkozott. Szeged, Győr, Nagykanizsa, Kecskemét, Komárom, Zalaegerszeg, Debrecen, valamint Budapest főgyűjtő és gyűjtő csatornái készültek Rocla csőből. Sor került főútvonalak és vasút alatti, sajtolással kivitelezett műtárgyak építésére, valamint sajtolható cső Csehszlovákiába történő exportjára is. A Fővárosi Vízművek alacsony nyomású csatornahálózatának fejlesztésére pedig mintegy 30 km hosszban fektetett le Rocla csövet.

Az eddigi tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a „Rocla” rendszerű cső korszerű, keresett termék, amely alkalmas termelékeny fektetési eljárások bevezetésére.

Budapest, 1975. június 16.

Szilágyi Gábor
üzemvezető

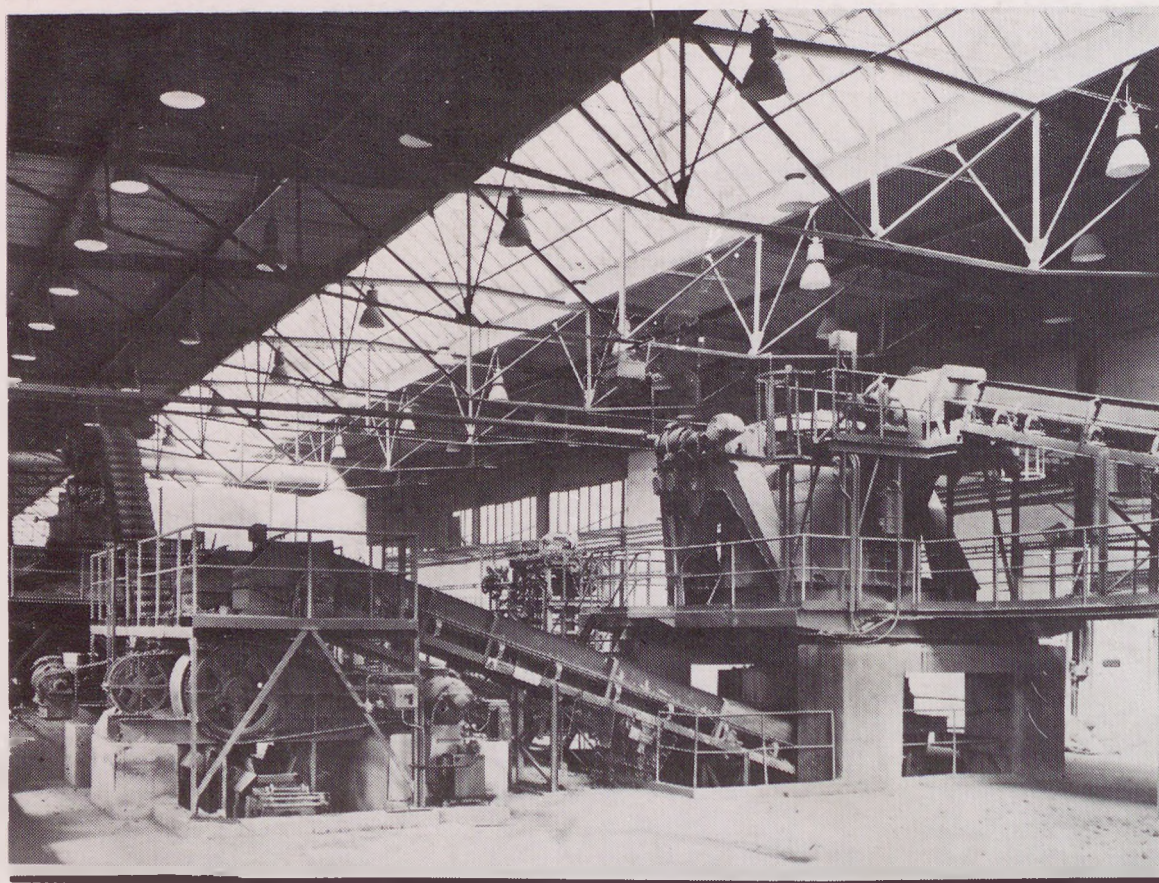


KOMPLETT BERENDEZÉSEK BŐVÍTÉSEK

a téglagyártó ipar számára

"Keresse fel kiállításunkat a Brnoi Nemzetközi Vásáron!"

Új berendezések kulcsátadással • Nagy teljesítményű
előkészítő sorok • Alagutas kemenceépítés



Egy 40 t/h teljesítményű téglalapanyag előkészítő sor látszati képe. A berendezés speciálisan kifejlesztett, hengerekkel felszerelt kalapácsos törőből, nedves-kollerjából, két kiesőhelyes tányéros keverőből és két differenciál-finomhengerműből áll.



Exportáló:

pragoinvest

180 56 Praha 9, Českomoravsko 23

PREROV MACHINERY

Csehszlovákia