

302.935

ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIPARI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA*

11

XXI. ÉVFOLYAM • BUDAPEST 1969. NOVEMBER

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

A mész- és cementipar,
az üvegyipar-, a finom-
kerámia, a téglá-, cserép-
és kő-kavicsipar tudomá-
nyos szakirodalmi folyóirata

★

Főszerkesztő:

Dr. Talabér József

★

Felelős szerkesztő:

Dr. Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztő bizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Dr. Knapp Oszkár

Dr. Kovács Róbert

Kudelka Dénesné

Lenkei György

Magyar István

Dr. Soltész Gáspár

Szabó Elek

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

★

Szerkesztőség:

Budapest V., Szabadság

tér 17.

Telefon: 124-438

★

Kiadja:

Lapkiadó Vállalat,

Budapest VII.

Lenin körút 9—11.

Telefon: 221-285

★

Felelős kiadó:

Sala Sándor

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. —
Előfizethető a Posta Központi
Hírlap Irodánál (Budapest V.,
József nádor tér 1. Tel.: 180-850)
és minden postahivatalnál. A
folyóirat külföldre előfizethető:
„Kultúra” P. O. B. 149. Buda-
pest 62. Előfizetési díj: ¼ évre
22,50 Ft; félévre 45.— Ft; egyes
szám ára: 7,50 Ft. — Csekkszám-
laszám egyéni 61,252; közületi
61,066 vagy átutalás az MNB 8.
sz. folyószámlájára.

69.11., 10045 Révai Nyomda,
Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárnay Jenő

Index: 25,250

TARTALOMJEGYZÉK

20 éves a magyar—szovjet műszaki-tudományos együttműködés	401
Talabér József: CaO diffúziója szilárdfázisú ásványi anyagokban	403
Egyesületi élet	407, 436
Nurse, R. W.: Szilárd anyagok felületi energiája, adhéziója és kohé- ziója	408
A világ szilikátiparából	416, 437
Gálos Miklós—Kertész Pál—Kürti István: Kőzetvizsgálat triaxiális nyomócellában	417
Bernolák Béla—Udvardi Miklós: Mikroszkopos alkalmazása üveghibák elemi összetételének megállapítására	423
Ludas Mihály: A kvarc és alumíniumoxid őrlési finomságának befo- lyása a műszaki porcelán mechanikai szilárdságára	425
Ferenczy Pál: Kavicsbányák osztályozott késztermék tárolói	428

СОДЕРЖАНИЕ

Талабер, Й.: Изучение процесса диффузии молекул CaO в твердо- фазовых минеральных веществах	403
Нерс, Р.: Поверхностная энергия, адгезия и кохезия в твердых ма- териалах	408
М. Галаш—П. Кермес—И. Кюрти: Испытание пород в триаксиаль- ной камере давления	417
Бернолак, Бела—Удварди, Миклош: Определение элементарного со- става стекловых дефектов методом рентгеновского микроанализа	423
М. Любаш: Влияние тонкости помола кварца и окиси алюминия на механическую прочность технического фарфора	425
П. Ференци: Хранилища для классифицированного готового продук- та гравийных карьеров	428

I N H A L T

Talabér, J.: Diffusion des CaO in Mineralstoffen in Fester Phase	403
R. W. Nurse: Oberflächenenergie, Adhäsion und Kohäsion in Festen Materialien	408
Gálos, Miklós—Kertész, Pál—Kürti, István: Gesteinprüfung in triaxi- aler Druckzelle	417
Bernolák, Béla—Udvardi Miklós: Bestimmung der Elementarzusa- mensetzung von Glasfehlern mit Elektronenmikroskop	423
Ludas, Mihály: Einwirkung des Quarzes und des Aluminiumoxyds auf die mechanische Festigkeit vom technischen Porzellan	425
Ferenczy, Pál: Die Lagerung klassifizierter Fertigerzeugnisse in der Kiesgrube	428

C O N T E N T S

Talabér, J.: CaO diffusion in solid mineral substances	403
Nurse, R. W.: Surface Energy, Adhesion and Cohesion in Solids	408
Gálos, Miklós—Kertész, Pál—Kürti, István: Rock Testing in a Triaxial Compressive Cell	417
Bernolák, Béla—Udvardi, Miklós: The Determination of Elementary Composition of Glass Defects by Electron Microprobe Analysis	423
Ludas, Mihály: Effect of grinding fineness of Quartz and Alumina on the Strength of Technical Porcelain	425
Ferenczy, Pál: Storage of Graded Aggregate in Gravel Quarries	428

ÉPÍTŐANYAG

21. ÉVFOLYAM, 11. SZÁM

20 éves a magyar—szovjet műszaki-tudományos együttműködés

A Magyar Népköztársaság építőanyagiparának fejlődését, elért eredményeit és az iparág előtt álló feladatok megoldását a magyar—szovjet műszaki-tudományos együttműködés jelentősen elősegítette.

A magyar—szovjet műszaki-tudományos együttműködési szerződés megkötésének 20 éves évfordulóján, meg kell állapítanunk, hogy a magyar építőanyagipar jelenlegi színvonala a Szovjetunió közreműködése nélkül nem alakulhatott volna ki.

Ezalatt a 20 év alatt meggyőződhattünk a Szovjetunió önzetlen segítő-készségéről. Mindig nyitva állt az út előttünk ahhoz, hogy a legfejlettebb szovjet módszereket, eljárásokat megismerjük, meghonosítsuk, a szovjet szakemberek segítségét igénybe vegyük és biztosítsuk iparágaink számára a legfejlettebb szovjet gépeket és berendezéseket.

A Szovjetunió tudományos és ipari eredményei a mi országunk számára olyan erőforrást jelentett és jelent, amelyre szilárdan támaszkodhatunk, hiszen azzal a mi kis nemzetünk egyenlő félként élhetett és élhet, akkor, amikor a mi viszonzási lehetőségeink igen korlátozottak.

A Szovjetuniótól átvett eredmények, iparágainknak nyújtott segítség minden konkrét esete nem sorolható fel, de néhány kiragadott példa is szemlélteti annak méreteit.

A durvakerámiaiparban a szárítás és égetés területén a Kartavcev és a Duvanov módszer a teljesítmény jelentős növelése mellett bebizonyította, hogy a hagyományos iparágban is el lehet és el kell szakadni a régi módszerektől. Az iparág sok berendezését szállítja a Szovjetunió, hogy csak a ma már nélkülözhetetlen vákuumpréseket és bányagépeket említsük.

A finomkerámiaiparban jelentős eredményt értek el a nyersanyagelő-készítés, formázás és égetés szovjet tapasztalatainak átvételével.

A híradástechnikai kerámiáknál csökcondenzátor huzalozó és forrasztó automata, cső- és tárcsakondenzátor lakkozó félautomata, fröccsöntő automata került kivitelezésre szovjet dokumentáció alapján. A legutóbbi időben adta át a Szovjetunió az üregtömb kondenzátor gyártástechnológiáját.

A csiszolókoronggyártásban a szovjet szakértők közreműködésével bevezetett gyorségetés jelentős gazdasági eredményt hoz.

Az üvegiparban a Salgótarjáni Síküvegyár rekonstrukcióját, szovjet tapasztalatok felhasználásával végezték.

A TV képcsőburagyártás tökéletesítését szovjet tapasztalatok tették lehetővé.

A konzervüvegyártásban a szovjet automata gépek beszerzése járult hozzá a hazai igények kielégítéséhez. Az üvegolvasztó kemencék teljesítményének fokozása, a termékek minőségének javítása, a műszaki színvonal emelése a szovjet segítség igénybevételével kerül megoldásra.

A cementiparban szovjet tapasztalatok alapján hajtották végre a Tata-bányai Cementgyár forgókemencéi zsugorítórostélyának bővítését és a bánya gépesítését.

A magyar cementiparban szovjet szakemberek javaslatai alapján került bevezetésre a kohósalak portlandcementgyártás, amelyhez a szovjet szakértők segítségét is igénybe vették.

A szovjet cementgyárak egész sorának megismerése lehetővé teszi, hogy hazánkban a cementipar fejlesztése során a legkorszerűbb eljárások és berendezések kerüljenek megvalósításra, ill. beépítésre.

A kő- kavicsiparban a korszerű és gazdaságos gépi törő- és blokkfejtés szovjet tapasztalatok alapján került megvalósításra. Segítségével az előállítási költség csökkenése mellett a bányák kapacitása többszörösére nőtt.

A lakásépítés terén forradalmi újítást jelentett a nagypenelos építési mód hazai bevezetése. Az építőipar iparosításának hatalmas lépése a házigyári technológia meghonosítása volt. Az e téren elért eredményeink jelentősek és lehetővé teszik, hogy a lakáshiány megszüntetését elősegítsük.

A magyar—szovjet műszaki-tudományos együttműködés a két nép barátsága alapján az eddig elért eredményekre támaszkodva egyre erősödik.

1967-ben a Szovjetunió és a Magyar Népköztársaság tudományos kutató intézetei és vállalatai közvetlen együttműködési egyezményeket kötöttek az építőanyagipar minden ágában. Az egyezmények keretében konkrét megállapodások születtek közös kutatási témák együttes kidolgozására, dokumentáció- és információcserékre, tapasztalatcserékre és a szakemberek kölcsönös cseréjére.

A közös kutatások témáiban a devizamentes utazások az együttes munka akadálytalan végzését eredményezik és a közvetlen kapcsolatok elmélyítésére határtalan távlatokat nyitnak a két ország tudományos intézetei között.

A IV. ötéves terv során az építőanyagipar minden ágában folytatódik a két ország közötti műszaki-tudományos együttműködés a közös kutatások, információs anyagok cseréje, tapasztalatcsere és a szakértők segítségének igénybevétele területén. Erősödnek a kapcsolatok a szilikátipari műszaki tervezésben is, mindkét ország szükségesnek tartja a feladatok célszerű megosztását. Különösen fontos ez a gyorsan fejlődő iparágakban, és az építőanyagipar iránt támasztott egyre nagyobb igények időszakában.

A műszaki-tudományos együttműködés lehetővé teszi, hogy a két ország adottságait a szakemberek közvetlenül megismerjék és megteremtsék alapját a mindkét fél számára előnyös gazdasági együttműködésnek, a kölcsönös termékszállítások, termelési kooperáció és szakosítás területén.

A IV. ötéves tervben iparágaink előtt álló feladatok megoldásában nélkülözhetetlen, de biztos bázisként áll mögöttünk a Szovjetunió szilikátipari tudományos intézeteinek, iparvállalatainak hatalmas ereje.

CaO diffúziója szilárdfázisú ásványi anyagokban*

T A L A B É R J Ó Z S E F
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Nagytisztaságú fémek és félvezetők tulajdonságait tisztázó szilárdfázisú diffúziós vizsgálatokkal többszáz közlemény foglalkozik. A szilikátipari kutatásban ilyen irányú méréseket — tudomásunk szerint — eddig még alig végeztek, holott ezek a klinkerégetés szilárdfázisú reakcióinak egzakt jellemzésére értékes adatokat szolgáltathatnak. Szeretnénk remélni azt is, hogy ezek a vizsgálatok a cementgyári nyersanyagok minősítésére is felhasználhatók lesznek.

A klinkerképződés sebessége a különböző nyersanyagokban — mint ismeretes — a hőmérséklet emelkedésével növekszik. Az erre vonatkozó elméleti megállapításokat a főleg kvalitatív jellegű üzemi megfigyeléseken kívül laboratóriumi (mikroszkópos, spektroszkópos, derivatográfias, röntgen-diffrakciós stb.) vizsgálatok is alátámasztják. A diffúzió mértékének számszerű meghatározására azonban ezek a módszerek nem jöhetnek számításba, mert sem az ásványi anyagot eredetileg szennyező és diffundált molekulák, pontosabban ionok megkülönböztetésére, sem ezek megszámlálására nem alkalmasak.

Vizsgálataink céljából azt tűztük ki, hogy a CaO szilárdfázisú diffúzióját a klinkerégetésnél használt nyersanyagokban, vagy azok alkotóelemeiben számszerű adatokkal jellemezzük. Ezeknek az adatoknak meghatározásával, néhány elvi kérdés felülvizsgálatán kívül, technológiai értékesítésre is számíthatunk.

A kísérletek első szakasza a mérési módszer kidolgozására, megbízhatóságának és reprodukálhatóságának vizsgálatára irányult. A mérések nagy száma és reprodukálhatósága azonban lehetővé tette, hogy a vizsgált anyagokra vonatkozó diffúziós együtthatókat adatszerűen is megadjuk. A továbbiakban tehát a kidolgozott mérési módszer ismertetése mellett különböző ásványi anyagokból préselt és 1200—1450 °C között égetett 80 próbatesten eddig végzett 2000 mérés eredményeit is összefoglaljuk.

Mindenekelőtt néhány alapvető összefüggést kell megadnunk. Ha a közeg X síkjában t időpillanatban a diffundáló molekulák, vagy ionok koncentrációja C és a koncentráció-esés irányában levő X_1 síkban $t+dt$ időpillanatban $C+dC$, Fick I. törvénye szerint az időegység alatt átdiffundált ionok száma, vagyis a diffúzió sebessége

$$\frac{dn}{dt} = -Dq \frac{dC}{dx}. \quad (1)$$

Itt q a síknak az a része (felület), amelyen át az ionok az X -szel párhuzamos X_1 síkba diffundálnak, D a diffúziós együttható és dx az

X és X_1 síkok közti távolság. A diffúzió sebessége tehát egyenesen arányos a diffúzióban részt vevő felülettel, és a koncentrációeséssel. Az arányossági tényező a D diffúziós együttható. Ha a diffúzió egységnyi területre vonatkozik és a koncentrációesés 1, a diffúziós együttható számértékben megegyezik a diffúzió sebességével. A C rendszerint az idő függvénye, vagyis a diffúzió nem stacionárius jelenség és általános esetben

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}. \quad (2)$$

A diffúziós együttható a koncentrációváltozásra érvényes

$$C = \frac{C_0}{\sqrt{\pi Dt}} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right) \quad (3)$$

ismert összefüggésből számolható. Itt C a két érintkező közeg határfelületétől x távolságban t idő múlva és C_0 a vizsgálat kezdetén vagyis $t=0$ -nál és $x=0$ -nál mért koncentráció. A (3) összefüggésből

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{\sqrt{\pi Dt}} \exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right)$$

a határfelülettől x_1 és x_2 távolságú síkokban mért koncentrációkból a diffúziós együtthatót

$$D = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2,3 \cdot t \cdot \lg \frac{C_1}{C_2}} \quad (4)$$

összefüggés adja meg.

A D értéke ezek szerint a szilárd közeg határfelületével párhuzamos síkokra diffundált ionok koncentrációjának hányadosából kiszámítható. Ha a párhuzamos sík lapok területe megegyezik, és a diffundált ionok száma elegendő nagy, a koncentrációk hányadosa a síkokba diffundált ionok számának hányadosával helyettesíthető. A diffundáló ionok egyik elemének aktiválásával a diffundált anyag jelenléte nemcsak kimutatható, hanem a jelzett molekulák mennyiségére is következtetni lehet. Ebben az esetben

$$D = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2,3 \cdot t \cdot \lg \frac{N_1}{N_2}}$$

összefüggéssel lehet számolni. Itt N_1 és N_2 a közeg határfelületétől x_1 és x_2 távolságra levő síkokban megszámlált jelzett molekulák, ill. ionok száma.

*A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás

A radiológiai módszer alkalmazásának egyik feltétele tehát az elegendő nagyszámú diffundált ionok. Az alkalmazhatóság másik határát a detektáló műszerek érzékelőinek megszólalási valószínűsége szabja meg. Az időegység alatt megszámlált elemi részek számának növekedésével ugyanis a megszólalási valószínűség csökken, s távolról sem közelíti meg a 100%-ot. 10⁶ cpm felett a szokásos holtidő esetén a megszólalási valószínűség 50%-ot sem éri el. Fenti feltételek teljesüléséhez a jelzett anyag mennyiségét, fajlagos aktivitását és a mérési geometriát úgy kell megválasztani, hogy a beütésszám percenként 10³–10⁵ közé essék.

A vázolt elvi megfontolások alapján a CaO szilárdfázisú diffúziójának mérésére 1,086 mCi/g fajlagos aktivitású Ca-45 radioizotóppal jelzett CaCO₃-ot használtunk. A CaCO₃ 900 °C környékén CaO-dá alakul át, mely 1450 °C-on szilárd fázisban van. A sugárzó anyagot atomreaktorban Ca-44(n, γ) Ca-45 reakcióval állították elő. Az aktív anyagot addig hígítottuk, míg ólomtoronyban 40 mm távolságról végablakos GM csővel a beütésszám 10³ cpm-en belül maradt.

A Ca-45 felezési ideje 164 nap, hatótávolsága levegőben 0,5 m, 100%-os béta-sugárzó és sugárzási energiája 0,254 MeV. Egy-egy próbatesten végzett kb. 3 órás mérési idő alatt az aktivitás változása 0,1%-on belül maradt, a mért adatok korrekciójára nem volt szükség. A kis hatótávolság miatt a mérési távolságot nagy pontossággal kellett tartani, mert ennek 0,5 cm-es változása a beütésszámban minimálisan 10%-os változást idézett elő.

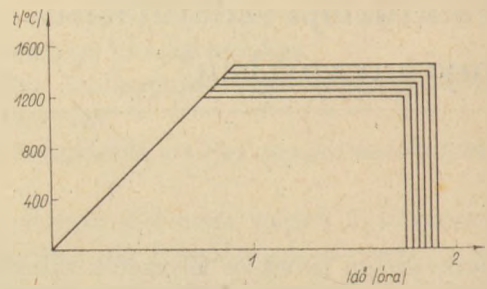
A vizsgálati módszer egyes fázisai:

1. A vizsgálati anyagból próbatestek készítése,
2. a próbatestekre CaCO₃ rétegezése, (vizsgálati anyag — CaCO₃ réteg — vizsgálati anyag elrendezésű) próbatestek együttes égetése előírt hőfokon,
3. az égetett próbatestek szétválasztása, CaCO₃-tal érintkező határfelületről kezdve párhuzamos rétegek lecsiszolása és a lecsiszolt felületek aktivitásának mérése,
4. a lecsiszolt távolságok függvényében ábrázolt beütésszám változása alapján a *D* kiszámítása.

A próbatestek földnedves állapotban 12,7 mm átmérőjű hengeres formába kézi préseléssel készültek. Egy-egy próbatesthez 3–3 g tömegű anyagot használtunk fel. A CaCO₃ réteg tömege max. 0,2 g volt. Az égetéshez előkészített elrendezésben a CaCO₃-ot mindig azonos összetételű próbatestek közé préseltük.

Az égetést az 1. ábrán látható égetési diagram alapján Crusilite csőkemencében végeztük. A felfűtési sebesség 26,7 °C/min. az előírt hőmérsékletű égetés időtartama 1 óra volt. A próbatestek az égetési idő befejeztével 24 °C-os helyiségbe kerültek néhány perc alatt gyakorlatilag helyiség hőmérsékletét vették fel.

A próbaégetések tapasztalatai azt mutatták, hogy a vizsgálatra használt egyes ásványi anyagok



1. ábra. A vizsgált anyagok égetési diagramja

1200–1450 °C-os égetési hőmérsékleten megolvadnak, robbanásszerűen szétpattannak, vagy a gyors lehűtés ellenére porrá omlanak szét. Ezért egyelőre pl. a montmorillonit vizsgálatáról le kellett mondanunk.

A vizsgált anyagokat az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az égetést 1200 °C–1450 °C között 50 °C-os lépcsőben végeztük.

1. táblázat

A diffúziós vizsgálatra használt ásványi anyagok

1. Füzérradványi illit

SiO ₂	49,88 %
Al ₂ O ₃	33,97 %
Fe ₂ O ₃	0,15 %
TiO ₂	0,09 %
CaO	2,04 %
MgO	0,69 %
Na ₂ O	0,30 %
K ₂ O	5,70 %
Izz. veszt.	5,98 %

4. Norvég földpát

SiO ₂	73,64 %
Al ₂ O ₃	10,80 %
Fe ₂ O ₃	0,15 %
CaO	1,00 %
Na ₂ O	2,30 %
MgO	0,20 %
K ₂ O	8,10 %
Izz. veszt.	0,80 %

2. Hochenbocka-i homok

SiO ₂	99,67 %
Fe ₂ O ₃	0,02 %
Al ₂ O ₃	0,10 %
CaO	0,03 %
MgO	0,01 %
Na ₂ O + K ₂ O ..	0,02 %
Izz. veszt.	0,15 %

5. Kovaföld

SiO ₂	83,2 %
Al ₂ O ₃	8,40 %
Fe ₂ O ₃	1,30 %

6. Mészköliszt

SiO ₂	0,21 %
Al ₂ O ₃	0,49 %
Fe ₂ O ₃	0,19 %
CaO	54,95 %
MgO	0,39 %
Izz. veszt.	43,90 %

3. Zettlitz kaolin

SiO ₂	48,13 %
Al ₂ O ₃	76,92 %
Fe ₂ O ₃	0,87 %
TiO ₂	0,16 %
CaO	0,12 %
Na ₂ O	0,08 %
MgO	0,19 %
K ₂ O	0,87 %
Izz. veszt.	13,40 %

7. Füzérradványi illit + mészkö

(78 + 22 %)

8. Norvég földpát + mészkö

((80 + 20 %)

9. Kovaföld +

+ mészkö ((83 + 17 %)

A diffúzió sebességének meghatározásához mértük a véglappal párhuzamos lecsiszolt felület aktivitását. A lecsiszolt anyag aktivitásának mérése nem látszott célravezetőnek, mert a csiszolópor abszorpciója olyan nagy volt, hogy a porba került vizsgálati anyag sugárzásának döntő részét elnyelte, s a sugárzás néhány százalékának mérését tette csak lehetővé. A Ca-45 a vizsgált nyersanyagokban nagymértékben abszorbeálódik és a hatótávolsága ezekben 0,3 mm-nél kisebb. Ekkora mélységből a sugárzó anyag 1%-a sem lép ki. A felületek aktivitásának 80%-a max. 0,1 mm-es mélységből származik. Minthogy a kilépő részek száma a vastagság növekedésével exponenciálisan csökken, a mérések elvi pontosságán belül maradunk,

2. táblázat

Ca-45-tel jelzett CaO diffúziós együtthatója ásványi anyagokban különböző hőmérsékleten ($10^{-7} \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ egységben)

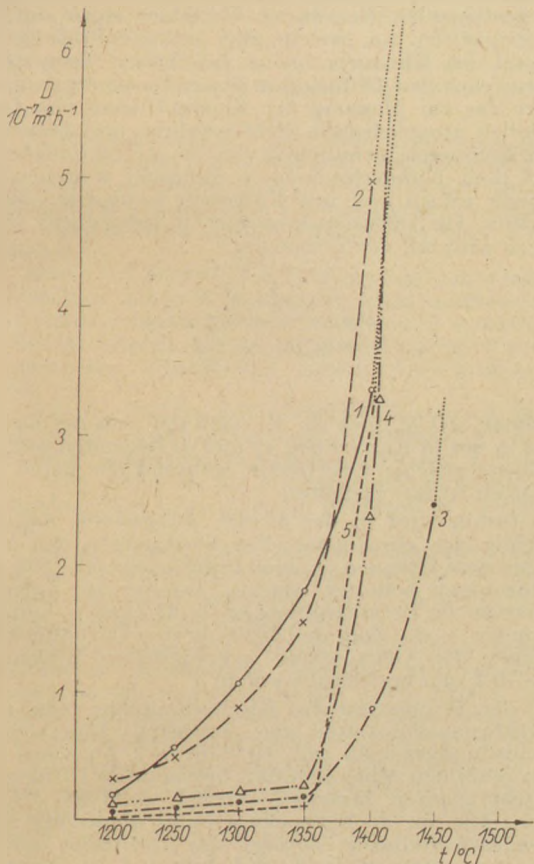
	Hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$)					
	1200	1250	1300	1350	1400	1450
1. Füzérradványi illit ..	0,2	0,58	1,1	1,8	3,4	20 felett*
2. Hochenb. homok ..	0,3	0,5	0,9	1,5	4,0	6,3
3. Zettlitz kaolin ..	0,05	0,1	0,17	0,2	0,9	2,5
4. Norvég földpát ..	0,18	0,195	0,2	0,3	2,4	20,0
5. Kovaföld ..	0,05	0,08	0,12	0,135	3,4	13,5

* Extrapolált érték.

ha 0,2 mm-nél nem nagyobb vastagságú rész lecsiszolása után ismét megmérjük a csiszolt felület aktivitását. A csiszolás sebessége 400-as finomságú szilíciumkarbid porral 0,01–0,02 mm/min volt és a csiszolt próbatestek vastagságának szórása 0,05 mm maradt.

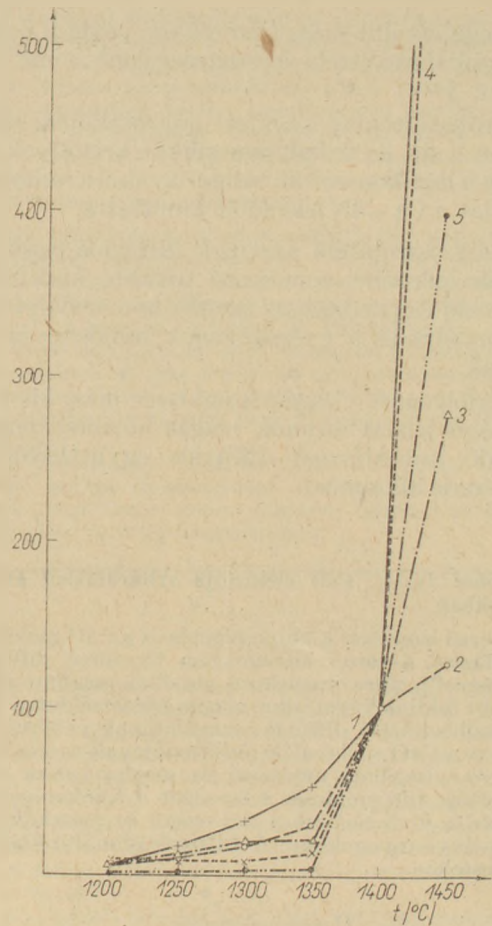
A mérési eredményeket a 2. táblázattal és az ehhez tartozó diagrammokkal foglaltuk össze (2. ábra).

Mint látható, a diffúziós együttható értéke $\text{m}^2 \text{ h}^{-1}$ -ben 1200 $^{\circ}\text{C}$ -on 10^{-9} – 10^{-8} nagyságrendű; kaolinban, kovaföldben kisebb, illitben, földpátban és homokban kb. fél nagyságrenddel nagyobb. Az égetési hőmérséklet növelésével a diffúziós együttható s ezzel a diffúzió sebessége az egyes ásványi anyagokra jellemző mértékben nő. Ezt szemlélteti a 3. ábra, ahol az 1400 $^{\circ}\text{C}$ -on meghatározott diffúziós együttható százalékában, az égetési hőmérsék-



2. ábra. CaO diffúziója különböző agyagásványokban a hőmérséklet függvényében

1. füzérradványi illit, 2. hochenbockai homok, 3. zettlitz kaolin, 4. norvég földpát, 5. kovaföld



3. ábra. A diffúziós együttható százalékos változása a hőmérséklet függvényében

1. füzérradványi illit, 2. hochenbockai homok, 3. zettlitz kaolin, 4. norvég földpát, 5. kovaföld

let függvényében ábrázoltuk a százalékos változást. Az egyes ásványi anyagokra jellemző hőmérsékleti értéknél a diffúziós együttható értéke hirtelen megugrik, és ezután a növekedés sebessége rohamosan emelkedik. Ez a jelenség az olvadékfázis megjelenésével függ össze. A diffúziós együttható nagymértékű változásához tartozó hőmérséklet a klinkerégetéshez szükséges minimális energiaszintet is megjelöli.

Az ásványi anyagok mésztartalmának a klinkerképződésre gyakorolt hatását mutatja az, hogy agyagásványok és mész keverékében a diffúziós együttható értéke nagyobb (3. táblázat). Az 1400

3. táblázat
A mészkő adagolásának hatása Ca-45-tel jelzett CaO diffúziós együtthatójára néhány ásványi anyagban 1400 $^{\circ}\text{C}$ -on

Nyersanyag	A diffúziós együttható ($10^{-7} \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$)	
	eredeti	mészkővel kevert
	állapotban	
1. Füzérradványi illit	3,4	6,4
2. Norvég földpát	2,4	2,6
3. Kovaföld	3,4	3,8

°C-on égetett illit-mész keverékben például a diffúziós együttható értéke kétszer nagyobb, mint tiszta illitben.

A próbatestekből készített mikroszkópiai csiszolatokon a di- és trikalciumszilikát kristályok csak azokon a lapokon voltak láthatók, ahol a radiológiai vizsgálat a Ca—45 jelenlétét kimutatta.

Ismert összetételű anyagok diffúziós együtthatójának mérésére vonatkozó további kísérleteink a kedvező és gazdaságos égetési hőmérséklet meghatározására és a nyersanyagok minősítésére irányulnak.

A kidolgozott vizsgálati módszer más, kis hatótávolságú jelzett atomok magas hőmérsékleten lejátszódó szilárdfázisú diffúziós együtthatójának mérésére is alkalmas.

Talabér József: CaO diffúziója szilárdfázisú ásványi anyagokban

A szerző ismerteti a klinkerégetés és a CaO molekulák szilárdfázisú ásványi anyagokban létrejövő diffúziója közti összefüggésre vonatkozó elméleti megfontolásait. Rámutat a klinkerégetéskor magas hőmérsékleten lejátszódó szilárdfázisú diffúzió vizsgálatának nehézségeire, ismerteti a CaO molekulák indiffúziójának mérésére kidolgozott vizsgálati módszert és meghatározza Ca-45 radioizotóp diffúziójának sebességét a klinkerégetésnél számításba jövő technikai tisztaságú és mészkövel kevert ásványi anyagokban. A diffúziós állandót kiégetett próbatesteken

$$D = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2,3 \cdot t \cdot \lg \frac{N_1}{N_2}}$$

összefüggésből számolja, ahol N_1 és N_2 a határfelülettől x_1 és x_2 távolságú azonos felületű párhuzamos síkba t idő alatt diffundált jelzett atomok száma. Megállapítja, hogy a mérések legkedvezőbb feltételeinek biztosításához 1—1 próbatest égetésénél 50—100 μ C radioizotóp szükséges. A mérések szerint a Ca-45 β sugarainak kis hatótávolsága miatt a radiológiai mérések pontosságán belül 0,1—0,2 mm-ként meghatározható a diffundált CaO molekulák száma.

A klinkerégetés hőmérsékletén a diffúziós állandó a vizsgált ásványi anyagokban nagyságrendileg 10^{-8} m² h⁻¹-nak adódott. Az egyes ásványi anyagokban meghatározott diffúzió sebességek közötti jól mérhető különbség van. A hohenbockai homokban a diffúzió sebessége a földpátnban mért sebességnek háromszorosa és a kovaföldben mértné kétszerese. Az illitben mért diffúziósebesség alig különbözik a hohenbockai homokban mért értékektől.

A kidolgozott radioizotópos módszer kis hatótávolságú jelzett molekulák magas hőmérsékleten lejátszódó szilárdfázisú diffúziójának mérésére alkalmas.

Галабер, И.: Изучение процесса диффузии молекул CaO в твердофазовых минеральных веществах

Автор излагает теоретические соображения, касающиеся зависимости процесса обжига клинкера от диффузии молекул CaO, происходящей в ходе твердофазовых реакций минеральных веществ. Указывает на трудности исследования твердофазовой диффузии в условиях высокотемпературного обжига клинкера. В докладе описывается метод измерения диффузии молекул CaO и дается определение скорости диффузии радиоактивного изотопа Ca—45 в смесях минеральных составляющих с известняком, применяющихся при обжиге цементного клинкера. Постоянная диффузии

вычисляется относительно обожженных образцов с помощью следующей формулы:

$$D = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2,3 t \lg (N_1/N_2)}$$

где N_1 и N_2 — количество меченных атомов, диффундирующих в течение времени t в параллельную плоскость одинаковой поверхности, расположенной от предельной поверхности на расстоянии x_1 и x_2 . Установлено, что для обеспечения наиболее удовлетворительных условий измерения для обжига каждого образца требуется 50—100 μ С радиоактивного изотопа. Измерения показывают, что вследствие ограниченной дальности действия лучей Ca—45 β количество диффундирующих молекул CaO может определяться в пределах точности радиологических измерений для каждого 0,1—0,2 мм. При температуре обжига клинкера постоянная диффузии для испытанных минеральных веществ была порядка 10^{-7} м² h⁻¹. Между скоростями диффузии для отдельных минеральных веществ наблюдается хорошо измеряемая разница. Скорость диффузии в случае песка месторождения Хохенбока в три раза больше полевого шпата и в два раза больше, чем в случае диатомита. Скорость диффузии для иллита почти не отличается от величин, установленных для песка. Разработанный метод, основанный на применении радиоактивных изотопов, пригоден для измерения твердофазовой диффузии меченных атомов с небольшой дальностью действия, происходящей при высоких температурах.

Talabér, J.: Diffusion des CaO in Mineralstoffen in Fester Phase

Verfasser erläutert die theoretischen Erwägungen der zwischen Klinkerbrennen und der in Mineralstoffen von fester Phase entstehenden Diffusion der CaO-Moleküle bestehenden Beziehung. Verfasser weist auf die Schwierigkeiten hin, welche sich bei der Prüfung der während des Klinkerbrennens bei hohen Temperaturen abwickelnden Diffusion in fester Phase ergeben, erläutert das zur Messung der Eigendiffusion von CaO-Molekülen ausgearbeitete Prüfverfahren und bestimmt die Diffusionsgeschwindigkeit von Ca—45 Radioisotopen in bei dem Klinkerbrennen in Betracht kommenden, technisch reinen und mit Kalkstein gemischten Mineralstoffen. Die Diffusionskonstante in gebrannten Prüfkörpern wird mit der Beziehung

$$D = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2,3 \cdot t \cdot \lg \frac{N_1}{N_2}}$$

berechnet, wo N_1 und N_2 die Zahl der von der Grenzfläche in der in Entfernung x_1 und x_2 liegenden parallelen Ebene gleicher Oberfläche, während der Zeit t diffundierten Atome bedeutet.

Weiterhin wird in der Studie festgestellt, daß zur Sicherung der günstigsten Voraussetzungen der Messung bei dem Brennen je eines Prüfkörpers 50—100 μ C Radioisotopen benötigt werden. Infolge der geringen Reichweite der Beta-Strahlen des Ca-45 kann — laut der Messungen — die Zahl der diffundierten CaO-Moleküle, innerhalb der Genauigkeit radiologischer Messungen je 0,1—0,2 mm bestimmt werden.

Bei der Temperatur des Klinkerbrennens ergab sich die Diffusionskonstante der geprüften Mineralstoffe größenordnungsgemäß mit 10^{-7} м² h⁻¹. Zwischen den in den einzelnen Mineralstoffen bestimmten Diffusionsgeschwindigkeiten bestehen deutlich meßbare Unterschiede. Die im hohenbockaer Sand gemessene Diffusionsgeschwindigkeit beträgt das Dreifache der im Feldspat gemessenen Geschwindigkeit und das Doppelte der in Kieselguhr gemessenen. Die in Illit gemessene Diffusionsgeschwindigkeit unterscheidet sich kaum von dem Wert der im hohenbockaer Sand gemessenen Geschwindigkeit.

Das erarbeitete Radioisotopverfahren ist zur Messung der Diffusion in fester Phase der bezeichneten Moleküle mit geringer Reichweite bei hohen Temperaturen geeignet.

Talabér, J.: CaO diffusion in solid mineral substances

Author explains his theoretical considerations on the correlation between clinker firing and the diffusion of CaO in solid phase. The difficulties in studying the solid phase diffusion taking place in clinker firing at high temperatures are pointed out, the test method elaborated for the measurement of the self-diffusion of CaO is explained, and the diffusion rate of the Ca-45 isotope in mineral substances of technical purity suitable for clinker firing and mixed with limestone, is determined. In fired samples, the diffusion constant is calculated from the equation

$$D = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2,3 \cdot t \cdot \lg(N_1/N_2)}$$

where N_1 and N_2 represent the number of labelled atoms diffused from the boundary surface to the parallel pla-

nes of identical surface located at the distances x_1 and x_2 , respectively, within a t period. It is ascertained that 50 to 100 μCi radioisotopes are required to ensure optimum measurement conditions when firing a single sample. According to the measurement results due to the short transmission distance of the beta rays of Ca-45, the number of the diffused CaO molecules can be determined at every 0.1 to 0.2 mm, within the accuracy of the radiological measurements.

At the temperature of clinker firing, the magnitude of the diffusion constant was $10^{-7} \text{ m}^2\text{h}^{-1}$ in the mineral substances tested. The diffusion rates determined in the various mineral substances exhibit measurable differences. The rate of diffusion in Hochenbocka sand is three times as much as that measured in feldspar, and twice as much as that measured in diatomaceous earth. The rate of diffusion measured in illite, on the other hand, hardly differs from that measured in the Hochenbocka sand.

The radioisotope method thus elaborated appears suitable for the measurement of the solid phase diffusion of short transmission distance labelled molecules, taking place at high temperatures.

Egyesületi élet

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Szilikátkémiai Bizottsága f. év május 10—11-én rendezte meg a Szilikátanalitikai Anketót. Az anket helye a Szegedi Tudományegyetem Szerves Kémiai Intézetének nagy előadóterme volt.

Az anket keretében elhangzott előadások a szilikátkémiai anyagvizsgálatok témakörét ölelték fel. *Dr. Tamás Ferenc*, a Szilikátipari Tudományos Egyesület Szilikátkémiai Bizottságának vezetője, megnyitászavaiban hangzottatta, hogy az anyagvizsgálat módszereinek és eszközeinek fejlődése hatalmas léptekkel halad előre. Ez a fejlődés különösen megmutatkozik az új műszeres vizsgálatok bevezetésével. Az ez évi előadássorozatok között így több műszeres vizsgálati eljárás is ismertetést nyert.

Az előadók sorát *dr. Sajó István* kandidátus, a Vasipari Kutató Intézet tudományos osztályvezetője nyitotta meg. Részletesen ismertette a termometriás elemzési eljárások kialakulását, módoszatait és eredményeit, majd vázolta az ún. „direktermom”-készülék elvi felépítését.

Barna László, a SZIKKTI tudományos munkatársa, előadásában ismertette az újabb kelátkomplex-képzőkön alapuló szilikátanalitikai módszereket, a módszerek rendkívüli előnyeit, melyek segítségével az egyes szilikát-komponensek közvetlenül szelektíven meghatározhatók.

Udvardi Miklós, a SZIKKTI tudományos munkatársa, az üvegiparban használatos különleges anyagok elemzési eljárásait ismertette. A módszerek annak ellenére, hogy ritka és kis koncentrációban alkalmazott anyagokat érint, igen gyorsak, pontosak és reprodukálhatók.

Träger Tamás, a SZIKKTI tudományos munkatársa, a szilikátanalitika körébe tartozó fotometriás elemzési eljárásokat tárgyalta, különös tekintettel az általános laboratóriumi gyakorlatra.

Bihari Istvánné, a Magnezitipari Kutató Intézet tudományos munkatársa, érdekes kísérletsorozatról számolt be. Az anyagelőkészítés egyik fázisát képező porítás folyamatát vizsgálta, különös tekintettel a porító berendezés kopásából keletkezett anyagi szennyeződésre.

A műszeres vizsgálatokról szóló előadások során *Bolgar Gábor*, a Magnezitipari Kutató Intézet tudományos munkatársa, különböző samottok összetételének a Zeiss Q-24 spektrográffal végzett meghatározásáról számolt be.

Gyarmati Gyula, a HIKKI tudományos munkatársa, egy egészen új most fejlődő műszeres kutatási területéről, a röntgenfluoreszcencia-analízisről tartott érdekes előadást.

A szilikátipari anyagvizsgálat egyik új műszeréről és a műszer felhasználhatóságáról *Bernolák Béla*, a SZIKKTI tudományos munkatársa, tartott előadást. Az új műszert az elektronsugaras röntgen-mikroanalízistört ez év folyamán vásárolta a SZIKKTI és segítségével mintegy 80 elem 2—3 μm^3 -nyi anyagmennyiségének elemzése végezhető el. A műszer hazai viszonylatban egyedülálló és különösen a szilikát- és a fémipar tudja igen jól felhasználni, egészen új eddig nem végzett kutatási területekre.

A délelőtti előadásokon részt vett nagyszámú hallgatóság nagy érdeklődéssel hallgatta az előadásokat. Az ülésnek délutáni részében *dr. Sajó István* és *Sipos Albertné* (Vasipari Kutató Intézet) a különböző szilikátok elemzési módszereit mutatták be a direktermom-készülékkel. A bemutató sikeres bizonyítéka volt egy új eljárásnak, mely segítségével az elemzési időt csökkenteni lehet, anélkül, hogy ez az elemzési pontosság rovására menne.

A bemutató után a különböző gyárak, kutató intézetek képviselői több kérdést intéztek az előadókhoz, szakemberekhez. Így többek között felmerült az egyes szilikátipari nyersanyagok és termékek cirkontartalmának gyors, korszerű meghatározási módszereinek problémája. Megbeszélésre került az egyes szilikáttípusok, mint pl. a cementek szulfid- és szulfát-tartalmának egymás melletti meghatározása.

Több résztvevő felvetette, hogy szükséges egy gyors SiO_2 -tartalommeghatározás kidolgozása, mint amilyet pl. a cementekre a DCM laboratóriuma alkalmaz.

A Zománcipari Művek részéről *Harta János* laboratóriumvezető felszólalásában megemlítette, hogy a különböző típusú zománc-frittek elemzési módszerei kidolgozását és közlését a SZIKKTI analitikai laboratóriumával közösen végzik, mivel az utóbbi években e területekről szaklapokban közlemény nem jelent meg.

Dr. Tamás Ferenc bejelentette, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesület közreműködésével a SZIKKTI Szilikátkémiai Osztálya különböző típusú standard-mintákat hoz forgalomba (samott, dolomit, kaolin stb.). A standard-minták kidolgozásában még a Magnezitipari Kutató Intézet és a Herendi Porcelán Gyár laboratóriuma vesz részt. A standard-mintákkal a szilikátanalitikai laboratóriumok munkáját kívánjuk elősegíteni, mivel az elemzési eredmények értékei az alkalmazott elemzési módszerek pontosságának ellenőrzésére szolgálnak.

Az anket második napján a résztvevők látogatást tettek Hódmezővásárhelyen az Alföldi Porcelángyárban és Orosházán az Orosházi Üveggyárban, ahol a korszerű gyártás menetét tekintették meg.

(B. L.)

Ismeretes, hogy a darabos anyagok számított és kísérletileg meghatározott szilárdsága nagymértékben eltér. A valóban mérhető szilárdság mindig sokkal kisebb, mint ami a számítottnak megfelelne. Az újonnan kidolgozott diszlokációs elmélet jól megadja ennek az eltérésnek az okát, és fémek vagy kerámiai anyagok egykristályai esetében a számított és a mért értékek között nincs lényeges ellentmondás. Az elmélet eredményeit a gyakorlatban is alkalmazzzák, így pl. a whiskerek előállítására. A whiskerek mikroszkópi méretű egykristályok, melyek szilárdsága csaknem eléri az elméleti szilárdságot. Hasonló, gyakorlati szempontból is érdekes eredmény a szálas anyagok előállítása. Ilyen szálasakat elsősorban grafitból vagy üvegből szoktak előállítani; ezekben a szokásos diszlokációk nem tudnak létrejönni, és ennek következtében az egyes szálas szilárdsága igen nagy, és a szálas egyedi méretének növekedésével sem nagyon csökken, legfeljebb csak a mikrorepedések statisztikai valószínűségének következtében. A fenti két elgondolás azonban nem zárja ki kölcsönösen egymást. Előfordulhat, hogy mind a két elgondolásnak megfelelő jelenség a valóságos anyagban egyidejűleg jelen van. Ez jól látható a polikristályos anyagoknál, ahol igen jelentős a szemcsehatárok szerepe. A kisszögű szemcsehatárok tulajdonképpen diszlokációk egyirányban rendezett sorozatának felelnek meg. Olyan szemcsehatároknál azonban, amelyek egymást nagyobb szög alatt metszik, ez az elgondolás teljesen érvényét veszti.

Ilyen jelenségek értelmezésénél jól alkalmazható a *felületi energia* fogalma. A felületi energiát azonban igen gondosan definiálni kell, mert ellenkező esetben e fogalom hamis eredményekhez vezethet. Sok szerző kétségbe vonja, hogy szilárd anyag felületi energiájáról egyáltalán beszélhetünk-e? (Birkman, 1965).

A felületen kialakuló egyensúly

A valódi felület és a felület elképzelt modellje között igen nagy ellentmondások vannak. Ez a legjobban a Gibbs féle elgondolás alapján látható. Guggenheim rendszerében a felületi réteg nincs ilyen élesen meghatározva, de az ő elméletéből származó képletek olyan állandókat tartalmaznak, melyeket a jelenleg rendelkezésre álló módszerekkel alig tudunk mérni.

Gibbs az érintkező felületek termodinamikájának levezetése közben azt feltételezte, hogy a rendszer egyensúlyban van, és a szabad energiák megváltozását reverzibilis kis ciklusra számította.

Gibbs továbbá feltételezi, hogy a számításba jövő felületek olyan vékonyak, hogy térfogatuk elhanyagolható; feltételezi továbbá azt is, hogy a felületek vagy síkok, vagy sík részekből állíthatók össze.

Tételezzük fel, hogy rendszerünk két részből áll. Ezeket a részeket római számokkal (*I.* és *II.*), a rendszer összetevőit arab számokkal, *1, 2, 3, ...* stb. jelöljük. Ezek mennyisége mólókban kifejezve $n_1, n_2, n_3, \dots$ és így tovább. Az *I.* és *II.* között sík határfelület van. E határfelület területe *A*. Az egyenletben előforduló további jelölések: *F* a Gibbs-féle szabad energia, *S_t* az összes entrópia, *P* a nyomás, *V* a térfogat, *T* a hőmérséklet és μ a kémiai potenciál. A felső indexben levő *I.* és *II.* az egyes tömeges fázisokra, vagy pedig az *S* felületi fázisra vonatkozik.

Kis mértékű reverzibilis változás esetén:

$$dF = -S_t dT + V^I dP^I + V^{II} dP^{II} + \gamma dA + \sum \mu_2^I dn_1^I + \sum \mu_i^{II} dn_i^{II} + \sum \mu_i^S dn_i^S \quad (1)$$

Ebben az egyenletben a γ , a *I*–*II* közötti határfelület fajlagos felületi energiáját jelenti. Az egyenletből az is látható, hogy ez a γ érték a teljes felülettől, az *A*-tól független.

Egyensúly esetében az alábbi összefüggések írhatók fel:

$$\sum \mu_i^I dn_i^I + \sum \mu_i^{II} dn_i^{II} + \sum \mu_i^S dn_i^S = 0$$

Tekintettel arra, hogy a teljes összetétel értelem-szerűen változatlan:

$$dn_1^I + dn_1^{II} + dn_1^S = 0$$

és

$$\mu_i^I = \mu_i^{II} = \mu_i^S$$

ennek megfelelően érvényes a Gibbs-féle szabály, mely szerint az egyensúlyban levő rendszerben a parciális moláris szabad energia (μ_i) bármely anyagra vonatkozólag mindenütt egyforma. Ez a Gibbs-féle szabály akkor is érvényes, ha csak felületekkel dolgozunk. A további tárgyalás szempontjából célszerű, ha a Γ_i -t is definiáljuk. Ez alatt az összetevő felületi egységre vonatkozó koncentráció feleslegét értjük. Ennek figyelembevételével az egyenletet differenciálva, és az (1) egyenlettel összehasonlítva az alábbi két egyenletet kapjuk:

$$A d\gamma = \sum n_i^S d\mu_i^S$$

$$d\gamma = \sum \Gamma_i d\mu_i^S$$

melyek tulajdonképpen a Gibbs-féle adszorpciós egyenlet általánosított formái. Két összetevő esetén ez az egyenlet az alábbi módon egyszerűsödik:

$$d\gamma = \Gamma_1 d\mu_1 + \Gamma_2 d\mu_2 \quad (2)$$

* A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott plenáris előadás.

hiszen egyensúly esetében

$$d\mu_i^S = d\mu_i^{\text{II}} = d\mu_i^{\text{I}}$$

Most pedig arra van szükség, hogy pontosan definiáljuk a felület helyzetét. Ezt akkor kapjuk meg, ha $\Gamma_1 = 0$. Ebben az esetben:

$$\Gamma_2 = - \left(\frac{d\gamma}{d\mu_2} \right)_T$$

A felület helyzetére vonatkozó fenti definíció értelmetlen akkor, ha a felületen a tömeges fázisból a másik fázisba való átmenet szakaszos. Értelmessé csak akkor válik, ha ez az átmenet nagyon hirtelen. Gibbs azonban kifejtette, hogy a valódi diszkontinuitás mindig véges vastagságú, de behizonyította azt is, hogy ez a fenti termodinamikai érvelést nem befolyásolja, feltéve, ha a Γ_i értékét a felületi fázisban átlagolnak vesszük. Azt azonban mindig szem előtt kell tartani, hogy a felületi fázis térfogata a tömeges fázis térfogatához képest elhanyagolható legyen.

A fenti tárgyalási módban azt mindig feltételeztük, hogy a γ értéke az iránytól nem függ, azaz más szavakkal, hogy a γ értékét a tömeges fázis alapvető szerkezete nem befolyásolja.

A fenti megfontolások általában nem jelentősek, ha folyadék-gőz felületeket vizsgálunk; különösen akkor nem, ha a folyadékot igen híg oldatnak foghatjuk fel. A fenti megfontolásokat azonban mindig megkülönböztetett figyelemben kell részesíteni, ha a fázisok egyike vagy mindkettője szilárd.

A szilárd anyagok felületén képződő multimolekuláris rétegeket könnyen ki lehet mutatni azáltal, hogy a kritikus szög alatt rávetített sugarak visszaverődve elliptikusan polározottá válnak.

Szilárd határfelületek természete

A kapillaritásra vonatkozó kémiai elméleteket szilárd anyagokra alkalmazni meglehetősen nehéz. Ennek oka az, hogy a szilárd anyagokat alkotó ionok mozgékonyasága a folyadékok vagy gázok mozgékonyaságához képest elenyészően csekély. Így például kerámiai anyagoknál igen gyakran előfordul, hogy a magasabb hőmérsékleten fennálló egyensúly befagyasztható; ha ugyanis a hűtés sebessége túlságosan nagy, előfordulhat, hogy a magasabb hőmérsékleten fennálló egyensúly alacsonyabb hőmérsékleten is megmarad, annak ellenére, hogy ezen a hőmérsékleten az egyensúly már instabilissá, illetve metastabilissá válik. A fázis-átalakulások közben igen gyakran *hiszterézis* is felép. A nukleáció folyamatai is megmagyarázhatók a felületi energia szemlélete alapján; általában azt tételezik fel, hogy a felületi energia adott hőmérsékleten állandó. A nukleációs jelenségeknél azonban a felületi anyag térfogata már nem hanyagolható el a tömeges anyag térfogatához képest. Ez azt jelenti, hogy az (1) egyenlet második tagjában a

$$V^S dP^S$$

kifejezést már nem lehet elhagyni, és ennek megfelelően valódi felületi feszültség léphet fel. Ahogy

tehát a kristálymag növekszik, a felületi energia még állandó hőmérsékleten is változni fog, azaz

$$\frac{d\gamma}{dA(T)} \neq 0$$

Joy 1961-ben megállapította, hogy azok a felületi rétegek, melyek vastagsága 10^{-5} cm-nél nagyobb, külön fázisnak tekinthetők. (Ebben az esetben a felületi energiára vonatkozólag újabb szabadsági fokot kell adni, a fázisszabály tehát $Sz + F = K + 3$ formát fog ölteni.) Ha felület görbült, még további bonyolódottságok léphetnek fel. Itt ahhoz, hogy a felület térfogatát ne kelljen külön fázisként számításba venni, nem elegendő az előbb említett vékonyság, az is hozzá tartozik, hogy ne legyen nagyobb a vastagság, mint a görbületi sugár 10^{-3} -a. Ebből arra lehet következtetni, hogy a felületi energia makroszkópos értékét $0,5 \mu\text{m}$ -nél kisebb részecskékre már nem lehet alkalmazni.

Mihelyt a növekvő szilárd részecske elérte azt a méretet, ahol már szabályos kristályá is képződik, a felületi energia változni fog annak függvényében, hogy melyik kristálymag érintkezik a felülettel. Mint Wulff (1957) kimutatta, a legkisebb energia tétele ebben az esetben olyan kristály alak kialakulásához vezet, melyben a felületi energia minimummá válik. Az igen apró kristályok azonban gyakran elvesztik alakjukat és csak gömb alakú vagy lekerekedett formában lesznek jelen (1. ábra). Hasonló módon magyarázható meg az ún. keménységi rózsák keletkezése is.

Ha megengedjük azt, hogy a felületen külön fázis képződjön, nem pedig egy elméleti geometriai felület, azonnal világossá válik, hogy valódi felület esetén feszültség lép fel, és hogy a felületi energia komplex jelenség, melyet a könnyebb kedvéért két részre lehet bontani; egy része megfelel az elméleti felületi energiának, másik része pedig az ún.



1. ábra. Cementklinker polírozott felületének mikroszkópi képe. Nagyítás: $540\times$. A felvételt R. M. Grove készítette a Cement and Concrete Association-ban. A belső-kristálymagok túlalakúak, a kristály növekedése során zömökebb kristályok képződnek

feszültségi tényező. Ennek alapján bevezették a „töréses felületi energia” fogalmát (Gilman, 1961) és kimutatták, hogy ez a változó a repedés-képződés sebességétől, hőmérsékletétől és szerkezetétől függ. Ezen kívül még további tényezőket is javasoltak, szilárd anyagok esetében, mint pl. az „összes felületi feszültség”, vagy „felületi húzóerő”. Ez utóbbit g betűvel jelölik, és az alábbi módon definiálják

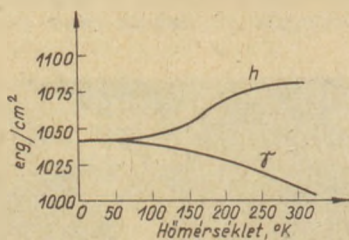
$$g = \gamma + A \frac{d\gamma}{dA}$$

Az a megoldás is előfordul, hogy a felületi energiára vonatkozó kifejezést a Griffith—Orowan-féle képletben olyan tényezővel helyettesítik, melyben benne foglaltatik a repedés végén felszabaduló feszítési energia.

Ezekre a fenti különleges tényezőkre azért van szükség, mert a számított és mért értékek között szilárd anyagok esetében meglehetősen nagy az eltérés és a deriválás eredménye gyakran arra vezet, hogy a felületi energia értéke negatív, mely azonban elméletileg is lehetetlen.

A 2. ábrán jól látható a MgO-ra vonatkozó termodinamikai alapon számított felületi szabad energia (h) és az ebből számított γ felületi energia közötti eltérés.

A felületi fázisok létezésének további következménye az, hogy a felületen határozott fázisok vegyi kölcsönhatása következik be. Ezt először Anderson (1965) és Cimino (1966) mutatták ki. Jó példa erre a számos oxid-felületen nedves levegőben vagy vízgőzben képződő hidroxid réteg, vagy a MgO felületén nedves laboratóriumi levegőben keletkező oxiklorid. A reakció mértéke és a felület módosulása igen változhat, így pl. Kiszelyev (1960) bebizonyította azt, hogy a szilikátréteg felületének hidratációja csökken, ha a fajlagos felület nő.



2. ábra. A MgO termodinamikai felületi szabad energiája (h) és az ebből számított felületi energia (γ) a hőmérséklet függvényében

A felületi érdekesség ugyancsak jellemző tulajdonsága a szilárd felületeknek. Ez megkülönbözteti őket a folyadékoktól. Az érdekesség hatását a felületi energiára Bikerman makroszkopikus érdekesség szempontjából vizsgálta. Más szempontból is megközelíthető azon azonban az érdekesség fogalma; erre Jackson (1967) mutatott példát. Ez a szerkezeti megfontolásokból következik és a felület szerkezeti modellje alapján a felületi energiából számítható. Ez az atomos méretű érdekesség.

Szemecsehatárok

A szemecsehatárok szerepét igen részletesen tanulmányozták, de elsősorban nem kerámiai anyagoknál, hanem fémeknél (pl. McLean, 1957). Nagy

tisztaságú rendszereknél a szemecsehatár energiája megközelítheti a szilárd anyag-vákuum határfelület energiáját vagy (két összetevős vagy magasabbrendű rendszerek esetében) a két szilárd határfelület energiáját. Azonban gyakrabban fordul elő az eset, hogy a szemecsehatáron tisztátalanságok, szennyezések gyűlenek össze, vagy a két szilárd kristályos anyag között vékony réteg üveg keletkezik.

A kerámiai rendszerekben a szemecsehatár felületi energia valószínűleg jobban arányos a szabad felületi energiával, mint a fémek esetében. Ez azért van, mert a kerámiai anyagoknál elsősorban kovalens kötések lépnek fel, melyek jobban irányítottak.

A szemecsehatár energiája minden esetben függ a találkozó szemcsék közötti relatív elfordulástól vagy hajlástól. Erre a 3. ábrán látunk példát, melyben a réz és a káliumklorid erg/cm^2 -ben kifejezett szemecsehatár felületi energiáját látjuk ábrázolva az elfordulási szög függvényében.

A felületi energia meghatározásának módszerei

Oldáshő

Ez a módszer akkor használható, ha a vizsgálandó szilárd anyag különböző felületi formában rendelkezésre áll. Ebben az esetben az oldáshőből a fajlagos felület ismeretében a felületi energia kiszámítható. Jura és Garland (1952) az alábbi egyenleteket használták

$$\gamma = h - TS_G$$

$$S_G = \frac{1}{A} \int_0^T \frac{\Delta C_p}{T} dT$$

$$h = h_{298} + \frac{1}{A} \int_{298}^T \Delta C_p dT$$

Ezekben az egyenletekben γ a felületi feszültséget, h pedig a felületi energiát jelenti. A két mennyiség egymástól magasabb hőmérsékleten eltér, mint ez a 2. ábrán látható. Az egyenletekben a ΔC_p kis-méretű (A felületű) és nagyméretű (elvileg végtelen nagy kristályok) fajhője közötti különbséget jelenti. Az f index a felületre vonatkozó adatot jelöli.

Más kutatók nem tartották ilyen fontosnak a fajhő szerepét és oldáshő alatt egyszerűen a különböző fajlagos felületű porok és nagy kristályok oldáshőjének különbségét vették. Brunauer, Kantró és Weise (1959) meghatározták a kalcium-oxid, a kalcium-hidroxid, a hidratált amorf kovasav és a tobermorit gél fajlagos felületi energiáit szobahőmérsékleten. A kapott eredmények rendre 1310, 1180, 129 és 386 erg/cm^2 voltak. A CaO-ra és a Ca(OH)_2 -ra vonatkozó adatokat igen gondosan megvizsgálták más szempontból is: a nyersanyagok cellaállandójának változását és az esetleges maradékfeszültségeket, melyek az oldáshőt befolyásolhatnák, röntgendiffrakcióval különösen nagy pontossággal ellenőrizték. Megállapították, hogy

a mért oldáshőben mutatkozó különbségek kizárólag csak a fajlagos felülettől függenek. A fajlagos felületet B. E. T. módszerrel mérték.

Ennek a módszernek a pontossága természetesen attól függ, hogy milyen pontossággal lehet a fajlagos felületeket mérni. Elég sok mérést végeztek ezzel a módszerrel, de a haloid-kristályokkal kapott eredmények éppen a fajlagos mérés pontatlansága miatt erősen bizonytalanok. Ennek ellenére azonban ennél közvetlenebb és pontosabb kísérleti módszert eddig még nem dolgoztak ki.

Nedvesítési hő

Ha egy szilárd anyagot folyadékkal nedvesítünk, a nedvesítési szabad energia változását 1 cm^2 felületre az alábbi képlet fejezi ki:

$$\Delta F = \gamma_{SL} - \gamma_S$$

A bemelegítési hő kaloriméterrel lehet mérni. Ezel tulajdonképpen a

$$\Delta H = \Delta F - T \frac{d}{dT} (\Delta F)$$

értékét kapjuk. Ebből a két egyenletből a γ_S kiszámítható, feltéve, hogy a hőmérsékleti együtthatóját ismerjük. Másik módszer, mely hasonló elven alapszik, a szilárd anyag és a folyadék érintkezési szögének, nedvesítési szögének mérése különböző hőmérsékleteken. Ilyen módszerrel kapták meg a grafit és a rutil felületi energiáját; az előbbi 110 , az utóbbi 140 erg/cm^2 , Gould (1964) szerint. A módszer hátránya az, hogy a ΔH értéke nagyon kicsi és ennek következtében a módszer nem elég pontos. Ezen kívül a méréseket nagy vákuumban kell elvégezni, hogy a felületen adszorbeált rétegek hatását kikerüljük. Ez ugyanis az eredményeket nagymértékben megváltoztatná.

Gőznyomás, apró részecskék oldhatósága

Folyadékcsöppcsekkre vonatkozólag képleteket vezettek le, melyekből a felületi energia ugyancsak megkapható. A legismertebb ilyen képlet

$$\ln \frac{p_r}{p_\infty} = \frac{2\gamma V}{rRT} = \ln \frac{C_r}{C_\infty}$$

ahol p_r és C_r az r sugarú részecskék gőznyomását és oldhatóságát jelenti. A nagyméretű részecskékre vonatkozó azonos adatokat ∞ index jelzi. A képletben γ jelenti a szabad felületi energiát erg/cm^2 értékben, V a móltérfogat, és r pedig a kalória mechanikai egyenértéke, végül R a gázállandó, T az abszolút hőmérséklet. Azonos szerkezetű képletek vezethetők le rúd- vagy lemezalakú részecskékre is, csak ilyenkor a konstansok értéke megváltozik. Hasonló képlet vezethető le az anyagok olvadáspontjának csökkenésére is;

$$\Delta T = \frac{2\gamma V_m T_m}{L_m r}$$

ahol L_m az olvadás latens hője.

Ezek a módszerek csak abban az esetben érvényesek szigorúan, ha a görbületi sugarat pontosan ismerjük. Sajnos, örölt poroknál vagy lecsapott

kristályoknál rendszerint nem ez a helyzet. Ilyen esetekben azonban a gőz/szilárd, vagy az oldat/szilárd, vagy az olvadék/szilárd értékeket kapjuk meg és ezt még korrigálni kell vákuum/szilárd értékre. Sill és Skapski (1956) ezt a módszert használták, és vagy kúpalakú részecskék esetében és megállapították, hogy a sztearinsav felületi energiája 179 erg/cm^2 .

Sajnos a fenti értékeket nagyon nagy mértékben befolyásolja a túlűtés lehetősége (Turnbull, 1958). De a túlűtésből is kiszámítható a felületi energia a nukleációs elmélet alapján. Így pl. Fischer (1949) a víz/jég határfelületre $31,8 \text{ erg/cm}^2$ értéket kapott.

A küszási minimum módszere

Ez volt az egyik legelső módszer a felületi energia meghatározására. Ezt azonban csak olyan anyagoknál lehet használni, melyekből vékony szál, vagy fólia húzható, így pl. az üveg esetén. A módszer azon alapszik, hogy a mintára súlyt akasztunk és meghatározzuk azt a hőmérsékletet és egyéb körülményeket, ahol sem nyúlás, sem összehúzódás nem következik be. Abban az esetben, ha a fólia hossza l és szélessége w és vastagsága t , az egyensúlyi állapot eléréséhez szükséges terhelés pedig p , akkor érvényes az alábbi egyenlet

$$p = \gamma(w+t) - \gamma_B \frac{A}{l}$$

ahol A a felületi energiát és γ_B a szemcsehatár energiát jelenti. Ezt a módszert kritika is érte (Bikerman, 1965), mert rendszerint elhanyagolják a γ_B tényezőt. E tényező elhanyagolása azonban nem okoz nagyon nagy zavart, legfeljebb csak 10% pontatlanságot eredményez (McLean, 1957). A szemcsehatár energia hatását olyan módon is ki lehet küszöbölni, hogy különböző szemcsézetű anyagokat vizsgálunk. Ilyen módszerrel számos fém felületi energiáját határozták meg. Néhány jellemző érték: 1650 erg/cm^2 a réz esetében 1000°C -on, 1450 erg/cm^2 arany esetében 975°C -on. Hasonló módszerrel üvegek felületi energiáját is meghatározták, és azt $170-290 \text{ erg/cm}^2$ -nek találták.

Hasadási és törési módszerek

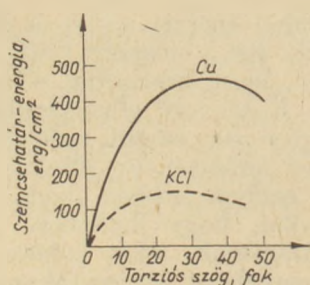
A felületi energia meghatározásából következik, hogy ha a szilárd anyag felületét ismert mértékben megnöveljük, a felületi energia az ehhez szükséges munka mennyiségéből kiszámítható. Ez az elv igen egyszerű, de a kísérlet gyakorlati végrehajtása mégis nagy nehézségekbe ütközik. A nehézségek fő oka az, hogy nem tudjuk megkülönböztetni a hővé, valamint a plasztikus deformációkban rejtett energiává alakuló munkát az új felületi kialakításához szükséges munkától. Ezek a módszerek rendszerint eső súlyokat vagy ballisztikus ingákat használnak, melyek kés- vagy ékalakú szilárd anyagra hatnak. Ilyen módszert írt le például Kuznyecov (1957). Hasonló módon alkalmazható a jól hasítható anyagok esetén a hasítási kísérlet. Így pl. Gillis (1965) csillámra vonatkozólag számította ki ilyen módszerrel a felületi energiát; itt azonban azt a munkát is figyelembe kell venni,

mely a csillámlemez meghajításához szükséges. Ugyanezt a módszert újabban műanyagokra is alkalmazták (Broutman, 1965).

A Griffith-féle elmélet az üvegek szilárdságának megmagyarázására feltételezi a szubmikroszkopikus repedések jelenlétét. Ezen alapszik Gilman (1960) módszere. A módszer alapképlete az alábbi

$$S = \text{const} \cdot \left(\frac{\gamma E}{a} \right)^{1/2}$$

ahol S jelenti a tönkremenetelhez szükséges szilárdságot, de erg/cm^2 egységben kifejezve, γ a felületi energiát, E a rugalmassági moduluszt, a pedig a repedés méreteit a törés pillanatában. A képletben található konstans a vizsgálati módszertől függ, ez tehát változik attól függően, hogy húzó, hajlító, vagy másfajta tönkremeneteli módot választunk. Függ ez a konstans továbbá a krisztallográfiai orientációtól, attól, hogy a szemcsék mentén vagy a szemcséken keresztül megy a törési felület stb. A γ -t két részre lehet osztani, egy része a felületi és plaztikus hatásoktól, másik része pedig a szemcsehatár hatásától ered. Az ilyen kísérleteknél rendkívül fontos a próbatestek gondos előkészítése pl. a polírozással vagy csiszolással, vagy maratással. A felület mindig azonos állapotú legyen (Ernsberger, 1963). Ezen kívül azt is figyelembe kell venni, hogy a vizsgáló gép is bizonyos



3. ábra. A Cu és a KCl szemcsehatár-energiája a torziós szög függvényében

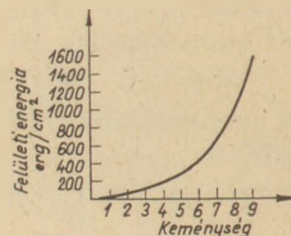
mennyiségű energiát tárol (Class, 1966 és Tattersall, 1966).

Az ilyen módon kapott eredmények gyakran túlságosan magasak. A más módon kapott eredmények tízszeresét is elérhetjük. Ennek oka a már említett, nehezen figyelembe vehető munkavesztési körülményekben keresendő. Általában az így mért értéket nem is felületi energiának, hanem „feszítési energia felszabadulási értékének” nevezik, ez Irwin (1958) szerint kétszerese a tökéletesen rugalmas anyagra vonatkozó felületi energiának. Shand (1961) üvegek törési sebességét és törési energiáját mérte, és a fenti mutatóra vonatkozólag az alábbi értékeket kapta: közönséges nátronszűrő esetében 2, ha az üveget levegő és 30, ha az üveget vákuum veszi körül. Törési tükrök méréséből 100–120 értéket is kapott. Class (1966) KCl-ra vonatkozólag igen nagy, és meglehetősen nagy mértékben változó értékeket kapott akkor, ha a törési sebesség egy bizonyos határt meghaladott. A 112 erg/cm^2 -nek megfelelő átlagérték azonban jól egyezett az elmélet által megkívánt felületi

energiával. Kaplan (1961) azt találta, hogy a beton törési energiája a hidratált kalciumszilikát energiájának 12-szeresét teszi ki.

Keménységmeghatározás

Kuznyecov (1957) részletes tanulmányt közöl az abráziós ellenállás és az ebből kiszámított felületi energia meghatározására. Abráziós ellenállás alatt tulajdonképpen a keménység értendő. A Born- és Stern-féle számítást használja a szerző, melyet a nátrium-klorid (110) lapjára, mint sztenderd anyagra vonatkoztat és így ad meg abszolút értékeket. A 4. ábrán látható összefüggés az ilyen mó-



4. ábra. A keménység és a felületi energia közötti összefüggés

don meghatározott felületi energia és a Mohs keménység között. Egyes leírt módszerek igen egyszerűek, ilyen például az, hogy a vizsgálandó két anyagot azonos mennyiségű karborundum porral azonos ideig és azonos nyomás igénybevételel őröljük és mérjük az eltávolított anyag térfogatát. Az anyagtérfogatok hányadosát vesszük a két anyag relatív keménységének mérőszámául. Kiszámítható a különböző haloidok különböző krisztallográfiai síkjaira vonatkozó elméleti értéke is. Bonyolultabb műszereket, mint például ingás típusú karcológépeket is leírtak. Így például Stork torziós ingás szklerométert használt a betonban levő felületek tanulmányozására.

Az őrlés is felhasználható keménység meghatározására, vagy olyan módon, hogy golyósmalmot használunk őrléshez és kaloriméterrel mérjük az őrlés energiájának a keménység legyőzésére fordított mértékét, vagy hasonló módon dugattyúval lassan zúzzuk össze az anyagot. Minden esetben meg kell mérni a felület megnövekedését, mert ebből lehet kiszámítani a töréshez felhasznált energiát. A felület növekedése például nitrogén-adszorpcióval, vagy permeabilitás útján mérhető. Az ilyen módon meghatározott felületi energia elérheti a négyzetcentiméterenként 100 000, sőt 1 millió erg -et is. Így például Schellinger (1952) az alábbi energia értékeket adja meg: kvarc esetében 107 000, pirit esetében 60 000, kalcit esetében 32 400, és nátriumklorid esetében 26 100.

Kontaktszög

A kontaktszög kérdésével kapcsolatban Gould (1964) a Young-féle egyenlet érvényességével foglalkozott. Megállapította, hogy ez az egyenlet az adhéziós munkára az alábbi módon írható fel:

$$W_A = \gamma_S + \gamma_{LV} - \gamma_{SL}$$

Ez az egyenlet csak abban az esetben érvényes, ha az egyenlet jobb oldalán levő adatok megfelelnek a szabad felületi energiának a felület egységére vonatkoztatva, mégpedig az S jelzés a szilárd anyag és a vákuum között, az LV jelzés a folyadék és a gőz között, az SL jelzés pedig a szilárd anyag és a folyadék között mérhető szabad felületi energiát jelenti. Ha tehát a kontakt szöget Θ -val jelöljük, akkor

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} = \gamma_{LV} \cos \Theta$$

Számunkra azonban a γ_S , azaz a szilárd anyag felületi energiája az érdekes. Ennek meghatározása többféle módon történhet, például a folyadékot és a szilárd anyagot vákuumban hozzuk érintkezésbe vagy a szilárd anyagon ülő folyadékcseppek alakját vizsgáljuk (Ivascsenko, 1965).

Szerencsés esetben számos folyadékot választhatunk ki, melyek közül néhány szétterül a felületen, mások pedig cseppet alkotnak. Ha megvizsgáljuk azokat a γ értékeket, melytől kezdve a $\Theta = 0$ feltétel fennáll, meghatározható a szilárd anyag felületi energiája. Good (1960) szerint a felületi energia és a kritikus felületi energia között az összefüggés az alábbi módon fejezhető ki:

$$\gamma_c = \Phi^2 \gamma_0$$

A fenti egyenletben a Φ értéke a nedvesítő folyadék molekulaszervezetétől függ és könnyen meghatározható olyan módon, hogy homológ sorba tartozó folyadékokat, például paraffin-sorbéli szénhidrogéneket használunk. Ilyen módon pl. politetrafluoretilén esetében 24 erg/cm^2 , grafit esetében 93 erg/cm^2 értéket találtak.

Szemcsehatár felületi energiája

Ha három szemcse találkozási pontján a szögek rendre α_1 , α_2 és α_3 , ahol α_1 a γ_{B1} energiával rendelkező szemcsehatárral szemben van és így tovább, akkor az alábbi egyenlet írható fel:

$$\frac{\gamma_{B1}}{\sin \alpha_1} = \frac{\gamma_{B2}}{\sin \alpha_2} = \frac{\gamma_{B3}}{\sin \alpha_3}$$

Ebből látható az, hogy ez az egyenlet alkalmas a szemcsehatárok felületi energiája meghatározására. Ennek előfeltételei azonban, hogy speciális hármaskristályokat kell növesztetni, vagy igen sok és egymáshoz vaktában csatlakozó felületet kell megmérni. Rendszerint a diéder szöget szokták mérni, mert ez a legkönnyebben hajtható végre (Smith, 1948).

A szemcsehatár felületi energiája meghatározására szolgáló másik módszer a felület hőhatásra történő edződése során keletkező árkok vizsgálata. Az érintőleges diéderszög felületre merőleges sík esetében mérve meghatározható, például a felületi topográfia módszerével, vagy interferometriával.

Ezen kívül más módszereket is javasoltak, melyek a nukleációs elmélet vagy az egymással érintkező, de különböző szemnagyságú fázisok kölcsönös oldhatóságán alapulnak. Ez utóbbit McLean (1957) fejtette ki.

A szemcsehatár felületi energiájának meghatározására használható a repedés tovaterjedésének vizsgálata akkor is, ha ezeket a hasítási kísérleteket megfelelő egykristályokon és kettős kristályokon hajtjuk végre. Igen fontos, hogy a két anyag mind kémiai, mind mineralógiai szempontból azonos legyen. Ebben az esetben az egykristályokon végzett kísérletből a felületi és a szemcsehatárfelületi energia különbségét lehet meghatározni. Class és McLean (1966), ezzel a módszerrel határozták meg a 3. ábrán már bemutatott, káliumkloridra vonatkozó szemcsehatár felületi energiát, a torziós szög függvényében. Meg kell jegyezni, hogy a kapott kísérleti eredmények nagyon jól megfelelnek az elméletben már előre megjósolt eredményeknek (Van der Merwe, 1950).

Számított értékek

E rövid cikk keretében nincs lehetőség arra, hogy ezzel a kérdéssel részletesen foglalkozzunk. Fontos azonban, hogy a tisztán csak számított értékektől megkülönböztessük azokat, melyeknek meghatározása során kísérleti munkát is alkalmaztak.

Az egyik legáltalánosabban használt módszer a folyadékfázisú felületi feszültség extrapolációja. Ebben az esetben azonban a megszilárdulással együtt járó térfogatnövekedés vagy általánosabban szólva térfogatváltozás általában csak kis pontossággal ismeretes, a fenti módszer csak durva közelítésnek tekinthető. Olvadékok felületi feszültségét számosan vizsgálták, például Boni (1956); Kingery (1950) és Szokolova (1966).

Osipov (1955) és őt követően Livey és Murray (1956) egyenleteket vezettek le oxidok és karbidok felületi energiája és rácsenergiája, valamint mól-térfogata és képződéshője között.

Az egyenleteket részletesen nem ismertetjük, csak megemlítjük azt, hogy az ionerősség és az elektronszerkezet az egyenletekből leszűrhető következtetéseket erősen befolyásolja. Karbidok esetében a felületi energiára 800 és 1675 erg/cm^2 értéket találtak. Néhány oxidot is megvizsgáltak; a megfelelő értékek erg/cm^2 egységben kifejezve: berillium-oxid = 1420 , ólom-oxid = 250 , kalcium-oxid = 820 és magnézium-oxid = 1090 . A módszert továbbfejlesztette az újabb időkben Walton (1965). E módosított egyenletből számított felületi energia-érték kálium-klorid esetében 120 erg/cm^2 , 1390 erg/cm^2 magnézium-oxid, és 980 erg/cm^2 kalcium-oxid esetében.

Elméletileg ki lehet számítani a felületi energia értékét abban az esetben, ha az adott szerkezet kötésienergiáit ismerjük. Ilyen módon járt el Livey (1956); ezt az utat követték újabban például Van Zeggeren (1957) és Zadumkin (1963).

Gyakorlati alkalmazások

Az eddig elmondottakból arra lehetne következtetni, hogy a felületi energia olyan paraméter, mely nagyon nagy mértékben függ a meghatározási eljárástól, következesképpen gyakorlati jelentősége csekély. A helyzet azonban nem egészen így áll: ugyanaz az eset, mint a fajlagos felület mérése ese-

tében, ahol a kapott eredmény ugyancsak nagymértékben függ a meghatározási módszertől, fontossága mégis rendkívül nagy. Igaz ugyan, hogy az eltérés a mérési módszertől függően tízszeres, sőt százszoros is lehet; ezek a nagy eltérések azonban legalább arra mutatnak, hogy a meghatározási módszer terén még sok kívánnivaló van hátra, azaz mutatják az utat ahhoz, hogy a meghatározási módszereket fejlesszük.

A beton törési mechanizmusával kapcsolatban újabban igen sok tanulmány jelent meg. Alexander (1965) bebizonyította, hogy ez a tényező a legfontosabb a cementpép tulajdonságainak megértésénél. A tobermorit a megszilárdult cement és beton legfontosabb ásványa; ennek felületi energiáját Brunauer (1958-ban) határozta meg. Kaplan (1961) azt találta, hogy a betonok esetében a feszültség megszűnésének energiája a fenti érték tízszeresét is kiteszi. Üvegek esetében is gyakran találtak hasonló nagymértékű különbséget; ha azonban a repedés előrehaladásának sebessége megfelelően nagy, akkor a két mért érték közötti arány már az elméletinek fog megfelelni. Ebből arra lehet következtetni, hogy nagy fontossággal bírna olyan vizsgálat, mely a cementpépben határozna meg a törés előrehaladásának sebességét.

Az üvegek szilárdságának elméletével újabban többen foglalkoztak, például Charles (1961) és Ernsberger (1963). Különös figyelmet érdemel az üvegszálak szilárdsága, mely az üvegszálak erősítésű anyagok tulajdonságainak megértése szempontjából fontos. Még mindig nem ismerjük kellőképpen az üvegszál átmérőjének hatását a szilárdságra, de egyre inkább az a vélemény uralkodik, melyet Thomas (1960-ban) állított fel, hogy frissen húzott üvegszál esetében a szilárdság az átmérőtől független, később azonban mechanikus vagy atmoszférikus hatásra a szilárdság annál nagyobb mértékben csökken, minél nagyobb a relatív felület, valószínűleg felületi repedések vagy adszorbeált rétegek következtében.

Az üvegszálak erősítés vagy más összetett anyagok tulajdonságainak megértéséhez és az erősítő anyag, valamint alapanyag együtt dolgozásának megértéséhez nagyon fontos a repedések tovaterjedésének ismerete. Cook és Gordon (1964) felismert néhány kritériumot a felületi és a kohéziós energia között, melyek betartásával a rideg anyagok szívóssága megnövelhető. E kritériumok betartásával az üvegek és a beton diszperziós szilárdítása érhető el. Az üvegszállal erősített cement és gipsz szempontjából néhány kutató lényegesen jobb eredményeket ért el, mint a szál és az összetartó anyag relatív rugalmassági modulusa alapján várható lett volna. Ennek oka valószínűleg az, hogy az üvegszál-erősítés megakadályozza a cementpépből álló alapanyag repedezését. Különösen érdekes az ilyen üvegszál erősítésű anyagoknál a rendkívül nagy ütésállóság, mely Tattersall (1966) szerint úgy látszik összefüggésben van a töréshez szükséges munkával, melyet a repedés előrehaladásából lehet megállapítani.

A tárgykörben foglaltak gyakorlati alkalmazását szinte lehetetlen áttekinteni. Igen sok szilikátipari

szempontból fontos tulajdonsággal összefüggésbe hozható ez a kérdés. Így például az őrlési hatásokkal is (Beke, 1965). Ezzel azonban nem kívánunk részletesen foglalkozni, hiszen a szilikátipari konferenciákon az őrlés kérdéseivel már igen sokat foglalkoztak, és az ezzel kapcsolatos komoly kutatómunka feltételezhetően folytatódni fog. Meg kell azonban állapítani, hogy a fenti folyamatok hatásossága a felületi energia bevezetése nélkül is megfelelő módon értékelhető. Biztos azonban az is, hogy a szilárd felületek tulajdonságainak megértéséhez ezt a tényezőt az eddigieknél jobban figyelembe kell venni.

IRODALOM

- Alexander, K. M., Wardlaw, J., Gilbert, J. D. (1965): Aggregate cement bond, cement paste strength and the strength of concrete. *Proceedings of the International Conference on the Structure of Concrete*.
- Anderson, P. J., Horlock, R. F., Oliver, J. F. (1965): *Trans. Farad. Soc.*, 61 (516), 2754—62.
- Austin, L. G., Klimpel, R. R. (1964): *Ind. Eng. Chem.* 56, 18.
- Beke, B. (1965): Agritáselemélet. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- (Bikerman) Бикерман, Й. Й. (1965): *Физ. тверд. тела* 10, 3.
- Boni, R. E., Derge, G. (1956): Surface Tension of Silicates. *J. Metals* 8, 53.
- (Boryukovics, Birukovics, Boryukovics) Борукович, К. Л., Бирюкович, Я. Л., Бирюкович, Д. Л., (1964): Бетон, армированный стекловолокном, Будивельник, Киев.
- Brounman, L. J. (1965): *J. Appl. Polymer Sci.* 9, 589 609.
- Brunauer, S., Kantro, D. L., Weise, C. H. (1958): *Can. J. Chem.* 37, 714.
- Cimino, A., Porta, P., Valizi, M. (1966): *J. Am. Ceram. Soc.* 49 (3) 152—156.
- Charles, R. J. (1961): A review of glass strength: in *Progress in Ceramic Science* Vol. 1 (Ed. Burke), Pergamon Press, London, Paris, New York.
- Class, W. H., MacLain, C. S. (1966): *J. Am. Ceram. Soc.* 49 (6), 306.
- Cook, J., Gordon, J. E. (1964): *Proc. Roy. Soc. A* 282, 508.
- Ernsberger, F. M. (1963): Current status of the Griffith crack theory of glass strength in *Progress in Ceramic Science*. Vol. 3. Pergamon Press, London, New York, Paris.
- Fisher, J. C., Holloman, J. H., Turnbull, D. (1949): *Science* 109, 168.
- Gibbs, J. W. (1928): *Collected Works* Vol. 1, Thermodynamics, Longmans Green & Co., New York, London & Toronto (1936): Commentary, Ed: F. G. Donnan, A. Haas, Yale Press, New Haven.
- Gillis, P. P., Gilman, J. J. (1964): *J. Appl. Phys.* 35, 647.
- Gillis, P. P. (1965): *J. Appl. Phys.* 36, 1374.
- Gilman, J. J. (1960): *J. Appl. Phys.* 31, 2218.
- Gilman, J. J. (1961): Mechanical Behaviour of ionic crystals in *Progress in Ceramic Science* Pergamon Press, New York, London, Paris.
- Gjostein, N. A., Rhines, F. N. (1959): *Acta Met.* 7, 319.
- Good, R. J., Girifalco, L. A. (1960): *J. Phys. Chem.* 64, 561.
- Gould, R. F. (Ed) (1964): Contact angle, wettability and adhesion *American Chemical Society Advances in Chemistry* 43, Washington.
- Guggenheim, E. A. (1967): *Thermodynamics*. 5th Edition. Elsevier, London.
- Irwing, G. R. (1958): Fracture in *Encyclopedia of Physics* 6, Springer-Verlag, Berlin.
- (Ivacszenko, Eremenko, Bogatrenko) Иванщенко, Я. Н., Еременко, Б. Н., Богатренко, Б. Б. (1965) *Ж. физ. химии* 39, 278.
- Jackson, K. A., Uhlmann, D. R., Hart, J. D. (1967): *Jour. Crystal Growth* 1, 1.

- Joy, A. S. (1961): „The surface energy of solids” p. 53, *Powders in Industry, Society of Chemical Industry Monograph 14*, The Society, London.
- Jura, G., Garland, C. W. (1952): *J. Am. Chem. Soc.* 74, 6033.
- Kaplan, M. F. (1961): *J. Am. Concr. Inst. Procs.* 58, 591.
- (Hodanov) Ходанов, Г. С. (1963): *Русский хим. бюл.* 32, 386.
- Kingery, W. D. (1959): *J. Am. Ceram. Soc.* 42, 6.
- (Kiszelev) Киселев Б. Е. *Ж. физ. химии* 34, 332.
- Kuznecov, V. D. (1957): *Surface energy of solids*. Translation into English, H. M. Stationery Office, London.
- McLean, D. (1957): *Grain boundaries in metals*. Clarendon Press, Oxford.
- Livey, D. T., Murray, P. (1956): *J. Am. Ceram. Soc.* 39, 363.
- Merve Van Der, J. H. (1950): *Proc. Phys. Soc.* 63A, 616.
- (Oszipov) Осипов, О. А. (1955): *Докл. А. Н. СССР* 102, 1171.
- Schellinger, A. K. (1952): *Mining Engineer* 4, 369.
- Schand, E. B. (1961): *J. Am. Ceram. Soc.* 44, 21.
- Sill, R. S., Skapski, A. S. (1956): *J. Chem. Phys.* 24, 644.
- Smith, C. S. (1948): *Trans. Am. Inst. Metal Engrs.* 175, 15.
- (Szokolova, Voszkeszenszkaja) Соколова, И. Д., Воскресенская, Н. К. (1966): *Русский хим. бюл.* 35, 500.
- Tattersall, H. G., Tapping, G. (1966): *J. Materials. Sci.* 1, 296.
- Thomas, W. F. (1960): *Phys. & Chem. of Glasses* 1, 4.
- Turnbull, D. (1958): *J. Chem. Phys.* 18, 769.
- Walton, H. G. (1965): *J. Am. Ceram. Soc.* 48, 151.
- (Zadumkin, Hulamhanov) Задумкин, С. Н., Хуламханов, В. К., (1963): *Физ. мьерд. мела* 5, 48.
- Zeggeren Van, F., Benson, G. C. (1957): *J. Chem. Phys.* 26, 1077.

Nurse, R. W.: Szilárd anyagok felületi energiája, adhéziója és kohéziója

A szilikátok gyártásának és felhasználásának számos problémája kapcsolatos azzal, hogy rideg anyagként viselkednek. A diszlokáció elmélete csak egykristályok esetében érvényes, és valóban néhány általában rideg tulajdonságokkal rendelkező oxidszerkezet egykristály alakban előállítva rugalmas tulajdonságokat mutat, és az igen kisméretű egykristályoknak whiskerek formájában az utóbbi időben nagymértékben megnőtt a technológiai jelentősége. De nem kevésbé fontosak az olyan üveg-, olvasztott kvarc-, grafit-szálak sem, amelyek, bár a diszlokációk kialakulásához nem eléggé szabályos szerkezetűek, de hibahelyeket tartalmaznak, amelyek a mechanikai tulajdonságokra nagy hatást gyakorolnak. Ezért a kohézió és adhézió tanulmányozásánál a különféle hibahelyeknek, beleértve a belső, nagy felületű fázisok keletkezését és a felületi energiát is, igen nagy jelentőségük van.

Különösképpen a polikristályos anyagokra áll ez, amelyek tulajdonságai a szemcsék határfelületi sajátosságaitól függenek.

Mérlegeltük a felületi energia definícióját és kimutattuk, hogy szilárd anyagokban a felületi energia más mint folyadékokban, ugyanis minden szilárd anyag közötti határ határozott vastagságú, véges, mintegy 2—4 atom átmérőjű. Ezért a kísérleti és számított értékek aligha egyezhetnek pontosan.

A cikk áttekinti a felületi energia néhány számítási, illetve meghatározási módszerét és idéz néhány jellemző adatot.

A tanulmány a szilikátipar számára a kerámiai tesztek szilárdságának fokozása, a szinterelése és zsugorítási folyamat, az örlés stb. vonatkozásában jelentős.

Нерс, Р.: Поверхностная энергия, адгезия у кохезия в твердых материалах

Большое количество проблем производства и использования силикатов связано с тем, что последние ведут себя как хрупкие материалы. Теория дислокации

действительна только для случая одного кристалла, и в действительности некоторые окисные структуры, обладающие обычно хрупкими свойствами, в случае получения их в форме одного кристалла показывают эластичные свойства. Значение технологии одного кристалла чрезвычайно малых размеров в форме Whiskerek в последние годы значительно возросло. Не менее важны такие материалы, как стекло, плавленый кварц, графитовые волокна, которые хотя и не обладают достаточной для образования дислокаций критической структурой, но имеют дефекты, которые оказывают большое влияние на механические свойства. Поэтому при изучении кохезии и адгезии чрезвычайно большое значение имеют дефекты, включая внутренние, а также образование больших поверхностных фаз и поверхностная энергия. Особенно распространяется это на поликристаллические материалы, свойства которых зависят от особенностей пограничных поверхностей частиц. При обсуждении правильности дефиниции поверхностной энергии показано, что понятие поверхностной энергии для твердых тел другое, чем для жидкостей, т. к. граница между всеми твердыми телами имеет определенную толщину, равную диаметру 2—4 атомов. Поэтому экспериментальные и расчетные величины едва ли могут точно совпадать. Обсуждается несколько методов расчета и определения свободной энергии и приводится несколько характерных данных. Доклад имеет важное значение для силикатной промышленности в вопросах повышения прочности керамических тел, вопросах спекания, помола и т. д.

R. W. Nurse: Oberflächenenergie, Adhäsion und Kohäsion in Festen Materialien

Bei der Erzeugung und Verwendung von Silikaten entstehen zahlreiche Probleme dadurch, daß diese sich wie spröde Materialien verhalten. Die Dislokationstheorie ist nur für Einkristalle gültig, einige über gewöhnlicherweise spröde Eigenschaften verfügende Oxydstrukturen — in der Form von Einkristallen erzeugt — besitzen tatsächlich elastische Eigenschaften; und die technologische Bedeutung der äußerst kleinen Einkristalle in der Form von Whiskern, erhöhte sich in der jüngsten Vergangenheit in bedeutendem Maße. Ebenso wichtig sind solche Gläser, Quarz oder Graphitfasern, welche — obwohl ihre Struktur zur Bildung der Dislokation nicht ausreichend regelmäßig ist — jedoch Fehler enthalten, deren mechanische Eigenschaften große Wirkung ausüben. Darum sind bei dem Studium der Kohäsion und Adhäsion die verschiedenen Fehlervorkommen, — das Entstehen innerer, großer Oberflächenphasen und die Oberflächenenergie mitinbegriffen — von besonders großer Bedeutung.

Ganz besonders bezieht sich dies auf polykristalline Stoffe, deren Eigenschaften von den Eigenheiten der Korngrenzflächen abhängig sind.

Die Definition der Oberflächenenergie wurde erwogen und es erwies sich, daß die Oberflächenenergie fester Stoffe anders ist als bei flüssigen Materialien, und zwar daß die Grenze zwischen festen Materialien über eine bestimmte, endliche Stärke verfügt mit einem Durchmesser von etwa 2—4 Atomen. Darum können die theoretischen und experimentellen Werte kaum übereinstimmen.

Der Artikel enthält eine Übersicht über einige Verfahren zur Errechnung resp. Bestimmung der Oberflächenenergie und zitiert einige charakteristischen Angaben.

Die Studie ist für die Silikatindustrie in Hinsicht der Erhöhung der Festigkeit keramischer Stoffe, des Sinter- und des Schrumpfungsvorganges, der Zerkleinerung usw. von großem Interesse.

Nurse, R. W.: Surface Energy, Adhesion and Cohesion in Solids

A great many problems in the preparation and usage of silicate materials relate to the fact that they behave as brittle solids. Only when single crystals are studied is

the theory of dislocations applicable, and indeed some normally brittle oxide structures can be made to behave in a ductile manner when prepared as single crystals. Very small single crystals in the form of whiskers have recently taken a considerable technological importance, but of equal significance are fibres such as glass, fused silica, graphite, where the structure is not regular enough for dislocations to form, but nevertheless defects of one kind or another can exist and exert a strong effect on the mechanical properties. All such defects involve the establishment of an interface, or a surface phase, and the question of surface energy is therefore of great importance in the study of cohesion and adhesion.

This is especially the case in polycrystalline bodies,

where the properties are a function of the nature of the boundaries.

The definition of surface energy is considered and it is pointed out that surface energy in solids is not the same as in liquids, since all boundaries between solids would be expected to have finite thickness of the order of say 2—4 atomic diameters. Experimental values will therefore hardly ever agree exactly with calculated values.

Some methods of calculation or experimental determination of surface energy are reviewed, and some typical values quoted.

The significance of these studies in problems of the silicate industry is considered in reference to methods for increasing strength of ceramic bodies, sintering and grain boundary movement, grinding etc.

A világ szilikátiparából

Az építőanyagok nedvességmeghatározása ultramagas frekvenciás méréssel. Az NSZK-ban számos kutató figyelmét felkeltette, hogy az utóbbi években jelentős lehetőség nyílt az ultramagas frekvenciás energia nem-rezonáló és rezonáló elnevezésének gyakorlati felhasználására. Ez a vizet tartalmazó különböző anyagok, tehát szilárd, ömlesztett és porformájú anyagok nedvességmeghatározására alkalmas. Számos méréssel kimutatták, hogy különböző szemcseösszetételű hornokban a finom frakciók csillapítása valamivel magasabb, mint ahogy ezt a nedvességtartalom mellett feltételezték.

*

A Zero-Clearance Airlock Feeder elnevezésű, Angliában kifejlesztett berendezés hengeralakú házban forgó, hatrekeszes rotorral van ellátva, melynek végeinél lágy anyagból készült tárcsák biztosítják a kellő tömítést. A cellás adagolóra emlékeztető készülék kis energia- és hígigényű, folyamatosan működik és 300°C-ig használható.

*

Malmö közelében fekvő Linhamn-i Skanska Cementgyárban teljesen automatizált üzemű, évi 500 000 t kapacitású cementárugyártó sort helyeztek üzembe. Ezzel a gyár teljes kapacitása 1,200 ezer t/év-re növekedett. A gyár érdekessége a 3900 m hosszú szállítószalag, amely a nyersanyagot a bányából a gyárba juttatja, és fele hosszában a város alatt elhelyezkedő alagútban fut.

*

Új portalanító berendezést fejlesztettek ki Angliában, elsősorban a mészégető kemencék füstgázainak tisztítására. A berendezés lényege egy Venturi-cső, melyből a gázok mosótoronyba (szrubber) kerülnek. A mosófolyadékot recirkuláltatják, így szilárdanyag-tartalma 45%-ig is terjedhet.

*

Francia kísérletek a golyósmalmokban alkalmazott őrlőtestek optimális méreteire és eloszlására vonatkozóan.

A kísérleti eredmények kizárólag cementklinkerőrlésre vonatkoznak, de vonatkoztathatók egyéb anyagokra is. Az első rész tárgya az optimális őrlőtest-méret kikísérletezése volt, adott kiinduló-anyag és őrlőberendezés mellett. Egy forgókemencével készült klinker négy különböző szemcsefrakcióját őrlték bolygókeverős malomban. A kovásolt acélgolyókból álló malomtöltetet részben azonos méretű golyókból, részben különbözőképpen változtatva rakták a malomba és 15, 30, 60, 90, 120, 150, 300 és 600 másodperc időközönként, mérték a fajlagos felületet. Az eredményeket golyóátmérő, fajlagosfelület, továbbá a szemszerkezet, golyóátmérő és őrlési idő függvényében ábrázolva értékelték.

Meghatározták a golyófelület-anyagfelület arányára vonatkozó, valamint az egyéb számításokhoz szükséges matematikai levezetéseket. Megállapították, hogy sem az őrlőtestek alakja, sem anyaga nem döntő befolyású, sokkal fontosabb a méret és az eloszlás.

*

A Holderbank-i (Svájc) Műszaki Intézet automatikus permeabilitásmérési módszert fejlesztett ki a cement-finomság mérésére. A módszerhez tartozó műszer lehetővé teszi a fajlagos felület kvázifolyamatos mérését 250 g-os cementmintán, Blaine módszere szerint. A készülék alkalmas osztályozó-berendezés szabályozására is.

*

Cementégető forgókemencékből származó égetett króm-magnezittégla béléstest károsodását vizsgálták az USA-ban petrográfiai úton. Azt találták, hogy a téglák felületére a hidegebb részekben kálium-vas-szulfid adszorbeálódott. Amikor a kemence üzemeltetését leállították az atmoszférikus oxigén a kálium-vas-szulfidot szulfáttá oxidálta. A téglá anyagával való reakció termékei, valamint a térfogatváltozás, repedésekhez, illetőleg a téglá károsodásához vezettek. A károsodás a mechanizmusának kiderítését mikroszkópos vizsgálatral végezték.

Az előzőekhez kapcsolódva a következő megállapításokat teszik: Az alkáliák és a szulfidokat tartalmazó anyagok a kemence atmoszférájából rakódnak a bélés hidegebb részeire, s ez veszélyezteti a tűzálló téglá élettartamát. A vasalkáli-szulfidok redukáló feltételek mellett működő kemencék bélésében képződnek, kevésbé károsak, sőt megerősítik a téglá kémiai kötését. Lényegesebb a kár, ha az oxidáló atmoszféra a szulfidokat szulfátokká oxidálja, mely utóbbiak reagálnak a téglá anyagával. Az ilyen típusú károsodások aránylag ritkák, és megelőzhetők alacsony kén- és alkáli-tartalmú tüzelőanyag alkalmazásával, illetőleg a kemence atmoszférikus változásának elkerülésével.

*

Szárítással kapcsolatos vizsgálatok az USA-ban. A Keller-féle Intervel szárító olyan műszárító berendezés, amely egyesíti magában a klímászárító és az ún. ritmikus szárító előnyeit. Kedvező fajlagos hőfelhasználással működik, és az eddigi kamrás műszárítóknál gyorsabban szárít. Az univerzális szárító minden kamrája felett középen olyan axiál-ventillátort helyeztek el, amely 3 légáramoltatási helyzetbe állítható. Ennek megfelelően a szárító levegő a kamrák elejére, végére, vagy a közepére áramoltatható. Az egyes légáramoltatási periódusokat mindig az agyag, illetve az áru minőségének megfelelően választják meg.

1. Bevezetés

A kőzetmechanikai vizsgálatok célja az, hogy az anyag tulajdonságaira minőségi és mennyiségi jellemzőket állapítson meg. Természetes kővek tulajdonságainak egymáshoz viszonyításakor ezeket a jellemzőket használjuk. A szokványos szilárdsági vizsgálatok általában ún. tiszta feszültségállapotban történnek. (Egyirányú húzó- és nyomószilárdság, nyírószilárdság stb.) E vizsgálatok között az egyirányú nyomószilárdság értékére találjuk a szakirodalomban a legtöbb adatot. Természetesen ezt indokolja, hogy a kőzeteket ilyen jellegű igénybevételnél használják általában, továbbá viszonylag egyszerű a próbatest kialakítása, és egyszerű vizsgálóberendezésre van szükség [1].

Az egyirányú nyomószilárdsági vizsgálat a kőzetmechanika szakterületén belül így sajátos szemléletmódot alakított ki. Ha a kőzeteknél szövet és szilárdság vagy összetétel és szilárdság stb. közötti összefüggés kerül elemzésre, a szilárdság fogalma alatt minden esetben az egyirányú nyomószilárdsági érték szerepel. A Tanszék kőzetmechanikai laboratóriumában készült vizsgálatok azonban rámutattak arra, hogy az egyirányú nyomószilárdsági vizsgálat eredményét egyetlen határértékkel a törőterheléshez tartozó törő- vagy nyomószilárdsági értékkel nem szabad figyelembe venni. Minden esetben a terhelés-alakváltozási görbe alakja, a görbén kijelölhető eltérő szakaszok aránya stb. együttes mérlegelése szükséges [2, 3].

Az egyirányú nyomószilárdsági vizsgálat a többi szabványos szilárdsági vizsgálattal együtt a vizsgált kőzet törési határállapotának csak egy-egy speciális esetét szolgáltatja, mivel a vizsgálatokat eltérő vizsgálattechnikai kötöttség terheli. Ez érthető, hiszen az egytengelyű feszültségállapot az általános térbeli feszültségállapotnak speciális esete, a tönkremenetel mechanizmusát, s a feszültségállapot

pot függvényében a törési határértéket és határállapotot megállapítani egytengelyű nyomószilárdsági vizsgálatnál nem lehet. Erre csak a triaxiális törőszilárdsági vizsgálat alkalmas, mely adott kísérleti paraméterek mellett, azonos feszültségteret biztosít a természet által létrehozott feszültségterrel.

Laboratóriumi kőzetvizsgálatok céljaira hazánkban az első triaxiális berendezést a BME Ásvány és Földtani Tanszék megrendelésére a Bányászati Kutató Intézet készítette el (1. ábra). Az első próbavizsgálatokat a készüléket legyártó BÁKI szakembereinek közreműködésével a Tanszék végezte

2. Elméleti alapok

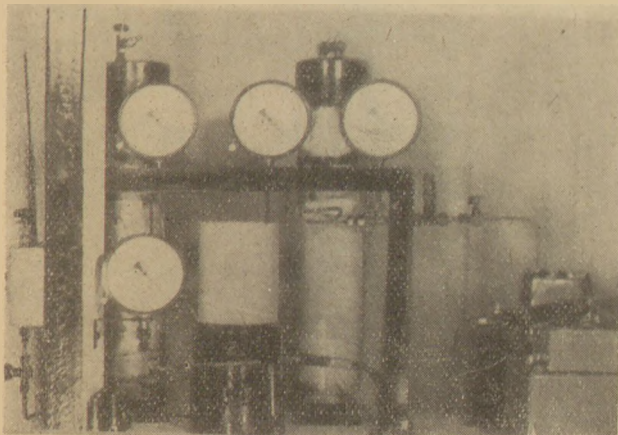
Szilárdsági vizsgálatok sokasága bizonyította, hogy egy próbatestre ható külső erőrendszer okozta belső feszültségrendszer a legkülönbözőbb együttesben juttatja a próbatestet a *törés és épenmaradás határállapotába*, röviden a *törési határállapotba*. Az anyagvizsgálatok arra irányultak, hogy véges számú kísérlet és ezekhez kapcsolódó elméleti megfontolás alapján a törési szilárdság feltételeit, a szilárdsági jellemzők nagyságát és arányát előre lehessen jelezni. Tehát olyan módszer kidolgozása volt a cél, amely alkalmas annak elbírálására, hogy valamely tetszőleges feszültségállapot *határállapotnak* minősül-e, törést idéz-e elő, avagy sem. Ezeket a módszereket, elméleteket *törési elméleteknek* nevezzük [4, 5, 7].

Elméleti megfontolásainknál természetesen ideális anyagjellemzőket tételezünk fel, tehát a kőzetanyagot homogénnek, izotrópnak vesszük. A töréseméleti összefüggések közül természetes és mesterséges kővekre mint *rideg anyagokra* a főcsúsztató feszültségelméletek (Coulomb, Guest, Mohr) és ezek közül is, amint a kísérletek igazolják, a *Mohr-féle* alak mutatkozik legmegfelelőbbnek. Mohr a síkbeli és térbeli feszültségi állapotot feszültségi főkörökkel ábrázolta, és 1900-ban kidolgozott elméletének alapgondolata az, hogy a *törési állapotnak megfelelő feszültségi főkörök* ugyanannál az anyagnál egy, a tengelyre szimmetrikus *burkoló görbét* érintenek (2. ábra), melynek egyenlete:

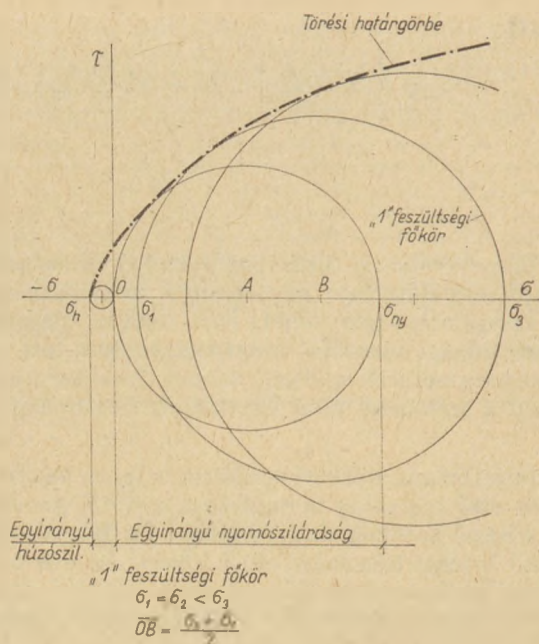
$$\tau_n = f(\sigma_n)$$

alakú.

A Mohr elmélet szerint a törési határállapot akkor következik be, amikor a kőzetminta egy pontjában az eredő csúsztatófeszültség eléri a csúsztató szilárdságot. Ilyenkor e pontban, egy felületi normálissal jellemezhető síkban, elcsúszás lehetséges. Ha ezen határállapot a pont környezetében fokozatosan kiterjed, kialakul a *csúszólap*, amelynek men-



1. ábra. Triaxiális vizsgálóberendezés



2. ábra. Törési határgörbe

tén az anyagi összefüggés megszűnik, tehát a közet szilárdságilag tönkremegy, törik.

Háromtengelyű nyomócellával századunk elején kezdtek kísérletezni. A többtengelyű feszültségtér létrehozására Adams végzett kísérleteket, majd Kármán kiterjedt mérésorozatot folytatott közet-anyagon. Napjainkban triaxiális cellában végzett megfigyelésekről egymásután jelennek meg tudományos közlemények [6, 7, 8, 9].

A vizsgálatok eredményeként kapott törési határgörbét a kutatók egy elméleti görbével közelítik meg, melyet a Mohr elmélet szerint vesznek fel.

Az analitikusan felírt határgörbe elméleti feltételei:

1. a görbe monoton legyen;
2. a σ érték növekedésével τ is növekedjék;
3. a görbe a σ -tengelyre szimmetrikus legyen;
4. a $\tau=0$ helyen a σ értéke az egyirányú húzószilárdság értékével egyezzen meg;
5. a $\tau=0$ helyen a határgörbe görbületi sugara egyezzen meg az egyirányú húzószilárdság felével;
6. a többirányú húzás határintenzitása ne különbözzék az egyirányú húzástól.

Ezeket a feltételeket az alábbi paraméteres alakú egyenlet elégíti ki:

$$\tau = \frac{\sigma_h}{2 \operatorname{tg} \eta} \operatorname{sh} 2t$$

$$\sigma = \frac{\sigma_h}{2 \operatorname{tg}^2 \eta} (\operatorname{ch} 2t - 1) - \sigma_h$$

ahol

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma_{ny}}{\sigma_h} - 3}$$

A „t” paraméter értéke $(-\infty)$ és $(+\infty)$ között vehető fel, a σ_h az egyirányú húzószilárdság értéke, σ_{ny} pedig az egyirányú nyomószilárdságot jelenti.

A törési határgörbe ilyen alakja nehézkesen kezelhető. A szakirodalomban található formulák, általában parabolával szokták közelíteni. Az 1. táblázatban néhány közelítő összefüggés alapján saját mérési eredményeinket ábráztuk, továbbá a megszerkesztett törési határgörbe τ -értékeit tüntettük fel 300, 600 és 900 kp/cm²-es σ -értéknél. A Tanszéki vizsgálat rovatban a lemért értékek szerepelnek.

1. táblázat

A határgörbe pontjainak τ értékei a σ függvényében

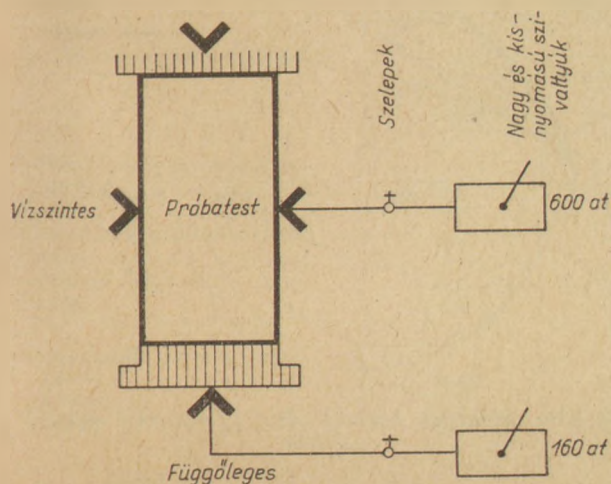
		Süttő			Tardos		
		$\sigma_{ny} = 593 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_h = 46 \text{ kp/cm}^2$			$\sigma_{ny} = 1290 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_h = 46 \text{ kp/cm}^2$		
		ha $\sigma = 300$	600	900	300	600	900
Ros	$\tau = 0,7\sigma + 0,261K, K = 0,7\sigma_{ny}$	434	644	854	693	903	1113
Fritsche	$\tau = 0,625\sigma + 0,277\sigma_{ny}$	353	540	728	545	732	920
Gehler	$\tau = \sigma_{ny} \sqrt{\beta(\alpha + \varepsilon)}$ $\beta = 1 + 2\varepsilon - 2\sqrt{\varepsilon(1 + \varepsilon)}$ $\varepsilon = \frac{\sigma_h}{\sigma_{ny}}; \quad \alpha = \frac{\sigma}{\sigma_{ny}}$	345	472	570	556	758	917
Leon	$\tau^2 = a\sigma + b$ $a = \frac{T}{\sigma_h}; \quad T = b\sigma_{ny}$ $b = \sqrt{\varepsilon(1 + \varepsilon)} - \varepsilon; \quad \varepsilon = \frac{\sigma_h}{\sigma_{ny}}$	336	475	583	515	730	892
Tanszéki vizsgálat (mérési eredmények)		700	980	1220	700	1060	1350

3. A használt mérőberendezés ismertetése

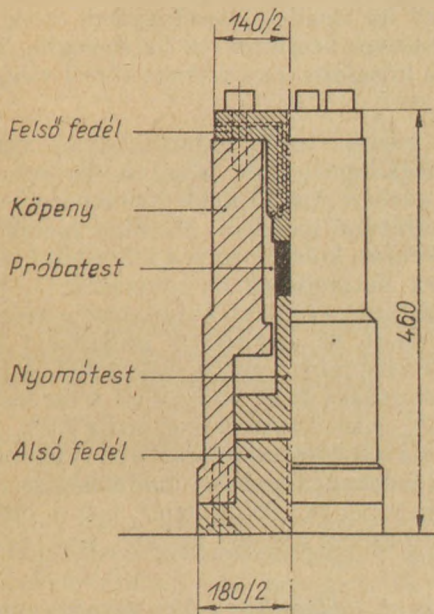
A triaxiális cella mintegy 500 mm magas, 150 milliméter átmérőjű hengeres test, melyhez 2 db hidraulikus szivattyú tartozik. A készülék a szerelvényekkel együtt állványon rögzíthető, vizsgálati helyigénye mintegy 3—4 m². Két fő személyzet szükséges kezeléséhez, akik külön-külön a szivattyúkat kezelik, továbbá a nyomásmérőket figyelik és leolvassák.

A próbatest függőleges terhelését erre alkalmas nyomófej biztosítja, amely a dugattyú felső része. A dugattyúra alulról felfelé ható munkafolyadéknyomás hat. Ez a tér az ún. *kisnyomású tér*. Az üzemi folyadéknyomás 160 kg/cm² (maximálisan 200 kg/cm²). E nyomófeszültség hatására a felfelé elmozduló dugattyú 15 Mp vertikális erőt képes a próbatest alsó felületére átadni (maximálisan 18,75 Mp) (3. és 4. ábra).

A készülékbe $\varnothing$ 30 mm méretű, 90 mm legnagyobb magasságú hengeres próbatestek helyezhe-



3. ábra. Triaxiális cella elvi vázlata



4. ábra. Triaxiális cella metszete, nézete

tők, az üzemi vertikális feszültség értéke így 2100 kp/cm² (maximális 2660 kp/cm²).

A *nagynyomású tér* a burkolattal bevont próbatest körül vízszintes irányban alakul ki. Itt a megengedhető folyadéknyomás 600 kp/cm². Tehát a készülékbe helyezett próbatest köpenyére ható vízszintes főfeszültség maximális értéke 600 kp/cm².

4. A próbatest előkészítése

A próbatest vizsgálati előkészítése a méretfelméréssel kezdődik. A szabványnak megfelelő módon lemérjük a minta méreteit, súlyát és más, szükséges fizikai jellemzőit.

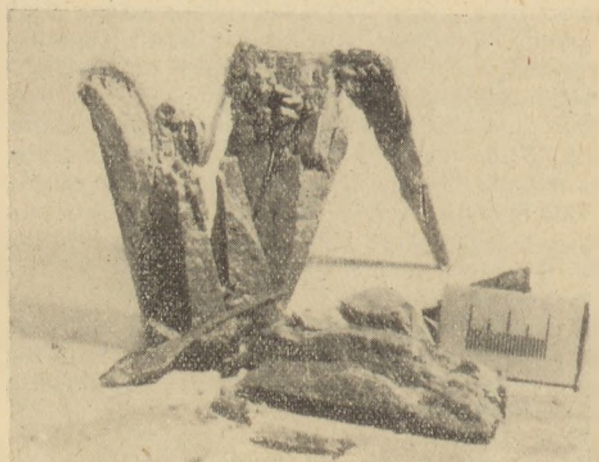
A próbatesteket gumi vagy plasztikus műanyag bevonattal kell ellátni, és a központos terhelést biztosító ún. *nyomófejeket* kell felragasztani rájuk (5. ábra). Gondosan ügyeljünk a fejek központos ragasztására. A kőzetminta felületi érdességétől függően felületkezelést kell alkalmazni. Kísérleteinknél pl. a süttői forrásvízi mészkőminták felületén 2—3 mm átmérőjű üregek voltak. Ezeket gipszzel tömtük be, majd száradás után lecsiszoltuk. A sima felület biztosítja, hogy a minta palástbevonata a terhelés során ne szakadjon ki, ne sérüljön meg. A tartós tömött mészkő sorozatnál felületkezelésre nem volt szükség. A vizsgálat megkezdése előtt gondosan ellenőrizni kell a minta felületi bevonását a minta és a ragasztott nyomófej határán. A mintát a technológiai utasításnak megfelelően kell a készülékbe helyezni.



5. ábra. A próbatest és a próbatest vizsgálati előkészítése

5. Terhelés és törés végrehajtása

A próbatestre a kisnyomású szivattyúval vertikális terhelést adunk. Ezután a keresztirányú (vízszintes) feszültséget az előre megállapított értékre emeljük, majd a szabványban (MSZ 1991) előírt sebességgel (15 kp/cm² s) növeljük a függőleges feszültséget. A vízszintes nyomás adja így a kis $\sigma_1 = \sigma_2$, a függőleges a nagy σ_3 értéket a Mohr-féle főfeszültségi körökhöz. Természetesen elméletileg fordított sorrendben is lehetséges a terhelés: a vízszintes feszültséget 150—250 kp/cm²-re állítjuk, a függőleges feszültséget magasra vesszük, majd a vízszintes feszültséget óvatosan csökkentve érjük el a törési határállapotot. A törés létrejöttét a minta anyagától függően zökkenésszerűen halljuk,



6. ábra. Eltört kőzetminták

illetőleg a feszmérőn a beállított feszültségérték csökkenésével észleljük.

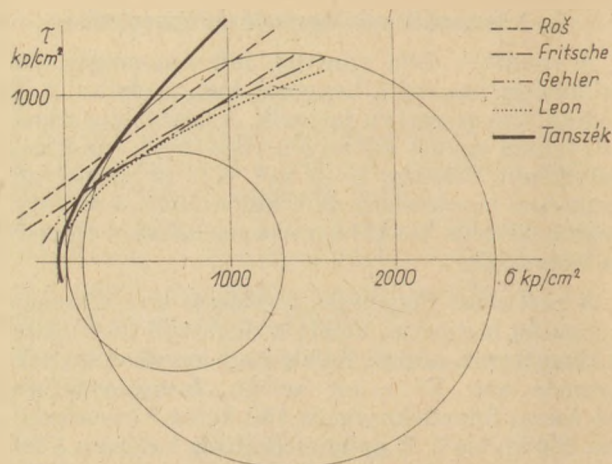
A terhelés során rendellenességként jelentkezhet, hogy olajmennyiség benyomása mellett a vízszintes feszültség nem emelkedik. A jelenség arra utalhat, hogy — főleg üreges kőzet vizsgálata esetén — a minta bevonata megsérült, az olaj a minta belsejébe nyomódik.

A minta törésének észlelése után a szivattyúk szelepét azonnal nyitjuk, így a nyomásértékek nullára csökkennek. A törés tényét, jellegét (töretképet) jegyzőkönyvben leírjuk. A jegyzőkönyvben rögzített méretek, feszültségértékek és törési jelleg alapján az értékelés elvégezhető (6. ábra).

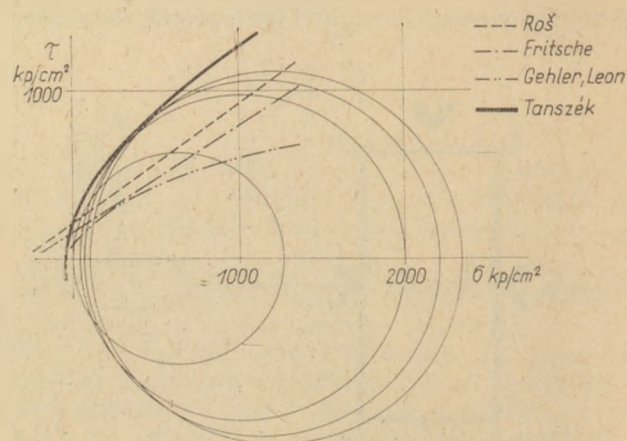
6. Mérési eredmények

A triaxiális kísérlet értékelését a törési határgörbe felrajzolásával kezdjük, mely a Mohr-féle feszültségi főkörök burkoló görbéje. A vizsgált tömött mészkő (Tardos—Hungária típusú) és forrásvízi mészkő (Süttő) törési határgörbéjének szerkesztését a 7. és 8. ábra mutatja.

Analitikus úton az 1. táblázatban összefoglalt elméleti módszerekkel is meghatároztunk néhány törési határgörbét, melyeket az egyszerű összehasonlítás céljából szintén a 7. és 8. ábrán ábrázoltunk. A vizsgálatok azt bizonyítják, hogy a külön-



7. ábra. Mohr-féle burkoló görbe (Tömött mészkő, Tardos—Hungária)



8. ábra. Mohr-féle burkoló görbe (Forrásvízi mészkő, Süttő)

böző törésméletek alapján felvett törési határgörbék eltérnek mérési eredményeinktől. Ennek az az oka, hogy az elméleti összefüggések rideg anyag feltételezésével készültek és helyességük bizonyítása nem kőzetanyagon végzett törési vizsgálattal történt.

A két mészkő törési határgörbéinek vizsgálata során megállapíthatjuk, hogy a tardosi tömött mészkő görbéje meredekebb emelkedésű, mint a süttöi forrásvízi mészkőé. Mindkét mészkőnél — bár értékekben különböznek a különböző módszerrel kapott határgörbék és egyenesek — jellegük azonos. A tardosi mészkő határgörbéje azért meredekebb, mert az egyirányú szilárdsági értékek aránya is más, mint a süttöi mészkőnél. A húzó- és nyomószilárdsági érték hányadosa a tardosi mészkőnél 3,6%, a süttöi mészkőnél pedig 7,7%. Ezt támasztja alá a 2. táblázat adatsora is. A légszáraz állapotban mért rugalmassági modulus a tardosi tömött mészkőnél 347 600 kg/cm², míg a süttöi forrásvízi mészkőnél 251 400 kg/cm², azaz a tardosié 72%-a.

A 2., 3., 4. táblázatban a két kőzetre vonatkozó szilárdsági, mikroszkópi és a tömegeloszlással kap-

		Tömött			Forrásvízi		
		mészkő					
		Tardos—Hungária			Süttő		
		átlag	min.	max.	átlag	min.	max.
σ_{ny} kp/cm ²	Légszárazon	1 578	1 326	1 757	1 322	1 151	1 538
	Kiszáritva	1 266	630	1 394	1 312	1 102	1 508
	Vízzel telítve	1 390	790	1 730	1 155	1 093	1 228
	25 fagyasztás után nedvesen	1 311	1 158	1 490	1 055	1 032	1 107
	25 fagyasztás után száritva	1 423	1 031	1 846	1 429	1 087	1 725
	50 fagyasztás után nedvesen	1 255	851	1 490	980	863	1 181
	Különleges hő tírés után	1 350	1 242	1 492	1 565	1 254	1 848
E kp/cm ²	Légszárazon	347 600	324 000	365 000	251 400	244 000	261 000
	Kiszáritva	322 600	253 000	362 000	245 000	223 000	269 000
	Vízzel telítve.....	214 000	156 000	290 000	219 920	195 200	230 700
	25 fagyasztás után nedvesen	261 000	197 000	328 000	201 300	173 300	234 800
	25 fagyasztás után száritva	302 800	214 000	379 000	278 400	238 000	296 000
	50 fagyasztás után nedvesen	232 400	186 000	328 000	213 000	193 000	245 000
	Különleges hőtűrés után	322 200	307 000	355 000	310 120	268 400	345 000

Mikroszkópi vizsgálatok eredménye

3. táblázat

Ásványos összetétel (%)	Tömött			Forrásvízi		
	mészkő					
	Tardos—Hungária			Süttő		
	átlag	min.	max.	átlag	min.	max.
Mikrokristályos karbonát- anyag	78,6	73,9	82,5	63,7	53,8	71,5
Kalcit	10,8	7,0	17,1	15,4	10,7	20,4
Vasoxiddal átítatott CaCO ₃ .	4,1	1,3	6,4	9,4	3,4	14,6
Kvarc	—	—	—	3,2	1,8	5,0
Ósmaradványváz	3,6	1,2	5,4	0,7	—	1,4
Hézag	2,9	1,6	4,6	7,6	5,6	12,6
Elegyrészek mérete (mm)						
kalcit	0,60	0,10	1,50	0,55	0,30	0,80
kvarc	—	—	—	0,15	0,10	0,30
hézag	0,10	0,03	0,45	0,60	0,10	0,80

Tömegeloszlással kapcsolatos vizsgálatok

4. táblázat

	Tömött			Forrásvízi		
	mészkő					
	Tardos—Hungária			Süttő		
	átlag	min.	max.	átlag	min.	max.
Légszáraz térfogatsúly (g/cm ³)	2,69	2,65	2,74	2,60	2,57	2,66
Térfogatsúly kiszáritva (g/cm ³) . . .	2,70	2,69	2,71	2,59	2,50	2,62
Térfogatsúly vízzel telítve (g/cm ³) .	2,70	2,68	2,72	2,63	2,61	2,66
Víztartalom (súly %)	0,07	0,03	0,10	0,26	0,25	0,27
Vízfelvétel (súly %)	0,09	0,06	0,13	0,86	0,60	1,07

csalatos vizsgálataink mérési eredményét közöljük, annak érdekében, hogy később készülő vizsgálatok eredményei így értékelhetők legyenek.

7. Összefoglalás és javaslat

a vizsgálati módszer továbbfejlesztésére

A kőzetek törése ma még igen kevésé feltárt jelenség. Egyirányú nyomószilárdsági vizsgálattal a törési határfeltételnek csak egy speciális esete határozható meg. A törési határgörbe többi pontjának kimérését más-más vizsgálattal kell elvégezni,

így a törést előidéző összetartozó értékek meghatározása és figyelembe vétele gyakorlatilag lehetetlen.

A BME Ásvány és Földtani Tanszék és a BKI által közösen szerkesztett triaxiális kőzetvizsgáló berendezés alkalmas arra, hogy hengeres kőzetpróbatestek összetartozó törési határértékeit meghatározza. A nagynyomású triaxiális kőzetvizsgáló berendezés olyan jellegű feszültségteret létesít, amely adott paraméterek mellett a természet által az ún. szálaban álló kőzetben létrehozott feszültségteret jól modellezi.

A triaxiális vizsgálatból nyert összetartozó $\sigma_1 = \sigma_2$ és σ_3 értékek alapján megszerkeszthetők a Mohr-féle feszültségi körök és az őket burkoló törési határgörbe. Az anyag tönkremenetelére vonatkozó további mérési eredmények a kísérleti módszer megbízhatóságára és az anyagi minőség változására adnak értékes felvilágosításokat. Egy adott kőzet törési határgörbéjének meghatározására mindig fölös számú mérést kell végezni. A tapasztalt szórás a kőzet anizotrópiája és heterogenitása miatt következik be.

A törés mechanizmusának elemzése alapján a törési határgörbe analitikusan is felírható.

A határgörbe egyenletének ismeretében, annak felírása után az anyagjellemzők a határgörbe adatainak függvényeivé válnak.

A triaxiális vizsgálat minden esetben csak része lehet egy átfogó szemlélettel készülő kőzetvizsgálatnak. Kőzettani, kémiai, egyéb szilárdsági stb. vizsgálatok nélkül a triaxiális vizsgálat eredményei nem értékelhetők. Legfontosabb természetesen a kőzettani vizsgálat, amelyből a kőzet alapvető szilárdsági jellege is meghatározható.

A BME Ásvány és Földtani Tanszék triaxiális kőzetvizsgáló berendezése az elmondottak alapján alkalmas laboratóriumi körülmények között a kőzetek szilárdsági viselkedésének kimérésére. A triaxiális vizsgálatok lehetőséget nyújtanak az egyirányú nyomószilárdsági vizsgálatok átértékelésére és így ezek a rutinvizsgálatok a törés mechanizmusával kapcsolatban is értelmezettek lesznek. A készülék alkalmas arra, hogy a többtengelyű feszültségterben végzett kőzetvizsgálatokat kiegészítsük alakváltozási megfigyelésekkel. A terhelés-alakváltozási görbe adatai és rajza a kőzetpróbatestnek terhelés alatti viselkedését írják le. A tönkremenetel határfeltételei mellett a terhelés-alakváltozási görbe szakaszai és e szakaszok aránya nyújtják a kőzetviselkedés legfontosabb jellemzőjét.

A laboratóriumi triaxiális kőzetvizsgálatok hazánkban is új irányt szabnak a kőzet-szilárdsági vizsgálatoknak. Biztosíthatják a szabályzatokban előírt egyszerű szilárdsági vizsgálatok értékelését és hozzásegítenek az anyagtulajdonságok jobb megismeréséhez.

IRODALOM

- [1] *Palotás L.* (1961): Építőanyagok I. II. Budapest.
- [2] *Gálos—dr. Kertész—Kürti* (1969): Összeálló kőzetek műszaki megítélése alakváltozási vizsgálatokkal. *Mélyépítéstudományi Szemle* 19. 2. sz.
- [3] *Kertész P.* (1968): A Static Rock Modell based on Petrological Fundamentals. 3rd Budapest Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Section IV, Budapest.
- [4] *Kravcsenko* (1960): Über die Arten des Spannungs. *Materialprüfung*.
- [5] *Cholnoky* (1966): *Mechanika I. II.* Budapest.
- [6] *Bodonyi J.* (1967): Gebirgsmechanische Vorgänge bei mehrachsiger Beanspruchung. Diskussionen über das 8. Ländertreffen des Internationalen Büros für Gebirgsmechanik Berlin.
- [7] *Griffith A.* (1954): Comparison of Griffith's theory with Mohr's failure criteria. *Quarterly of the Colorado School of Mines*.
- [8] *Heinz—Heyne* (1968): Zur Darstellung des Spannungsstandes bei echten Triaxialversuchen. *Bergakademie* 2. sz.
- [9] *Evdokimov P. D.* (1968): K voproszu o mechanizme szoprotivlenija szdvigu szkalnüh porod po trescsinam. 3rd Budapest Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Section IV. Budapest.
- [10] *Richter R.* (1962): A törési határgörbe analitikájáról. *Bányászati Lapok* 6. sz.

Gálos Miklós—Kertész Pál—Kürti István: Kőzetvizsgálat triaxiális nyomócellában

Az ismertetett triaxiális kőzetvizsgáló berendezés alkalmas hengeres próbatesteken, többtengelyű feszültségter beállításával, a törési határfeltétel meghatározására. Az összetartozó törési $\sigma_1 = \sigma_2$ és σ_3 értékek alapján megszerkeszthetők a Mohr-féle feszültségi körök és az őket burkoló törési határgörbe. A határgörbe egyenletének ismeretében az anyagjellemzők annak függvényeivé válnak. Az új triaxiális készülékkel a szilárdsági vizsgálatot kiegészítő alakváltozás-mérést is lehet végezni.

A laboratóriumi triaxiális kőzetvizsgálatok hazánkban új irányt szabnak a kőzet-szilárdsági vizsgálatoknak. Biztosítják a szabályzatokban előírt egyszerű szilárdsági megfigyelések értékelését és hozzásegítenek az anyagtulajdonságok jobb megismeréséhez.

M. Галос—П. Кермес—И. Кюрти: Испытание пород в триаксиальной камере давления.

Описываемое триаксиальное оборудование для испытания пород пригодно для определения пограничных условий разрушения на образцах цилиндрической формы при установлении многоосевой области разрушения. На основе связанных между собой показателей разрушения $\sigma_1 = \sigma_2$ и σ_3 могут быть построены огибающие кривые Мора, а также покрывающие их пограничные кривые разрушения. Зная уравнение пограничной кривой, можно определить зависящие от него характеристики материала. С помощью нового триаксиального прибора можно измерить также изменение (деформацию) формы, что является ценным дополнением к испытанию прочности.

Триаксиальное испытание пород открывает новые возможности для более легкой оценки их прочности, а также других материальных свойств.

Gálos, Miklós—Kertész, Pál—Kürti, István: Gesteinprüfung in triaxialer Druckzelle

Die beschriebene triaxiale Prüfeinrichtung eignet sich mit Hilfe der Einstellung eines polyaxialen Spannungsraumes zur Bestimmung der Grenzwerte beim Bruch von zylindrischen Probekörpern. Aufgrund der zusammengehörigen Bruchwerte $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ können die Mohr'schen Spannungskreise und die jene umgebende Grenzkurve konstruiert werden. In Kenntnis der Gleichung der Grenzkurve werden die stofflichen Kennzeichen zur Funktion derselben. Man kann mit Hilfe der neuen Triaxialvorrichtung auch Verformungsmessungen zur Ergänzung der Festigkeitsprüfungen vornehmen.

Die triaxiale Prüfungen des Laboratoriums bestimmen eine neue Richtung bei der Untersuchung von Gesteinen. Es wird die Wertung der vorgeschriebenen einfachen Festigkeitsprüfungen gesichert und eine Möglichkeiten zur besseren Kenntnis der stofflichen Eigenschaften geboten. (S. G.)

Gálos, Miklós—Kertész, Pál—Kürti, István: Rock Testing in a Triaxial Compressive Cell

A triaxial rock testing apparatus is described which enables the determination of limiting conditions of fracture on cylindrical bodies, applying multiaxial stress field. Mohr's stress circles and their covering curves (i. e. limiting fracture curve) can be constructed and their equations given by corresponding $\sigma_1 = \sigma_2$ and σ_3 values. The knowledge of the equation of the limiting fracture curve means the determination of functional relationships with other material characteristics. The new device enables the simultaneous change-of-shape determinations too, which is a useful addition to strength tests.

Mikroszonda alkalmazása üveghibák elemi összetételének megállapítására

BERNOLÁK BÉLA — UDVARDI MIKLÓS
Szilikátipari Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Az üveghibák kémiai összetételének megállapítására jelenleg rendkívül körülményes módszerek állnak rendelkezésre. Mindazok a módszerek, melyeket az eddigi gyakorlatban alkalmaztak, a kémiai összetételre vonatkozóan csupán következtetések levonását tették lehetővé.

Az üveghibák kémiai analízise általában sok nehézségbe ütközik. Az analízis lehetőségét a minta kipreparálhatósága, valamint a kipreparált minta mennyisége határozza meg. A gyakorlatban az üvegekben található hibáknak csupán néhány típusa szabadítható ki, de rendszerint még ebben az esetben sem mentes a környező üvegtől. Az analízis pontosságát természetesen a rendelkezésre álló minta mennyisége is korlátozza. Ha a beágyazó üveg eltávolítására, illetve a minta kioldására valamilyen kémiai reakciót alkalmazunk, annak specifikus voltát biztosítani rendkívül nehéz, az esetek többségében szinte lehetetlen.

Az üveghibák kémiai természetére vonatkozóan sok esetben elegendő annak elemi összetételének ismerete, az egyes elemek koncentrációinak pontos meghatározása helyett elegendő információ a mennyiség közelítő becslése.

Erre a célra sok esetben sikerrel alkalmazták a szinképelemzést, de ez is jó preparátumot igényel.

Az üveghibák kémiai összetételének megállapítására felhasználták a mikroszkópiai módszereket. A mikroszkópnak ilyen célra történő felhasználása két úton lehetséges. Az egyik esetben megállapítják az üveghiba ásványtani-optikai adatait és ebből következtetnek a kémiai összetételre (ez általában csak kristályos anyagok esetében járható út), a másik esetben a mikroszkóp alatt a vizsgálandó hibán végrehajtott cseppreakciókból következtetnek a vizsgált hely kémiai összetételére. Mindkét út körülményes, sok hibaforrást rejt magába.

Az elektronsugárzás gyakorlati felhasználására irányuló kutatások eredményeképpen kifejlesztett mikroszonda üvegipari alkalmazása lehetővé teszi az üveghibák kémiai összetételének egzakt megállapítását minőségi és mennyiségi szempontból egyaránt. A mikroszonda felhasználása lehetővé teszi, hogy az üveghibát nem kell a környezetből eltávolítani, hanem eredeti környezetében vizsgálható, tehát a beágyazó anyag összetétele nem hamisítja meg az analízis eredményét. Emellett nagy jelentőségű, hogy 2—3 μm átmérőjű hibahelyek is elemezhetők, valamint a hibahely különböző részeiről is információ nyerhető. A módszer lehetőséget nyújt emellett az üveg homogenitásának felderítésére is, az egyes elemek eloszlásának vizsgálatával az inhomogenitás vizsgálható.

Az iparban gyártott üvegekben előforduló üveghibák származására, illetve természetének megál-

apítására vonatkozóan az esetek túlnyomó többségében mennyiségi elemzés végzése nem szükséges, az elemi összetétel kvalitatív viszonyainak ismerete a technológus számára elegendő. Ezért a továbbiakban csupán az üveghibák minőségi elemzésének kérdéseire térünk ki.

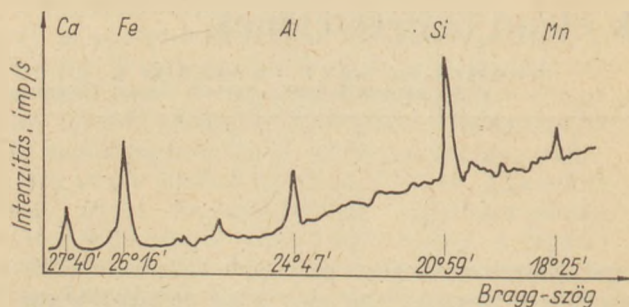
A mikroszondás analízis alapja a következő: ha egy mintát elektronsugárzással bombázunk, úgy a besugárzott felületen primer röntgensugárzás keletkezik, mely sugárzás hullámhossz szerinti összetétele jellemző a vizsgált helyen jelenlevő elemekre, az egyes elemekhez tartozó karakterisztikus röntgensugárzás intenzitása pedig az elemek koncentrációjának függvénye. Az elektronsugárzás energiája, hullámhossza és geometriai paraméterei jól szabályozhatók, a vizsgált felület tetszés szerinti pontjára vetíthető, így lehetőség van arra, hogy megfelelően kialakított elektronsugárral üvegminta bármely helye, így a vizsgálni kívánt hibahely is, besugározható. Az elektronsugárzásnak kitett helyről származó röntgensugárzás tehát csupán a vizsgálni kívánt helyről ad információt. Mivel az elektronsugár átmérője a gyakorlatban 1—2 μm , a sugár behatolási mélysége üvegek és általában szilikátok esetében 3—5 μm , így az elemzett minta térfogata max. 15 μm^3 , tömege 10^{-9} g nagyságrendű. Ha figyelembe vesszük, hogy az átlagos mikroszondák az üveghibákat alkotó elemek esetében 0,1%-ot már megbízhatóan kimutatnak, akkor megállapíthatjuk, hogy 10^{-12} g jelenlevő komponens már kimutatható a vizsgált helyen. Az elektronsugár „egyszerű” kezelhetősége és a módszer nagy érzékenysége eredményes vizsgálatot tesz lehetővé.

Az alábbiakban a mikroszonda néhány módszerét és alkalmazási területét mutatjuk be.

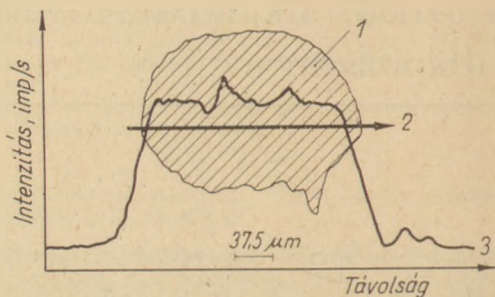
Az üveghibák vizsgálatához elengedhetetlenül szükséges a minta előkészítése. Az előkészítés két munkafázisból áll: a minta megfelelő csiszolásából és a felületnek vákuumgőzöléssel történő vezetővé tételéből.

A minta csiszolását oly módon végezzük el, ahogyan általában mikroszkópiás vizsgálatához készítjük elő a mintát. Először durva, majd egyre finomabb szemcséjű csiszolóanyaggal kezeljük, végül polírozzuk. A megfelelően kialakított felületet vezetővé kell tenni, hogy a felületre juttatott elektronos töltéseket eltávolítsuk, azaz a minta „földelésével” biztosítsuk az elektronok haladásához szükséges áramkört. Üvegipari minták esetében legjobban bevált a felületnek rézzel történő vákuum-gőzölése. A szükséges rétegvastagság 100 Å nagyságrendű.

A vizsgálatot általában két lépésben célszerű végezni. Első fázisban a vizsgálandó üveghibáról teljes minőségi elemzést készítünk, majd tanulmá-



1. ábra. Üveghiba minőségi elemzésének spektruma (Samott-kő)



2. ábra. Üveghiba Al-tartalmának eloszlása. 1. Üveghiba rajza. 2. Az elektronsugár útja. 3. Al eloszlásgörbéje

nyozzuk a hibát alkotó elemek eloszlását az üveghibán belül. A mérést célszerű kiegészíteni az üveget alkotó komponenseknek hibán belüli eloszlásának vizsgálatával.

A minőségi elemzés során a vizsgáló elektronsugár átmérőjét úgy választjuk meg, hogy a hiba felületét teljesen bevilágítsa, de a beágyazó anyagot ne érintse. Ez az elméleti megállapítás a gyakorlatban nem valósítható meg az elektronsugár körszimmetrikus felépítésének következtében (a minta ritkán körszimmetrikus), ezért a gyakorlatban nem a teljes mintát elemezzük, hanem a mintára fektethető legnagyobb körrel befedhető felületet. Az így nyert adatok — tapasztalatunk szerint — jól jellemzik a mintát.

Az elemzést a primer röntgensugárzásnak röntgenspektrográfban történő vizsgálatával végezzük el. Ennek céljából a keletkezett röntgensugárzást a röntgenspektrográf belépő részén keresztül ismert szerkezetű analizátor-kristályra bocsájtjuk, melyen ez a Bragg-egyenletnek megfelelően elhajlik. Az elhajlított sugárzást sugárérzékelővel mérjük. A megfelelően kiválasztott számlálócső helyzetéből következtetünk a sugárzás hullámhosszára, a sugárzás intenzitását a számláló megfelelő szögállásnál méri. A mérés során folyamatosan rajzoltatjuk a spektrográf szögelfordulásának függvényében az intenzitást (1. ábra). A röntgenspektrumot mindazon hullámhossztartományban el kell készíteni, melyben a számításba jöhető elemek sugárzást adhatnak. A gyakorlatban a röntgenspektrográf analizátorkristály és sugárzás-érzékelője igen sokféle lehet. A MAR-1 típusú mikroszkonda kvarckristályal és Geiger—Müller számlálócsővel dolgozik.

Az elemek hibahelyen belüli eloszlásvizsgálata céljából az alábbiak szerint járunk el. A vizsgáló

elektronsugár átmérőjét 2 μm -re szűkítjük le és a minta egyenletes vonalmenti elmozdításával a hely függvényében a mikroszkonda írószerkezete automatikusan felrajzolja a koncentrációra jellemző eloszlásfüggvényt. Ebben az esetben a spektrográf szögét a vizsgálandó elemek megfelelő értékre állítjuk be (2. ábra).

Az üvegek homogenitásvizsgálatát azonos módon végezzük el, mint a hibán belüli elemek eloszlásvizsgálatát, azaz konstans spektrográf-állás mellett egyenletes sebességgel mozgatva a mintát, közvetlenül kapjuk az egyes komponensek koncentrációját a hely függvényében.

A mikroszkondás vizsgálatok segítségével megbízhatóan megállapítható, hogy az üveghiba kád-kóbból (samott, korvisit, cirkosit stb.) származik-e, az feltáratlan nyerskeverék vagy idegen külső szennyezés-e, illetve a huzalosság kémiai inhomogenitás eredménye-e? Konkrét választ ad a mikroszkondás vizsgálat az üvegben található kristályosodás kémiai összetételére vonatkozóan is.

Bár az üveghibák mikroszkondás vizsgálata hazánkban alig egyéves múltra tekint vissza, az eddigi eredmények bizonyítják a módszer célszerűségét és eredményeinek gyakorlati hasznosíthatóságát.

Bernolák Béla—Udvardi Miklós: Mikroszkonda alkalmazása üveghibák elemi összetételének alkalmazására.

Бернолак, Бела: Определение элементарного состава стекольных дефектов методом рентгеновского микроанализа.

Bernolák, Béla: Bestimmung der Elementarzusammensetzung von Glasfehlern mit Elektronenmikrosonde

Bernolák, Béla: The Determination of Elementary Composition of Glass Defects by Electron Microprobe Analysis

A kvarc és alumíniumoxid őrlési finomságának befolyása a műszaki porcelán mechanikai szilárdságára*

LU DÁS MIHÁLY
Pécsi Porcelángyár

Bevezetés

A villamosipar óriási ütemű fejlődése a villamosenergia-ellátás és főleg annak szállítása az elektroporcelán mechanikai szilárdságának javítását, növelését az érdeklődés középpontjába helyezte. A követelmények állandó növekedése folytán ma már ott tartunk, hogy igen sok esetben a hagyományos összetétel és a megszokott gyártástechnológia mellett az igényeket kielégíteni nem tudjuk.

A porcelán mechanikai szilárdságának növelésére a szakirodalom alapján véve kétféle járható utat javasol:

1. Az egyik módszer szerint a porcelán kvarctartalmának és szemcseméretének változtatásával lehet eredményt elérni.

2. A másik módszer pedig a porcelán szabad kvarctartalmát Al_2O_3 -al helyettesítve kíván szilárdságnövekedést kapni.

Ismereteseek a szilárdság növelésének egvél módjai is, melyek közül elsősorban említem a különféle adalékanyagok bevitelét a porcelánmasszába.

Érdekes megfigyelni, hogy a porcelán szilárdságának növelésével kapcsolatos szakirodalomban milyen sok, látszólagos ellentmondó eredmény és megállapítás található.

Mindez azt bizonyítja, hogy egy igen bonyolult, összetett problémával állunk szemben. A végső soron kialakuló szilárdságnak számos összetevője van.

A porcelán mechanikai szilárdságának kedvező befolyásolása céljából tulajdonképpen az optimális körülmények megkeresése és biztosítása a feladat. Optimális körülményen értem azt az esetet, amikor a legtöbb szilárdságot befolyásoló tényező a legnagyobb mértékben pozitív irányban hat.

A gyakorlatban sajnos a ható komponensek együttes vizsgálata ma még igen bonyolult, sőt, minden egyes befolyásoló tényező még nem is ismeretes előttünk teljességgel.

Jelen előadás keretében csupán egyetlen szilárdságra ható tényező változásának hatását szeretném — tapasztalataink alapján — kissé részletesebben ismertetni: az őrlésfinomság, a szemcseméret változásának szerepéről kívánok szólni.

A szemszerkezet hatásának vizsgálata a kérdés már említett bonyolultsága miatt nem egyszerű feladat, és nem is teljesen egyértelmű. Igen nehéz ugyanis az egyéb komponenseket úgy biztosítani, hogy azok szigorúan változatlanok maradjanak. Azt jelenti ez, hogy például a kísérleteink során megadott optimális kvarcsemmefrakció csupán

az általunk megadott összetételű, azonos őrlési és égetési technológiával készült porcelánra igaz.

Lényeges a falvastagság szerepe is: ettől is függ ugyanis a kvarc optimális szemcsemérete, illetve őrlésfinomsága. (Ilyen szempontból gyárunkban sajnos mód nyílik bőven a tapasztalat szerzésére, mivel a legvékonyabb falú háztartási edény és díszmű porcelán kényszerű együtt égetését végezzük 100—120 kV-os, sőt újabban ennél is nagyobb szigetelőkkkel.)

Az égetés szerepét szinte nem is szükséges hangsúlyoznom a jelenlevő elméleti és gyakorlati szakemberek előtt. Még jelenleg is a legrégebbi múltra visszatekintő klasszikus fa-, illetve széntüzelésű kerek kemencéktől kezdve a szén-, illetve gáztüzelésű szakaszos kemencéken keresztül a folyamatos üzemű gáz-, illetve elektromos fűtésű kemencékben állít elő műszaki porcelánt a kerámiaipar.

Az eddig elmondottak a kialakuló szilárdságot befolyásoló tényezők egy részének példaként történő kiemelése volt csupán annak érzékeltetésére, hogy kísérleteink alapján tapasztalt őrlési optimumok csak a kísérletekkel azonos, vagy legalábbis közel azonos körülmények között érvényesek. A gyártás körülményeinek megváltoztatásával ezen optimumok bármely irányban eltolódhatnak, illetve eltolódnak.

Kísérleti rész

A témával kapcsolatosan elvégzett kísérleteink kiterjednek általában a kész porcelán massa, valamint a kvarc szemcseméretének szerepére, de vizsgáltuk az Al_2O_3 őrlésfinomságának hatását is a mechanikai szilárdságra. Igyekeztünk minden körülményt az üzemünkben fennálló viszonyokhoz alkalmazni.

Talán első pillanatra logikátlannak tűnik, hogy kísérleteink során más-más paramétereket adunk meg, és más jellemzők függvényében nézzük és ábrázoljuk a szilárdsági értékek változását.

Mégis úgy látszott célszerűnek, hogy:

1. A kvarc esetében frakciókat választottunk szét, mivel ez a legjellemzőbb, és arra itt lehetőség van.

2. A kész porcelánmasszában frakciók szétválasztása összetétel-változással járna. Itt ezért az egyébként is alkalmazott szitamaradékot vettük jellemzőül. (Maradék 60 μ -es szitán.)

3. Az Al_2O_3 őrlemény — mivel viszonylag finom frakcióból tudunk kiindulni az anyag természeténél fogva — úgy kívánta, hogy jellemzőül az őrlési időt vegyük alapul. Ezt egyébként indokolta az Al_2O_3 őrlemény erős agglomerálódó képessége, mely szemcseméret-meghatározásoknál sokszor hamis eredményhez vezet.

Annak ellenére, hogy a gyakorlatban a legtöbb porcelán — szigetelő elsősorban húzó-, vagy nyo-

* A IX. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

mószilárdsági terhelésnek van kitéve, kísérleteink során — figyelembe véve előző tapasztalatainkat is — mégis a hajlítószilárdságot mértük. Azért választottuk a szilárdságmérésnek ezt a formáját, mert — egyszerűségén túlmenően — a hajlítószilárdság méréséhez szükséges próbatestek készíthetők el körülményeink között a legegyszerűbb módon. Párhuzamosan mértük ugyan a húzószilárdság változását is. Ez azonban sokkal több — nem az anyagra jellemző — szórási hibát eredményezett. (Például szerkezeti hibás próbatest, korongolás folytán fellépő hibák, szakítófejbe történő helytelen befogás stb.)

A fenti okokból, valamint arra való tekintettel, hogy a szilárdsági értékek — húzó-, nyomó-, illetve hajlítószilárdság — nagyjából párhuzamos görbe mentén változnak, a legpontosabban mérhető hajlítószilárdsági értékeket tekintettük mértekadónak.

A hajlítószilárdsági próbatesteket kisméretű vákuumgépen, megfelelő méretű csőszájon történő szálhúzással készítettük.

A hajlítószilárdsági vizsgálatokat egyébként minden esetben a VDE 0335 7,56 9. §-a szerint végeztük (próbatest méretei: $\varnothing$ 10 mm, 1100 mm).

Kísérletek a 36/a jelű masszával

Elsőként vizsgáltuk meg kísérleteink folyamán a gyárunkban üzemszerűen alkalmazott 36/a jelű szigetelő porcelán húzószilárdságának változását az őrlési idő, illetve az őrlésfinomság változtatásának függvényében. (Őrlésfinomságon az őrlési maradékot értjük 60 μ -es szitán, százalékban.)

Kísérleteinknél felhasznált massa összetétele:

Sárisápi kaolin	15 %
Pomeisli kaolin	22,6%
Sárisápi kvarchomok	13,4%
Aplit (székesfehérvári)	34 %
Hollóházi illit	15 %
Összesen	100 %

Lényeges megemlíteni, hogy a fenti összetétel-nél a kvarchomokon kívül az aplit, sőt az illit is komoly előőrlést igényel, viszonylag magas és durva formában megjelenő szabad kvartartalma miatt. Így a szaggatott vonal alatti anyagokat együtt adagoltuk golyós dobmalomba, és csupán a

kaolinok kerültek utólagosan az oldó-keverőbe, ahol az őrléménnyel homogenizáltuk.

Az így előkészített és szűrőprésszel víztelenített próbamasszából szabványos nyomószilárdságú próbatesteket készítettünk és azokat az előzőekben hivatkozott szabványnak megfelelően törtük.

Az 1. táblázatban feltüntetett hajlítószilárdsági értékek minimum 10 törőérték átlagából adódtak.

Megállapíthatjuk, hogy a szilárdság maximuma méréseink alapján a 2,5%-os szitamaradék esetén jelentkezik.

Megmértük a 2,5%-os szitamaradékkal jellemezhető masszánál a szemcseméret-eloszlást. Azt tapasztaltuk, hogy a szemcsék zömének mérete a 25—35 μ közé esik.

A kvarc szemcse nagyságának hatása

A következőkben vizsgáltuk a különböző kvarc frakciók szilárdságot befolyásoló hatását. Kísérleteink során kénytelenek voltunk az előzőtől eltérő massa-összetételt választani. Szükségessé vált ez a kvarc mellett levő őrlendő nyersanyagok ki-küszöbölése céljától (aplit, illit).

A próbamassa összetétele:

Sárisápi kvarchomok	19,5%
Norvég földpát	34,5%
Zettiltzi kaolin	46 %

A próbamasszákat oldókeverőben 4 órás intenzív keveréssel készítettük úgy, hogy a kvarc megfelelő szemcseméretű frakcióját együtt adagoltuk a többi nyersanyaggal. A táblázatban feltüntetett frakciók az egymást követő méretnagyságok közötti részt tartalmazzák. Például a 15 μ -es jelölés a 15—25 μ közötti részt foglalja magában.

Az előzőkhöz hasonló módon elkészített húzószilárdságú próbatestek törőértékeinek átlagait ugyancsak minimum 10 érvényes törőérték átlagából nyertük.

A mérési eredményekből leolvasható, hogy a hajlítószilárdság értékei maximumot mutatnak, a 30 μ -os kvarc szemcseméret esetében. Ez a maximum-csúcs eléggé élesnek mondható.

Az Al_2O_3 szemcse nagyságának hatása.

Végül kísérleteket folytattunk az Al_2O_3 őrlésének változtatásával. Kísérleteinkhez természetesen újabb massa-összetételt kellett választani.

Kísérletek a 36/a masszával

Megnevezés	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Szitamaradék %, 60 n-es szita	83	70	53	31	10	2,5	0,27	0,08	0,05
Őrlési idő, óra	6	10	14	17	20	23	26	29	32
Hajlítószilárdság, kp/cm ²	420	490	570	670	800	860	620	570	690

A kvarc szemcse méretének hatása kemény porcelán hajlítószilárdságára

Megnevezés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kvarc szemcse méret, n	2,5	15	25	40	45	55	80	110	160	260
Hajlítószilárdság, kp/cm ²	710	850	930	890	820	750	600	530	460	440

3. táblázat

Megnevezés	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Örlési idő, óra	5	10	15	20	25	30	40	50	60
Hajlítószilárdság, kp/cm ²	900	970	1020	1050	1080	1130	1090	1090	1080

nunk. Próbamasszáinkat úgy állítottuk össze, hogy az Al_2O_3 -n kívül külön őrlést igénylő nyersanyag ne szerepeljen. A massa összetétele:

Égetett timföld	22%
Svéd földpát	34%
Agyag + kaolin	44%
Összesen	100%

A massa készítésénél úgy jártunk el, hogy az előre elkészített, nedves úton különböző ideig őrlött Al_2O_3 -t kiszáritottuk, majd oldókeverőben mértük össze a többi szükséges anyaggal, a receptúrának megfelelően. Az összemért anyagot négy órán keresztül intenzív keverésnek vetettük alá.

A próbamassa víztelenítése és a próbatestek elkészítésének módja teljes egészében megegyezik azzal, ahogyan azt az első két kísérletnél megírtuk.

A törőszilárdsági értékeket ugyancsak az előzőekhez hasonlóan átlagosítottuk és a 3. táblázatban foglaltuk össze.

A mérési eredményekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy kísérleti körülményeink között a 30 órás őrlési idő indokolt. Addig ugyanis a porcelán húzószilárdság-értéke jelentős mértékű növekedést mutat. A 30 órás őrlés után a hatás egész gyengén, de mégis negatív irányba fordul, és nemcsak hogy nem használ, hanem ront is a további őrlés fokozása.

Ludas Mihály: A kvarc és alumínium-oxid őrlési finomságának befolyása a műszaki porcelán mechanikai szilárdságára.

Ipari finomkerámiai masszát és mesterséges kvarcos, illetve timföldes porcelánmasszát különböző ideig őrltek, majd a szokásos formázás és égetés után meghatározták a hajlítószilárdságot. Megállapították, hogy kvarctartalmú masszák esetében az őrléssel vagy frakcióval bevitt szemcseméret optimális mechanikai szilárdságot biztosít, ha a szemcseméret 20–40 mm közé esik. Az Al_2O_3 őrlését egy bizonyos határon túl fokozni eredménytelen, sőt káros. Ez a határ kísérleti körülményeink között a 30 órás nedves őrlés. Nem csökken a szilárdság értéke olyan mértékben az Al_2O_3 őrlésfinomságának növelésével, mint amennyire meredek görbe szerint esik az a kvarc szemcseméret csökkenésével.

М. Людаш: Влияние тонкости помола кварца и окиси алюминия на механическую прочность технического фарфора.

Из промышленной тонкокерамической массы и искусственно приготовленной кварцевой, а также глиноземистой фарфоровых масс, размолотых в течение различного времени, формовались образцы и после обжига определялась прочность при изгибе. Было установлено, что в случае масс, содержащих кварц, оптимальная механическая прочность, достигается в том случае, если размер зерна, достигаемый помолотом или же введением определенных фракций составляет 20–40 микронов. Повышение тонкости помола Al_2O_3 выше определенной границы не приводит к положительным результатам, более того, является вредным. Этот зерновой состав достигался в условиях эксперимента в течение 30 часов мокрым помолотом. Однако оснижение прочности, вызываемое повышением тонкости помола Al_2O_3 , не превышает размеров увеличения прочности, достигаемых за счет снижения размеров кварцевых зерен.

Ludas, Mihály: Einwirkung des Quarzes und des Aluminiumoxyds auf die mechanische Festigkeit vom technischen Porzellan

Feinkeramische Industriemasse und künstlich hergestellte Quarz, bez. Tonerde enthaltende Porzellanmasse wurden verschieden langen vermahlen, und, nach erfolgten Formen und Ausbrennen in der üblichen Weise, wurde die Biegefestigkeit bestimmt. Es konnte festgestellt werden, daß im Falle quarzhaltiger Massen eine Korngröße zwischen den Grenzwerten 20–40 μm die optimale mechanische Festigkeit zu sichern vermag. Das Steigern des Vermahlens vom Al_2O_3 führt nach Überschreiten eines bestimmten Wertes zu keinem Erfolg, es kann sogar schädliche Wirkung haben. Grenzwert: 30 Std. Naßvermahlen. Beim Steigern der Mahlfeinheit des Aluminiumoxyds nimmt die Festigkeit ab, doch ist der Verlauf der Kurve weniger steil als beim Abnehmen der Mahlfeinheit von Quarzkörnern. (S. G.)

Ludas, Mihály: Effect of grinding fineness of Quartz and Alumina on the Strength of Technical Porcelain

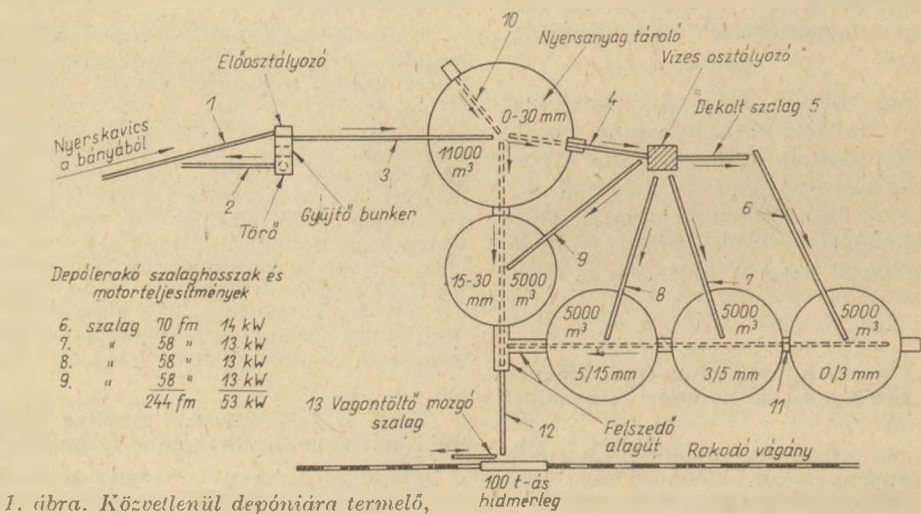
Industrial fine ceramic batches as well as laboratory-made high-quartz and high-alumina batches were ground for various times and their flexural strength determined after the usual shaping and firing process. Highest mechanical strength of high-quartz bodies can be obtained if the particle size of quartz is between 20–40 m. A still finer particle size of quartz is ineffective, and finally decidedly adverse from the point of mechanical strength. In case of high-alumina bodies a maximum strength can be attained, among our experimental circumstances by 30 hours of wet grinding. A longer grinding will reduce strength in this case too, but less decidedly.

1. Osztályozott kavicsot termelő első üzeink tanulságai

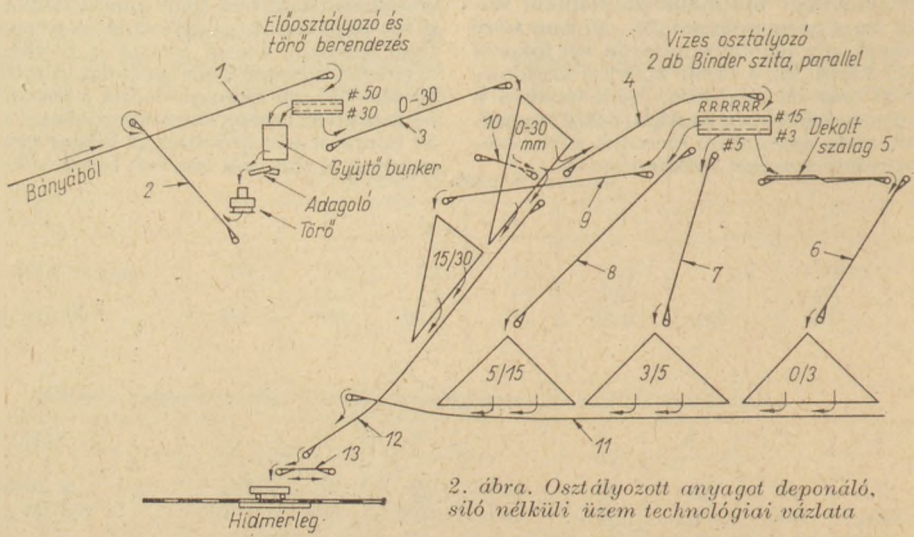
A betontechnológia fejlődésével — főleg az előregyártott betontermékek volumenének növekedése következtében — az adalékanyagra vonatkozó igények megváltoztak. A minőségi beton előállítása, valamint a cement felhasználás csökkentése érdekében szükségessé vált az adalékanyag szemszerkezetének a feldolgozási kívánalmaknak megfelelő receptúra szerinti „összeállítása”. Az előírt szemszerkezetű anyag előállításához, kivételes esetektől eltekintve, a nyers homokos kavicsot osztályozni kell, hogy az így kapott frakciókból az igényelt szemszerkezetű adalékot össze lehessen állítani. Ennek kielégítésére a kavicsbányákban osztályozó berendezések felszerelése, és ezzel együtt, az igényelt maximális szemcseknél nagyobb méretű kavics aprítására, törőgépek beépítése szükséges.

Az első kísérleti jellegű kavicsosztályozó 1961-ben a csepeli kavicsbányában épült. A berendezést mintegy 30—40 m³/ó osztályozott kavics előállítására tervezték. Itt került beépítésre első ízben az azóta elterjedt és jól bevált „Dekolt” típusú víztelenítő szalag [1] a zagyvíz és a homok szétválasztására. A „Dekolt” szalaggal a víztelenítés egyszerűbb, mint a külföldön alkalmazott csigákkal vagy kaparószalagokkal. A kísérleti üzem silók nélkül, közvetlenül depóniára termelő megoldással épült. Az osztályozó vibrátorokat alacsony elrendezéssel, közvetlenül a terep felett helyezték el, és az osztályozott anyagot a terep fölött átlag egy méter magasságból induló, 25 m hosszú, mobil szalagok szállították a 6—7 m magas depóniákra.

A csepeli berendezéssel szerzett kedvező üzemi tapasztalatok után létesültek 1963-ban a nyékládházi, majd azt követően a délegyházi és hegyes-



1. ábra. Közvetlenül depóniára termelő, siló nélküli üzem



2. ábra. Osztályozott anyagot deponáló, siló nélküli üzem technológiai vázlata

halmi kavicsosztályozók. A mintegy 65 m³/ó teljesítményű üzemek közel azonos elrendezéssel épültek.

Az 1. ábrán ezekkel az üzemekkel azonos típusú alaprajzi elrendezést, a 2. ábrán a megfelelő technológiai vázlatot mutatjuk be.

Ezeknek az üzemeknek jellemzője, hogy — a kísérleti üzemmel azonos módon — ún. szabad tárolós rendszerűek [2], tehát siló nélkül, közvetlenül depóniára termelnek. A siló elhagyása főleg az előző évek kedvezőtlen vasúti szállítási viszonyainak következménye. Az évente átlag tíz hónapos üzemeltetés mellett kereken 250 000 m³ kavicsot termelő üzemeknél előnyösnek mutatkozott a nagy befogadó képességű, egyenként 5—10 000 m³-es 15—20 m magas depóniákra való közvetlen termelés, mert ezzel az elszállítási akadály esetén jelentkező depónálási problémák csökkentek. Ezek a problémák azonban nem oldódtak meg teljesen, mert jelenleg az a helyzet, hogy a mintegy 30 000 m³ tároló képességű üzemtelepnél, főleg az őszi időszakban jelentkező diszpozíciós problémák és vagon hiány esetén, az egyes depóniák megtelnek, ami az üzemmenetben éppen olyan fennakadást okoz, mintha csak kis befogadó képességű siló épült volna.

Rendszeresen elszállított kurrens frakciók esetében a siló, amelyen keresztül a legrövidebb úton juttatható a termék az elszállító járníbe, gazdaságosabb, mint a szabadtéri tárolók, amelyeknél a szokásos 15 m depóniamagasság eléréséhez átlag 60 m hosszú szalagok szükségesek. Az iparvágány mellé telepített silóból a vagonbatöltés is jóval rövidebb szalaggal oldható meg, mint a példaképpen bemutatott osztályozóknál, ahol a vasúti kocsik rakodásához átlag 120—200 m depóalagútra és felszedőszalagra van szükség. Ezeknek a hosszú szállítási utaknak alapvető oka, hogy eddig épült üzemekben az osztályozó vibrátorokat a térszinthez közel helyezték el, és hogy a Dekolt-szalagot, a hozzátartozó vízelvezető árkokkal a terepen igyekeztünk elhelyezni.

Az évente csak egy-két hónapra terjedő vasúti szállítási nehézségekre, illetve néhány napos szakaszos inkurrenciára való tervezés — azaz a siló nélküli szabad tárolós rendszer — nem előnyös, mert ehhez nagy össz-hosszúságú deponáló szalagrendszerre van szükség, amelyet az osztályozás ideje alatt állandóan üzemeltetni kell. Az állandó üzemeltetés természetesen az önköltség nagymértékű növekedését okozza. A szalagok össz-hosszát ezeknél a rendszereknél nem lehet jelentősen csökkenteni [2]. Az eddigiek során megépült kavicsosztályozóinknál — a víztelenítő és a nyersanyag tároló feltöltőszalagot nem számítva — általában 240—250 m deponáló szalagra van szükség.

A szabadtéri készáru tárolókat feltöltő szalagok pufferképzési mutatója [3] — mivel a tárolás kúpedóniákkal történik — ezért igen kedvezőtlen és a szalag 1 fm-re eső tárolható anyagmennyisége csak:

$$p = \frac{20\,000}{245} = 82 \text{ m}^3/\text{fm}.$$

2. Az osztályozás és mosás magasra helyezésének előnyei

Ma már látjuk — az eddigi tapasztalatok alapján —, hogy az osztályozó vibrátorok, valamint a „Dekolt” szalag magas elhelyezése nem jelent különösebb nehézséget. A víztelenítő szalag magas vezetésénél vas, vagy vasbeton szerkezetre erősített csatornákból a zagyvíz csövön a térszintre vezethető.

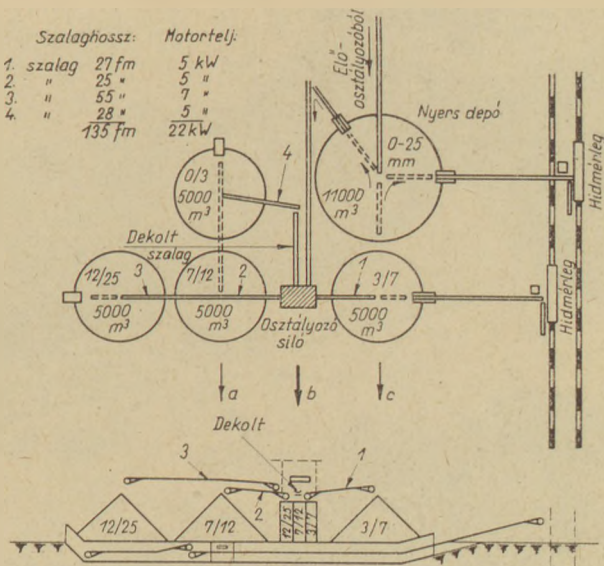
A magas elhelyezésű „Dekolt” szalag, valamint osztályozó vibrátorok lehetővé teszik, hogy a deponáló szalagokat — vesztett magasság nélkül — közvetlenül a vibrátoroktól indítsuk, ezáltal a deponáló szalagrendszer hossza lényegesen csökkenthető. Ilyen elrendezést látunk a 3. ábrán, amely azonos a [2] tanulmányban bemutatott szabad tárolós osztályozók egyikével. Ezzel az elrendezéssel a készterméket lerakó szalagok hossza 135 fm-re csökkenthető, és így a pufferképzési mutató:

$$p = \frac{20\,000}{135} = 148 \text{ m}^3/\text{fm},$$

tehát az előző elrendezéssel szemben, a rövidebb szalagok és kisebb motorteljesítmények folytán kisebb önköltség mellett fajlagosan 81%-kal nagyobb mennyiséget tudunk tárolni.

A magasan elhelyezett „Dekolt” szalag létesítése költségtöbbletet jelent ugyan, de ez csak egyszeri beruházási költség, ami az elmaradó mintegy 109 fm szalaghossz kb. 1,3 millió Ft építési költségéből bőségesen fedezhető.

A depófelszedő szalagok hossza az előző példával bemutatottal közel azonos. Mindkét ismertetett megoldásnál a túlfolyó kavicsot tovább aprító törőgép előtt külön gyűjtő bunker van beépítve, amely biztosítja a törőgép gazdaságos kihasználását. Annak üzemeltetése ugyanis szakaszos lehet, és a bunkerban összegyűlt anyag rövid idő alatt feldolgozható.



3. ábra. Kavicsüzem magasra emelt vibrátorokkal, kúpedóniákkal

A vasúti kocsik töltése a vágánnyal párhuzamosan elhelyezett revertáló, és a vágány tengelyével paralel mozgatható szalaggal történik. E vagon-töltő szalaggal a hídmérlegre állított vagon mozgatas nélkül rövid idő alatt teljes hosszában egyenletesen megtölthető.

Az osztályozott kavicsot előállító üzemeknél, az aránylag kis frakciós szám következtében, egyidejűleg csak 1—2 frakció lehet inkurrens. A kurrens frakciókat — mint említettük — célszerűbb silón keresztül az elszállító járműbe rakni, mert ezzel a feltöltő-felszedő szalagok üzemideje lényegesen redukálódik. A magas elhelyezésű osztályozóberendezés — mint a 3. ábrán láthatjuk — természetes lehetőséget nyújt a siló megépítésére. A silónál a nagy befogadóképesség az előnyös, mert annak növekedésével arányosan csökken a szabadtéri tárolás kényszere. Már néhány vagon befogadóképességű siló is elegendő ahhoz, hogy a folyamatosan szállított frakciók állandó rakodási feltételeit biztosítsa. A siló előnyeinek érzékeltetésére a depónáló szalagok névleges motorteljesítményének és a tárolóteren tárolható teljes anyagmennyiség hányadosaként kapott mutatót használhatjuk fel. A feltöltőszalagok közül csak a szükségszerűen, illetve a feltételezhetően állandó üzemeltetést igénylő szalagok motorteljesítményeit számítjuk be, tehát a mutató kifejezi a feltöltőrendszer kihasználásának gazdaságosságát is:

$$E = \frac{\text{feltöltőszalagok motorteljesítménye [kW]}}{\text{teljes tárolható készáru [m}^3\text{]}} \quad \text{kW/m}^3$$

A mutató egyben utal az önköltségi tényező alakulására is, mert az önköltség az energiafogyasztással arányos, és ezen túlmenően csökken a feltöltő berendezés beruházási költsége is. Az 1. ábra szerinti telepítésnél 20 000 m³ osztályozott késztermékkel számolva, és az állandó üzemeltetést

igénylő teljes feltöltő szalagrendszer motorteljesítményét alapul véve, a mutató:

$$E = \frac{53}{20\,000} = 0,00265 \text{ kW/m}^3.$$

A „Dekolt” szalagot nem vesszük figyelembe, mert az minden telepítési elrendezésnél szerepel. A 3. ábra szerinti megoldásnál azonos tárolási kapacitásnál az 1—4 sz. szalagok állandó üzemeltetése mellett:

$$E = \frac{22}{20\,000} = 0,0011 \text{ kW/m}^3.$$

Ha silót építünk, akkor maximum két frakciót feltöltő (0/3 és 12/25) 83 fm összhosszúságú 3. és 4. sz. szalagok motorjainak névleges teljesítményét alapul véve:

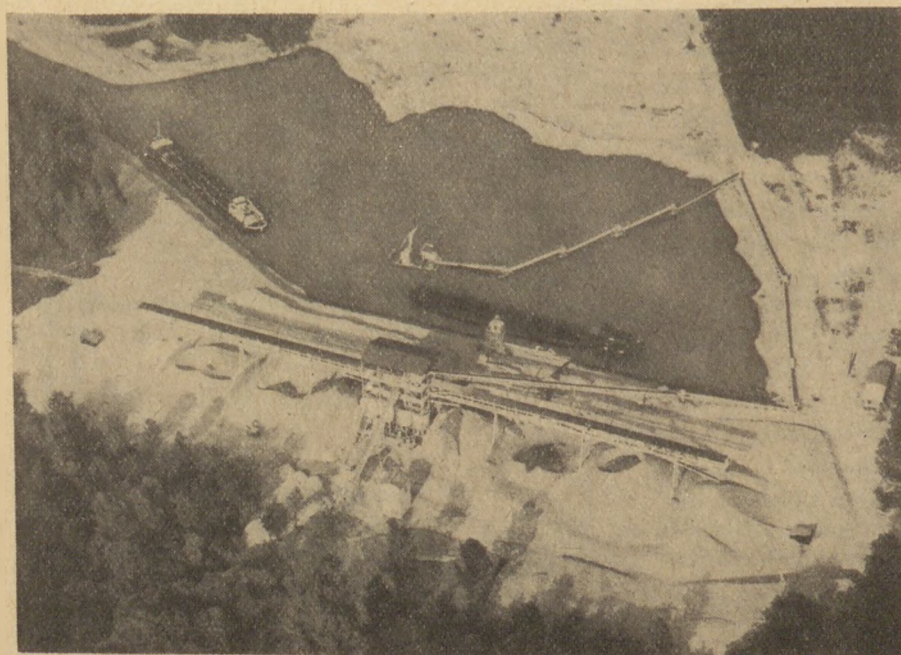
$$E = \frac{12}{20\,000} = 0,0006 \text{ kW/m}^3,$$

tehát az energia felhasználási mutató rohamosan csökken.

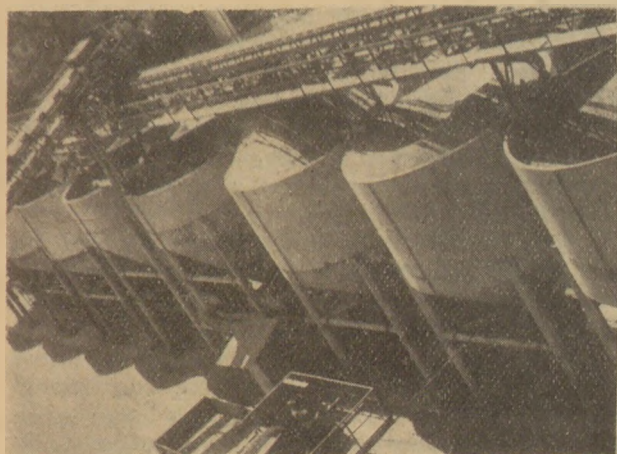
A siló leürítése — mosott kavics alapanyagot tekintve — lényegesen kedvezőbb a mosott zúzott kővel szemben. A mosott kavics 3 mm feletti frakciói iszapot, tehát cementáló anyagot egyáltalán nem tartalmaznak, és a gördülékeny, gömbölyű szemcsék a leürítő nyíláson át könnyen kifolynak. A mosott zúzott kőnél még a leggondosabb mosás mellett is van a siló aljában az idők folyamán összegyűlő iszap, amely nagyobb mennyiségben a leürítést akadályozhatja. A 0—3 mm-es kavicsfrakció silójának és depóniájának leürítésénél azonos nehézségekkel kell számolnunk.

3. A silók szerepe

A siló nélküli üzemmegoldás túlhaladottságát igazolják a külföldi — főleg nyugatnémet szakirodalomban ismertetett — újabb, nagyrészt silóra termelő berendezések. A silós megoldás egy további



4. ábra. Nyugatnémet kavicsüzem távlati képe



5. ábra. Vasszerkezetű, szétszedhető bunkeregységekből álló siló

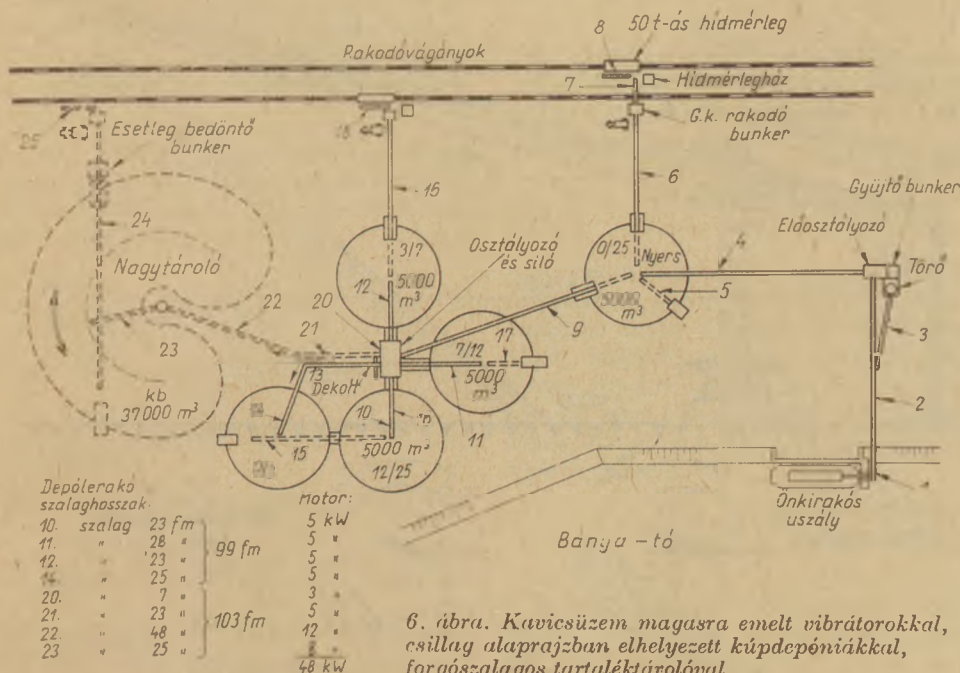
előnye, hogy feleslegessé teszi a beruházás kezdetekor a teljes depótér megépítését; ez, szükség esetén, a silóra dolgozó, tehát már hasznát hozó üzem beviteléből utólag is megépíthető. Természetesen, ezt az utólagos fejlesztési lehetőséget már a siló tervezésekor, valamint a telep elhelyezésekor — az elegendő helyszükséglet biztosítása érdekében — figyelembe kell venni. A 4. ábrán egy nyugatnémet kavicsüzemet látunk, amelynek osztályozója silóra dolgozik, és az osztályozóból közvetlenül ledobókocsis szállítószalag szállítja ki az inkurrens anyagot a felszedőalagutás depótérre. Az 5. ábra az előzővel azonos jellegű silót, illetve bunkersort mutat be. A silók általában vas-szerkezetűek, egymásmellette építhetők és szétszerelhetők; ennek következtében az üzem félmobil jellegű, és a vasszerkezetű szalaghidakkal együtt bármikor áttelephető. A vas-silókat hazai körülmények között többnyire azért mellőzik, mert előállítási költségük magas. Az áttelephetőség figyelembevételével azonban még így is előnyöseké válhatnak. A vas-siló he-

lyett előnyös lehet a kőbányaiparban már bevált fa oldalburkolattal kombinált vasszerkezetű megoldás. Az alsó tölcserész — a vízelvezetés lehetővé tételére — vaslemezről készíthető, míg a föllette levő oldalfalak acélszerkezetű keretre erősített karbolineumozott tölgyfa pallókkal vannak borítva. Az ilyen megoldású siló is készülhet szétszerelhetően, tehát félmobil jelleggel.

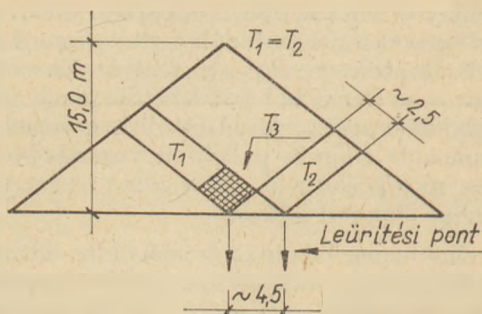
A 4. fényképen bemutatott megoldás hátránya, hogy a depótér kúpsorának kiszolgálása hosszú szalagrendszert igényel. A depótér lényegesen gazdaságosabb lesz forgószalagos köríves depóniát lerakó berendezéssel, amely átlag 50%-kal rövidebb feltöltőszalag hosszát igényel [3]. A 4. ábrán bemutatott példánál a nyolc depónia kiszolgálását két szállítószalag végzi. Az egyoldalon lerakható négy frakció egyidejű deponálási kényyszerét a siló oldja fel, mert a bunkerek megfelelő ürítési sorrendjével a deponálás üzemzavar nélkül elvégezhető. Ennél a megoldásnál a depólerakás nem gazdaságos, mert a gazdaságosság rövid szalagokból álló „tagolt” feltöltőrendszert kíván, amely mellett a kurrens frakciók feltöltő szalagjai nem üzemelnek, és így a pillanatnyi szállításnak megfelelő minimumra csökkenthető az üzemelő szalagoknak összhossza.

4. Csillag alaprajzú depónia elrendezés

A tagolt feltöltő szalagrendszer a szabadtárolók csillgalaprajzú elrendezésével valósítható meg. Ilyen, de a készáru depóniákon kívül silót is tartalmazó megoldást a 6. ábrán mutatunk be. A depóniátér, a nagyarányú inkurrencia kiküszöbölésére, még külön forgószalagos nagy tárolóval van kiegészítve, ahol a forgószalag 25 m hosszú, 15 m magas íves depónia feltöltését végzi. Az osztályozó a silócellák fölött magasra emelt elhelyezésű. Ezért a mellette elhelyezett kúpdepóniák igen rövid egyenként 23—28 fm, összeségükben kb. 99 fm hosszú szalagokkal tölthetők fel. A négy egyenként 15 m



6. ábra. Kavicsüzem magasra emelt vibrátorokkal, csillag alaprajzban elhelyezett kúpdepóniákkal, forgószalagos tartaléktárolóval



7. ábra. Köríves prizmadepónia leürítése középvonalon kívül ethelyezett alagutas felszedőrendszerrel

magas és 5000 m³ befogadóképességű kúpokból álló tárolórendszer pufferképzési mutatója:

$$p = \frac{20\,000}{99} = 202 \text{ m}^3/\text{fm.}$$

A forgószalagos depótér kiszolgálására szükséges szalagok figyelembevételével csak a nagy tároló pufferképzési mutatója:

$$p = \frac{37\,000}{103} = 360 \text{ m}^3/\text{fm.}$$

A teljes rendszer pufferképzési mutatója:

$$p = \frac{57\,000}{202} = 282 \text{ m}^3/\text{fm.}$$

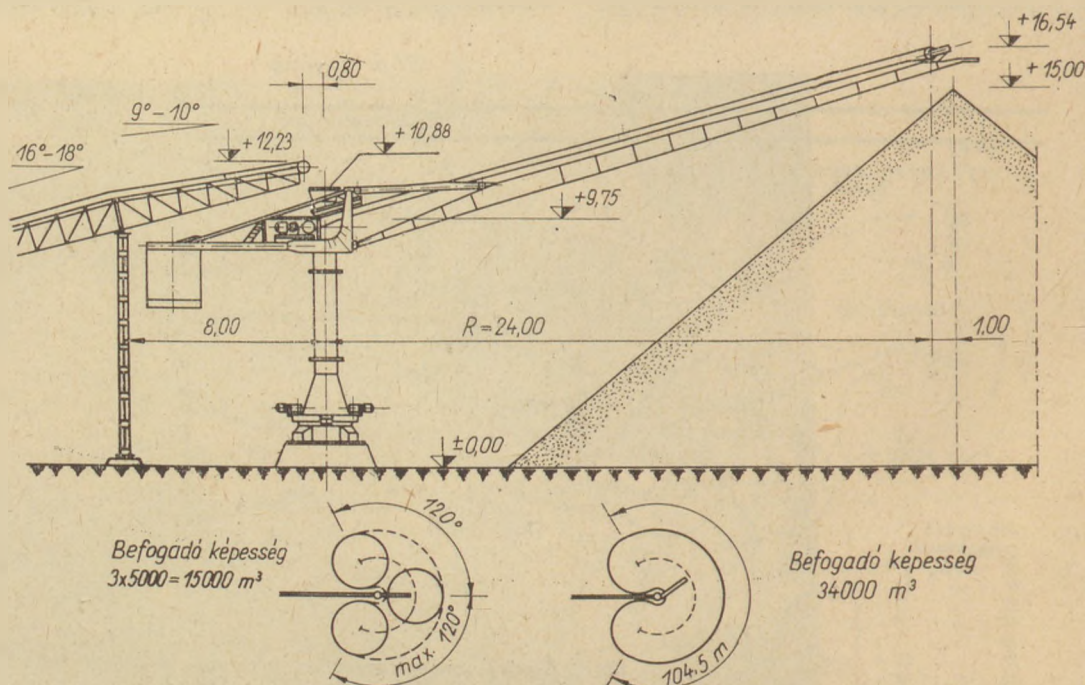
Tehát kb. 42 fm-rel rövidebb szalagrendszerrel közel négyszeres anyagmennyiséget tudunk tárolni, mint az 1. ábra szerinti „hagyományosnak” mondható megoldásnál. A kihasználatlan nagy tároló — főként a felszedő rendszer nélkül épült — nem terheli túlzottan az üzemet. Ha tárolásra szükség nincs, a legnagyobb költségtényező, az állandóan és évenként ismétlődő üzemeltetési és fenntartási

költség elmarad. Ilyen depóniatelep önköltsége még a nagy tárolót beszámítva is feltétlenül alatta marad az 1. ábra szerintinek, mivel annak közel 244 fm feltöltő szalagrendszerét szünet nélkül járatni kell. Az ezzel kapcsolatos igen jelentős fenntartási és üzemeltetési költséggel szemben az esetleg kissé magasabb beruházási költség az említett megtakarítással rövidesen megtérül.

A kezdeti beruházás csökkentése érdekében a nagy tároló utólagosan is megépíthető, amennyiben a tervezéskor a szükséges helyet előre biztosítottuk. Az új gazdasági mechanizmus keretében — főként saját erőből beruházó vállalatok részére — feltétlenül kedvezőbbek a kisebb kezdeti „maggal” induló, és a későbbi fogyasztási igényeknek megfelelően, utólagosan fejleszthető megoldások. Ez a követelmény bizonyos fokú előrelátást igényel, ami azonban abban az esetben, ha a gyártott termékfajta alaptípusa nem változik, különösebb tervezési feladatot nem jelent.

Bizonyos mértékig kifogásolható, hogy az íves prizmadepónia felszedés szempontjából hátrányosabb, mint az egyenes tengelyű prizmadepónia, mert a felszedő alagút nem vezethető a depónia gerincevonalá alatt. Megfelelő vonalzású tört alapvonalú alagutak esetén a leürítési pontok középvonaltól való eltávolodása csak kismértékű. A 7. ábrán bemutatott kb. 4,5 m-es külpontosság mellett az automatikusan le nem üríthető anyag mintegy 6,3 m³/m, ami a kb. 131 m³/m közvetlenül leüríthető anyagmennyiséghez viszonyítva nem számottevő.

A felszedő alagút, a 6. ábra megoldásánál, a nagy tároló alatt csak részben épül meg. A tárolás kezdete az alagutas szakaszon történik. Az alagút nélküli részen tárolt anyagot dozerekkel lehet a leürítő nyílásokba juttatni. A dozeres leürítés nem jelent hátrányt, mert a nagy tárolón tárolt anyag elszállítása a kereslet függvényeként már hosszabb idő



8. ábra. Csehszlovák gyártmányú depólerakó forgószalag

alatt történik. A tárolt anyag vagonbarakáása, a felszedő alagút elhagyásával, a vasúti rakodás mellett telepített bedöntőbunkerkes vagontöltő szalaggal is megoldható. A tárolt anyag felszedése felszedő gépekkel, bedöntő bunkerba szállítása kihasználatlan üzemi, vagy bérelt tehergépkocsival, illetve dömperekkel történhet. Mint későbbi példákban látjuk, íves prizmadepónia alatt a felszedő rendszer igen változatosan készülhet, sőt tagolttá is válik, ami gazdaságosabb üzemeltetésre ad lehetőséget, tekintve, hogy rakodáskor, a pillanatnyi helyzetnek megfelelően, rövidebb felszedő szalagot is lehet üzemeltetni.

Példaképpen a csehszlovák ipar által gyártott, 15 m magas depónia feltöltésére alkalmas felszedő szalagot a 8. ábrán mutatjuk be. A szalag beszerzési költsége magas, mintegy 1,5 millió Ft. Hasonló vagy ettől eltérő rendszer hazai tervezése műszaki nehézséget nem jelent, és realisabb belföldi előállítási árral lehet számolni. Megemlítjük, hogy forgószalagos depolerakó berendezés került beépítésre az IPARTERV által tervezett felsőszolcai Beton-
elemgyárban, ahol az igen egyszerű szerkezeti és gépészeti kialakítású, és ugyancsak 15 m magas depóterakó alkalmas forgószalag beruházási költsége lényegesen alacsonyabb a csehszlovák ipar által előállítottnál.

Az esetleg magasabb beruházási költség ellenére is a forgószalag gazdaságosabb, mint az egyenes tengelyű prizmadepónia kihordó szalagja, mert ez utóbbi lényegesen hosszabb, és a szükséges ledobókoci, valamint annak hordására készült erősebb hidszerkezet jóval magasabb beruházási költséget igényel. Példaképpen megemlítjük, hogy egy kb. 25 m sugarú íves depóniának megfelelő mintegy 120 fm egyenes prizmadepónia lerakó berendezése — a mindkét megoldásnál közel azonos hosszúságú emelkedő szakaszt nem számítva — lényegesen meghaladja még az import forgószalag beruházási költségét is. Mint döntő költségkülönbséget az üzemköltség jelentkezik, amely a forgószalagnál tetemesen alacsonyabb a kisebb szalaghossz következtében, tehát az esetleges magasabb beruházási költség az üzemeltetési költség-differenciából rövidesen megtérül.

A csillag alaprajzú elrendezés esetén (6. ábra) az energia felhasználási mutató a nagy tároló nélkül, és állandó üzemeltetésűnek a 11., valamint 14. számú szalagot feltételezve:

$$E = \frac{10}{20\,000} = 0,0005 \text{ kW/m}^3.$$

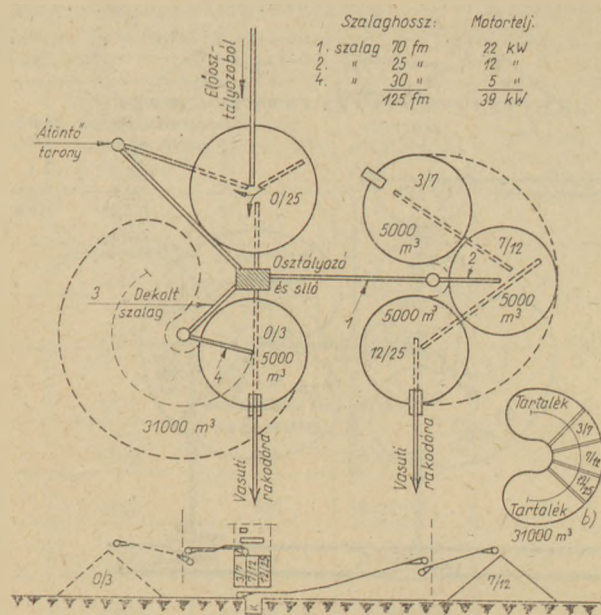
A nagy tároló 21—23. sz. szalagjait beszámítva:

$$E = \frac{38}{37\,000} = 0,00067 \text{ kW/m}^3,$$

és az összes feltöltőszalagot beszámítva, együttesen:

$$E = \frac{48}{57\,000} = 0,00084 \text{ kW/m}^3,$$

amely értékek lényegesen alacsonyabbak, mint az 1. ábra szerinti elrendezésnél.



9. ábra. Csak forgószalaggal feltölthető tárolótérrel és silóval tervezett kavicsüzem

5. Forgószalagos depóniatér

Önkéntelenül adódik, hogy célszerű elrendezést nyújtana a csak forgószalagos tárolórendszerű megoldás, amelyre a 9. ábrán mutatunk be példát. A forgószalagos depótéren három frakció helyezhető el, míg a 0—3,0 mm-es szemszerkezet a „De-kolt” szalagról külön depóniára kerül. A homokdepóniát feltöltő szalag a beruházás kezdetén, vagy utólag forgathatóvá építhető, illetve alakítható, amennyiben a nagyobb tárolási igény szükségessé teszi. A depólerakás szalagok hosszabbak, mint a csillagalaprajzú és az osztályozótérből közvetlenül feltölthető ún. „középtárolókat” feltöltő szalagrendszeré. A pufferképzési mutató 4 db 5000 m³-es depóniát alapul véve:

$$p=160\text{ m}^3/\text{m},$$

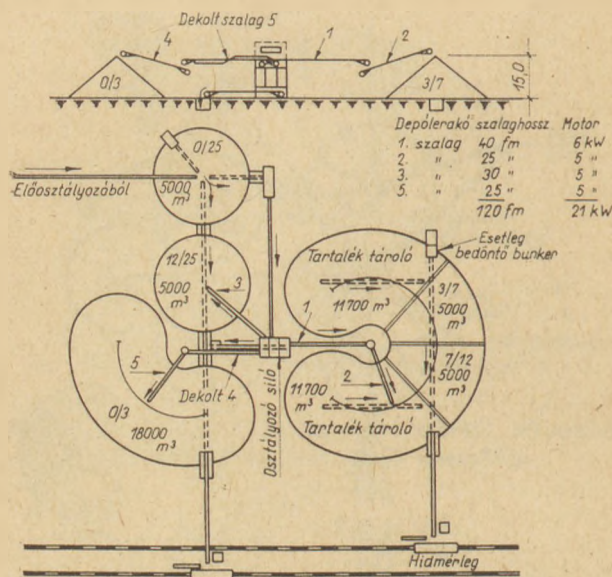
tehát alacsonyabb a csillag alaprajzú elrendezésénél. A mutató csak a forgószalagos 0—3,0 mm-es anyagra kiterjedő depólerakás esetén emelkedik meg, amikor értéke:

$$\frac{46\,000}{125} = 368 \text{ m}^3/\text{m}.$$

A példákban adott elrendezés 3,0 mm feletti frakcióinak tárolási lehetőségét fokozni tudjuk elválasztó falak megépítésével (*b ábra*). A tároló alatti felszedő rendszer több szakaszból épül és összes hossza, az egyenes prizmadepóniához viszonyítva, nem emelkedik meg, tehát többlet beruházási költséget nem igényel. A válaszfalak építésével a pufferképzési mutató növekszik:

$$p = \frac{62\,000}{125} = 495 \text{ m}^3/\text{m}.$$

A megoldás hátránya, hogy a 0—3,0 mm-es homokot nem számítva, 95 fm szalag (1. és 2. számú) folytonos üzemeltetésére van szükség. A megoldás



10. ábra. Forgószalagos és kúpdepóniás tárolórendszerű, siló karicsüzem, vasúti elszállítással

gazdaságtalanabb a csillag alaprajzú elrendezésnél, ahol egy szemszerkezet lerakásához, a jobb tagolt-ság következtében, csak max. 28 fm szalag állandó üzemeltetésével kell számolnunk. Még két frakció inkurrenciája esetén is, éves átlagban lényegesen rövidebb szállítószalag üzemeltetése szükséges. A 9. ábrán bemutatott megoldás három cellás silójának vasúti szalagra merőleges elhelyezése — vibrációs adagoló segítségével — műszakilag megoldható. Az energia felhasználás mutatója, nem forgó 4. sz. szalag mellett:

$$E = \frac{39}{20\,000} = 0,00195 \text{ kW/m}^3,$$

tehát jóval magasabb, mint a csillag elrendezés nagy tároló nélküli „magjának” energia felhasználási mutatója. A kapott értéket csak a forgathatóvá tett 4. sz. szalag csökkenti, amikor:

$$E = \frac{39}{46\,000} = 0,00085 \text{ kW/m}^3.$$

Válaszfalak megépítésével:

$$E = \frac{39}{62\,000} = 0,00063 \text{ kW/m}^3.$$

Az energiafelhasználási mutatót emeli, hogy a depótérre vezető forgószalagok teljesítményét közel az üzem alapteljesítményére kell méretezni az akadálymentes depózás biztosítása érdekében. Ezért lényegesen nagyobb motorok beépítése szükséges, mint a rövid, és csak a termelt mennyiség tört részét kitevő egyes frakciók kiszállítását végző szalagoknál.

6. Vegyes rendszerű depóniák

A forgószalagos depóföltöltés szerves beépítése, mint az előző példából láttuk, a forgószalag jobb kihasználására ad lehetőséget. A csak forgószalagos deponálás hátránya — a hosszabb állandó üzemel-

tetést igénylő feltöltőszalag — kiküszöbölhető a kúpdeponálási és a forgószalagos deponálási rendszerek együttes alkalmazásával. A vegyes rendszert a 10. ábrán látható elrendezéssel mutatjuk be. Az állandó jelleggel depótérrel tárolandó 0—3,0 milliméteres homok, valamint az inkurrensebb 12,0—25,0 mm-es frakció részére kúpdeponia készül, az előbbi íves prizmadeponiává fejleszthetően. A főként kurrens 3,0—7,0 és 7,0—12,0 frakciók a tartalék tárolóteret is magábanfogaló íves prizmadeponián kerülnek elhelyezésre. A depótér jobb kihasználására az egyes frakciókat válaszfalak különítik el.

Az elrendezés mellett akadálymentes üzemeltetés biztosítható, mert az inkurrencia sohasem terjed ki egyszerre az összes gyártott frakcióra, illetve legalább egy, esetleg három frakció állandóan közvetlenül a silóból szállítható el. A 3,0—7,0 és 7,0—12,0 mm-es frakciók, valamint a tartalék tárolótér közös depónián való elhelyezése az üzemeltetés biztonságát szolgálja. Feltehetően a két késztermék egyidejűleg nem inkurrens, tehát valószínűbb, hogy ezek egyidejű deponálására nem kerülhet sor. Ezért a tartalék tárolótér, a pillanatnyi helyzetnek megfelelően, az előállított frakciók közül bármelyik huzamosabban inkurrens anyaggal feltölthető.

A tárolótér, esetleg egyidejűleg két frakcióra kiterjedő inkurrencia mellett is, az üzem biztonság elérhető lenne, ha az 1. sz. szalagot a siló alól vezetnénk a tárolótérre. Azonban ez a 9. ábra szerinti megoldással azonos módon, szalag hosszabbodást eredményez. Második megoldásként a siló alá helyezett rövid szalagról elevátorral vezethetjük a cellákban tárolt anyagokat az 1. sz. szalagra. Az elevátor a belső szállítási utat nem emeli meg lényegesen, és mivel csak időszakosan üzemel, önköltség növekedést nem jelent. A kihasználatlan-ság csak látszólagos hátrány és lényegesen gazdaságosabb, mint az esetleg állandóan üzemelő hosszú szalagrendszer, amely csak azért van kihasználva, mert technológiai kényszerből állandó jelleggel üzemeltetni kell.

A 9. és 10. ábrák szerint üzemelő berendezésnél célszerű különbséget tenni állandó jelleggel telepített, illetve félmobil és mobil jellegű, főleg kiskapacitású üzemek között. Az utóbbiaknál a 9. ábra szerinti megoldás válaszfalak nélkül előnyös, mivel a kisüzem főleg helyi fogyasztók részére termel és ezért az egyes frakciókra kiterjedő huzamos inkurrencia kisebb súllyal jelentkezik. Ez az üzem a tároló terét gazdaságosabban ki tudja használni, miután deponálást csökkentett mértékben végez, ugyanakkor az ugyancsak mobil jellegű köríves feltöltőszalagjával, valamint szétszerelhető silójával könnyen áttelepszítható.

A 10. ábra megoldásának előnyét a gazdasági mutatók is igazolják. A pufferképzési mutató — „Dekolt” szalagot nem számítva —

$$p = \frac{56\,400}{120} = 470 \text{ m}^3/\text{m},$$

tehát lényegesen magasabb, mint az összes eddig ismertetett példánál. Ugyanakkor az energiafelhasználási mutatók az 1., 2. és 5. sz. szalagok állandó üzemeltetését alapul véve:

Elrendezés ábraszám	Jellemző adatok	Tárolt mennyiség m³	Szalagok hossza m³	Fajlagos tárolási mutató p m³/fin	Motor teljesít. kW	Fajlagos energia szükséglet E kW/m³	A gazdaságosság sorrendje
1.	Hagyományos	20 000	244	82	53	0,00256	9
3.	Siló nélkül	20 000	135	148	22	0,0011	8
	Silóval	20 000	135	148	12	0,0006	7
6.	Csak siló melletti depók	20 000	99	202	10	0,0005	3
	Nagy tárolóval (forgó)	37 000	103	360	38	0,00067	—
	Teljes	57 000	202	282	48	0,00084	5
9.	0—3 kúpdepó	2 000	125	160	39	0,00195	6
	0—3 forgó depó	46 000	125	368	39	0,00085	4
	Válaszfal	62 000	125	495	39	0,00063	2
10.	Forgó szalaggal kombinált	56 400	120	470	16	0,000284	1

$$E = \frac{16}{56\,400} = 0,000284 \text{ kW/m}^3.$$

A 10. ábra példájánál a tartalék tárolótér alatti felszedőszalagok megépítése nem szükségszerű. Elhagyásuk esetén a közvetlenül le nem üríthető anyagot a vasúti rakodószalag végére épített bedöntő bunker útján tudjuk dömperes, vagy más belső szállítási móddal vasúti járművekbe rakni.

7. Összefoglalás

Az ismertetett megoldások jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból megállapítható, hogy leggazdaságosabb a 10. ábra szerinti elrendezés, míg az alacsony elhelyezésű vibrátorokról siló nélkül közvetlenül kúpdepóniára tároló megoldás gazdaságosság szempontjából a leghátrányosabb.

Megállapítható, hogy nagy tároló kapacitású és gazdaságos üzemeltetésű kavicsüzem a kúpdepóniák és köríves depóniák olyan összevonásával érhető el, amelyeknél a gyártott frakciók egy részére, illetve legfeljebb számuknál eggyel kevesebb szerszerkezet részére kúpdepóniákat telepítünk, és a többi frakciót egyetlen szállító úton, forgószalagos feltöltésű tartalék — illetve készáru — tárolótéren deponáljuk. A deponáló szalagrendszer legkisebb hossza közvetlenül a vibrátorokról a depótérre vezető anyagfolyamatok mellett érhető el. Végül megjegyezzük, hogy az ismertetett, osztályozott anyagot deponáló típusok 4—5 — csak egyszer-tört, vagy kétszer tört — frakciót gyártó kőbányaüzemeknél is felhasználhatók.

IRODALOM

- [1] Hajnal Lajos: Homok-zagy víztelenítő Dekolt-szalag tervezése. *Építőanyag* 1966. 9.
- [2] Ferenczy Pál: Magyarországi Kőbányaüzemek osztályozó berendezéseinek tervezési irányelvei. *Építőanyag* 1968. 8.
- [3] Ferenczy Pál: Kőbányák gazdaságos és fejleszthető tárolói. *Építőanyag* 1967. 5.

Ferenczy Pál: Kavicsbányák osztályozott késztermék tárolói.

A tanulmány a gazdaságos üzemeltetés szempontjából értékeli a már ismert, valamint a szerző által javasolt megoldású, osztályozott kavicsot termelő üzemeket, főleg azok készáru tároló rendszereinek megválasztása alapján.

П. Ференци: Хранилища для классифицированного готового продукта гравийных карьеров.

Статья дает экономическую оценку уже известному, а также предложенному автором решениям по выполнению предприятий, производящих классифицированный гравий, главным образом, на основе выборе системы хранилищ готового продукта.

Ferenczy, Pál: Die Lagerung klassifizierter Fertigerzeugnisse in der Kiesgrube

Es werden die bekannten Lösungen vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit aus betrachtet beschrieben und mit Vorschlägen des Verfassers ergänzt, insbesondere aufgrund der Wahl des Systems, welches beim Lagern der Fertigprodukte angewandt wird. (S. G.)

Ferenczy, Pál: Storage of Graded Aggregate in Gravel Quarries

Egyesületi élet

A *Filmbizottság*, október 1-én tartott vetítésén, változatos műsorral szórakoztatta nézőközönségét. Első filmje a villám keletkezésére és lefolyására adott szemléltető magyarázatot, és a villámesapás káros hatásainak elkerülésére szolgáló módokat ismertette. Igen jól sikerültek a gomolygó viharfelhőket, dörgésekkel kísért villámlásokat bemutató felvételek, amelyek a közvetlen átélés illúzióját keltették. A következő kisfilm a XVIII. század újjászülöt bolgár építészetének igényes sereg-szemléje volt: művészi ízléssel válogatott lakóépületek, kastélyok és középületek gyorsan pergő képei vezették a nézőt a klasszikusan egyszerű építészeti formáktól a legnemesebb barokk lendületes vonalvezetéséig és páratlanul gazdag díszítőmotívumainak bemutatásáig. A „Nagyítóval a tenger mélyén” című film ragyogóan színes, kristálytisza és éles vizualitási felvételeit, amelyek egy alig ismert világ bizzar külsejű élőlényeinek ádáz létérti küzdelmét mutatták be, mindvégig feszült figyelemmel néztük. Úgy tűnik, nincsen lenyűgözőbb látvány részünkre, mint az ezerarcú élet. Kevésbé sikeres volt a Velencei- és Villányi-hegység, valamint a Mecsek tájait és életét bemutató film, főleg a felvételek élettelenül fakó színezése és az előadás vontatottsága miatt. Nem volt eléggé kifejező a térképekhez fűzött magyarázat sem. A következő filmet, amely a fiatal Böbe csimpánz értelmességét demonstrálta, közönségünk igen kedvezően fogadta. Az utolsó film nehéz feladatra vállalkozott: bemutatta és megmagyarázta a mikroelektronikában alkalmazott egyszerű alkatrészek elvi működését, összeépítésiüket komplikált funkciók ellátására alkalmas blokkokba és blokksorozatokba. Kár, hogy a német nyelvű kísérőszöveg egyrészt a leadás sebessége, másrészt annak torzítása következtében helyenként érthetlenné vált. A közönség elismeréssel honorálta a Filmbizottság munkáját. E. I.

A Kő-kavics szakosztály szeptember 29-én megtartott klubnapjának programja a kő-kavicsipar negyedik öt-éves tervkoncepciójának megvitatása volt. A koncepciótervezetet az egész szilikátipari ágazat részére az EVM Műszaki Fejlesztési Főosztály irányításával a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet állította össze, és az Egyesület a tervezet megküldésével adott módot a szakosztályok egyes tagjainak a tervezet társadalmi bírálatára. A megbeszélést *Simon Jenő* (EVM Műszaki Fejlesztési Főo.) indította el a kő- és kavicsbányászatra vonatkozó tervezetrész ismertetésével, feltárva a tervezet elkészítésének célját, a benne foglalt adatok korlátozottságát és az ipar fejlesztésére vonatkozó elgondolásainak megvalósítására irányuló erőfeszítések várható műszaki és gazdasági nehézségeit. Rávilágított a vállalatoktól elvárt célirányos kezdeményezések és lebonyolítási formák részleteire, valamint annak a segítségnek módozataira, amit felsőbb szervek a vállalatoknak fejlesztési törekvéseikben nyújthatnak. Ezután *Serédi Béla* (EVM Műszaki Fejlesztési Főo.) ismertette és értékelte a koncepciótervezetre beérkezett észrevételeket. Egyéni véleményt *Erdély Imre* és *Szabó Elek* nyújtottak be, közületi észrevételek az UVATERV és a KPM illetékes szervétől érkeztek.

Az előadásokat követő vita folyamán *Kausay Tibor* (SZIKKTI), *Pollák Imre* (Egyesülés), *Reznák László* (UKI), *Szűcs János* (Dél-dunántúli Kőbánya V.), *Osáktornyai Béla* és *Vajda László* (Egyesülés), *Szokolay Sándor* (Kavicsbánya V.) tettek értékes megjegyzéseket, és a felvetett kérdésekhez még többen szölköztek hozzá. Az eközben szükségessé vált kiegészítő információkat és válaszokat *Simon Jenő* szakosztályvezető adta meg. E. I.

II. Üvegipari Napok

A Szilikátipari Tudományos Egyesület és az Üvegipari Művek 1969. szeptember 25-én a Technika Házában rendezte meg az „Üvegipari Napot”.

Az Üvegipari Nap programja, mint a témaválasztásokból is látható volt, kifejezetten egy célkitűzés, az

üvegolvasztás intenzitásának kitérőgyalása köré csoportosult.

A szervezők arra törekedtek, hogy az előadások bemutassák a fejlődés irányát, ismertessék a hazai eredményeket és gondolatokat ébresszenek a szakemberekben újabb megoldások, kombinációk megvalósítására.

Genge Rezső, az ÜM vezérigazgatóhelyettese, megnyitójában üdvözölte a résztvevőket, majd rámutatott az Üvegipari Napok szakmai jelentőségére. A feladatok nagyságát a durva öblösüveg termelésének megkétszerezésében jelölte meg, amelyet az új mechanizmus szellemének megfelelően elsősorban az intenzív fejlesztéssel kell megoldani.

A jövőt illetően annak a reményének adott kifejezést, hogy az Üvegipari Napok megrendezése hagyománygyá válik és a szakemberek sok hasznos ismeretet szereznek.

Szalontai Károly vezérigazgatóhelyettes előadásában rávilágított azokra a műszaki és gazdasági mutatókra, amelyek elérésére törekedni kell és azokra a műszaki megoldásokra, amelyekkel az eredmények elérhetők.

Az élenjáró termelési szintet 2000 kg/m²/24 ó körüli üvegkivételben és 2000 Kcal/kg alatti fajlagos hő ráfordításban jelölte. Ezt korszerű kemenceszerkezettel, elektromos pótűtéssel, különböző áramlást szabályzó gátakkal, levegőálfűtéssel és keverékgranulálással lehet elérni — hangoztatta az előadó.

A kemenceszerkezetek fejlődésének irányáról Száder Rudolf gépészmérnök adott kimerítő ismertetést. Igen részletesen ismertette és rajzokkal illusztrálta az újabb konstrukciós megoldásokat. Komoly hazai eredménynek tekinthető a finom öblösüvegnek folyamatos kádon történő olvasztása — ami hazai viszonylatban széles körben elterjedt — mely minőségben és gazdaságosságban is élenjáró szintet ért el.

Igen értékes volt az előadás azon része, amely a hazai üvegolvasztás fejlődését több paraméter függvényében, 20 éves távlatban mutatta be. Száder Rudolf előadásából még ki kell emelni azt a perspektívát, amely a kapacitásbővítést lehetővé teszi újabb építés nélkül, azáltal, hogy a keramikus hővisszanyerők helye olvasztótérre alakítható és a fémrekuperátor az épületen kívül, vagy a kemence fölé helyezhető el.

Széleskörű és kimerítő ismertetést kapott a hallgatóság a hazai sugárzó izotópos mérések eredményéről és azok további gyakorlati alkalmazásának lehetőségéről. Ebben a témában két előadás hangzott el. Wilberger Ferenc vegyészmérnök és Magyar János kohómérnök olyan útmutatást adtak, amelynek alapján okvetlenül bővíteni kell a mérések területét és megjelölték a célkitűzéseket.

Az új kemencekonstrukciók kialakításánál elengedhetetlennek tartják az áramlási jelleg ezúttal kimerését, amit csak a sugárzó izotópok nyomónkövetésével lehet megállapítani.

A kemencekonstrukciók kialakításánál igen lényeges az alkalmazandó tűzállóanyagok fizikai és kémiai ismerete. Erről Dr. Vissy László adott ismertetést. Bár az előadás részletesen ismertette a hazai és külföldi elektromos olvasztással előállított tűzállóanyagok tulajdonságát és kitért azok viselkedésére a tűztérben, nem közölte, hogy egyes kemenceszerkezetekhez, mely tűzállóanyagok felelnek meg előnyösebben, figyelembe véve az olvasztási hőmérsékletet és az üvegösszetételt. E hiányosság ellenére az előadás jó volt és érdeklődést váltott ki.

Nagy érdeklődés előzte meg az NSZK-beli Friedrich Biegel mérnök előadását.

A kohászatban már 50 éve ismert fémrekuperátort 10—15 éve elterjedten alkalmazzák az üvegiparban is. Nagy előnye, hogy az égéslevegőt veszteség nélkül lehet az égőkhöz eljuttatni, mivel a teljes tömítettséget lehet biztosítani. További előnye, hogy a földgáztüzelésnél újabb alkalmasított kompresszorlevegő (150—200 mm v. o.) adagolás biztosítható, amit keramikus rekuperátorral elérni nem lehet.

A fémrekuperátor a hutaépületen kívül vagy a kemence felett is elhelyezhető, ezzel lehetővé válik azonos alapterületen nagyobb olvasztótér kialakítása.

Azok az aggályok — az üvegipari szakemberek köréből — amelyek az alkálikorrozóval kapcsolatosak, a külföldi cég megoldotta és 1,5—2 teljes kemenceperiódust is kiszolgálhat a berendezések. De akkor is csak a levegőcsövek kerülnek kicserélésre, míg maga a köpeny és állványzat 10—12 évig is üzemképes marad.

Az Orosházi Üveggyár igazgatója a magas hőmérsékletű olvasztás tapasztalatáról adott igen értékes beszámolót. Nagyméretű kemencéknél (durva öblösüveg) csak Orosházán alkalmaznak 1550—1570 °C olvasztási hőmérsékletet. Megállapította, hogy a hőmérséklet emelkedésével egy ideig lineárisan emelkedik a hatások, később azonban az emelkedés csak kismértékű. Ez a tapasztalat arra figyelmeztetett, hogy a magas hőmérséklet alkalmazása csak bizonyos határig célszerű, azontúl

nem gazdaságos, sőt egyenesen veszélyes is. A magas hőmérséklet elsősorban a hőviszanyerő berendezéseket károsítja, sokszor igen erős mértékben.

Az előadásokat igen élénk szakmai vita követte, amelyben sokan vettek részt.

Az üvegipari nap, melyen 110—120 fő vett részt, Baritz Árpád főtítkárhelyettes összefoglalójával és zárásával ért véget.

A levonható konklúzió, amelyet a zárzó is hangsúlyozott, egyezett Szalontai Károly vezérigazgatóhelyettes iránymutatásával: az üvegolvasztás intenzifikálását helyes kialakítással, gazdaságosan kell megoldani.

Az Egyesület Üvegszakosztálya — amely az üvegipari napok programjának kialakítója és főszervezője volt — nagyra értékeli és sikeresnek tekinti, ezért két év múlva megrendezi a következő, III. Üvegipari Napokat.

D. M.

A világ szilikátiparából

A Köchner—Humboldt—Deutz cég három új törökországi cementgyár építésére kapott megbízást 1 millió tonna összkapacitással. Korábbi rendelés alapján folyik két gyár építése és másik kettő bővítése, ami összesen, 1,6 millió tonna kapacitást jelent. E munkák befejeztével már 18 Humboldt-típusú és szállítási kemence fog üzemelni Törökországban, amelyek teljes termelése 1970-ben 4,5 millió tonna lesz.

*

Az NSZK-ban a minőségi követelmények fokozódásával egyre szükségesebbé válik a mészko mosása. A mosásból kikerülő szennyvíz ülepítésre, tisztításra szorul. A mosással kapcsolatos vízigény igen jelentős, 1 t mészko 1,5 m³ vizet számítva, napi 15 000 t nyers mészko-termelés mellett, napi 10 000 m³ víz derítésével kell számolni. Ehhez igen nagy méretű derítőmedence kell, az ennek létesítéséhez szükséges jól és biztonságosan kialakított gáttakkal. Tekintve, hogy a derítőmedencét időszakonként tisztítani kell, a folyamatos üzemhez rendszerint három medence szükséges. Az üledék értékesíthető.

*

A Londoni Téglatársaság Kings Dyke-ben, Whittleay mellett, heti 1 millió téglá kapacitású üzem létesített. Az üzem érdekessége, hogy egy bánya udvarán 75 láb mélyen települt. Az agyag megmunkálására használatos gépsor lényegében a szokásos. A kemence 34-kamrás, kamránként 60 ezer téglá kapacitású és két tűzzel üzemel. A gyárban 40 órás munkahét alatt állítják elő a kívánt mennyiségű téglát.

*

1968 tavaszán Pennsylvániában New Oxford mellett a Manor Brickcrafters cég kézi formázású téglagyárat létesített. Az üzem napi 28 ezer téglá kapacitására tervezték. Kétféle méretű ($2\frac{1}{4} \times 3\frac{3}{4} \times 8$ inch, és $2\frac{3}{4} \times 4 \times 8$ inch) téglákat gyártanak a következő módon: A kellőképpen megmunkált agyagból extruderrel hengereket sajtolnak, majd azokat tömbökre vágják szét. A tömbökből kézi formázással téglákat állítanak elő. A kézzel formázott nyers téglákat szárítják, 250 F°-hőmérsékletű levegővel végzik, az égetést pedig 1900 F°-en gáztüzelésű kemencében. A teljes égetési ciklus 32 óra.

*

Az ipari automaták alkalmazása Angliában az egyes kerámiái műveleteknél egyre nagyobb jelentőségű. Olyan automatikus berendezések is ismeretesek, amelyek elsősorban a kerámiái nyers- és késztermékek mozgására, illetve rakodására szolgálnak. A Versatran rendszerű rakodó automata hidraulikus működésű mechanikus egységből és ellenőrző egységből áll. A Versatran rendszerű automatákat téglafélék és kerámiái edényárak rakodására egyaránt lehet használni.

Homokos talajok alkalmazásának lehetőségei a falazótégla-gyártásban. Számos kísérletet végeztek abból a célból, hogy a rajastbani homokos talajból, amely kb. 6% agyagfrakciót tartalmaz, kellő szilárdságú falazótéglát állítsanak elő. Vizsgálták a képlékeny agyagok és más adalékanyagok, így a nátriumklorid, nátriumfoszfát, valamint kalciumhidroxid különféle mennyiségeinek hatását a szilárdság növelésére. Ezenkívül kísérleteket végeztek változó sajtolási nyomással és gőzkezeléssel is. Ezek eredményeként kielégítő szilárdságú falazótéglát sikerült előállítani.

*

Angliában az utóbbi két évtizedben előtérbe került a téglák színezése. Jelenleg elsősorban a mangánoxid-tartalmú anyagok jöhetnek számításba színezőanyagként. A mangánoxid-tartalmú színezőanyagot elsősorban a magas vasoxid- és az alacsony karbonát-tartalmú anyagoknál lehet eredményesen alkalmazni. A szükséges keverési arány az agyag kőminai összetételének függvénye. A színezőanyagot korábban poralakban keverték be. Újabban bevezették a mangánoxidnak iszap formájában való alkalmazását. Az eljárás gazdaságosnak és megbízhatónak bizonyult.

Egyik francia kőbánya- és cementüzemben talajmozgató berendezések alkalmazásával csökkentik a termelési költséget. A szokásos hegybontószerelkes kotrók helyett talajfeltépő dozert és szkréper állítottak üzembe, miáltal a 4 db kotró és 8 db tég munkáját egy szkréper, egy kerek homlokrakodó és egy talajjegyngető végzi el.

Az egész bányaiüzemet ennek megfelelően áttervezték. Egy évi tapasztalat alapján megállapítást nyert, hogy az ilyen gépek alkalmazása, valamint az ezáltal lehetővé vált létszámcsoökkentés révén a termelési költség 60%-kal csökkent. A talajfelszakításnál végbemenő jobb aprózódás következtében 40%-kal növekedett az aprítási kapacitás és a cementműben 20%-kal növekedett az iszaptermelés.

*

Egy skóciai bányában eredetileg szegély- és útbunkolatkövet állítottak elő és csak a hasítás során keletkező forgácsot dolgozta fel egy törőgép zúzottkőre. A második világháború alatt a bánya nem működött és ezt követően az új tulajdonos 1000 t/hét kapacitású zúzóüzemet, valamint 20 t/ó kapacitású aszfaltkeverő berendezést létesített. A bányát bővítették és korszerűsítették. Mivel a kőanyag lemezes törésre hajlamos, az aprítást négy fokozatban végzik. Az üzem nagyrészt automatizálva van. A késztermék a silókból az aszfaltkeverő telepre továbbítható, vagy tégk-ba rakható. Az üzem portalanító berendezéssel van ellátva. A silószintjelzők gammasugaras rendszerűek.

A téglágető alagút-kemencék előmelegítő zónájában alkalmazott légkeringetés hatására a hőmérsékletkülönbségek nem egyenlítődnak ki, állapították meg az NSZK-ban. A levegő injektálása, a rakomány ritkítása, a kemence jó tömítése viszont hatásos módszer. A vizsgált kemencék közül csak a levegő-injektálással ellátott kemencéknél volt megfelelő a hőeloszlás.

*

A nagyteljesítményű mobiltörők fejlődése Nyugat-Európában az utóbbi időben nagy előrehaladást mutatott. Sok új konstrukció került bevezetésre. Az új kúpostörőkre jellemző a kisebb építési magasság. Ezek táplálása megoldható közvetlen adagolással, szállítószalag és adagolóvályú segítségével, vagy közvetett úton, kanalas vagy más kotróberendezés közbeiktatásával. Érdekes megoldás az is, ha a törőberendezés egy fordítókoronggal ellátott emelkedő rakodópályával van egybeépítve.

*

A könnyű építőanyagok, különösen a duzzasztott agyagkavics felhasználása egyre növekszik az NSZK-ban. Az agyagkavicsgyártás két igen fontos technológiai részfolyamata: az előkészítés és formázás. Az előkészítés történhet félnedvesen vagy szárazon. A különböző formázási módok legfontosabb eszközei: csigaprések, hengerművek, granuláló tányérok, granuláló hengerek. Különleges előkészítési és formázási eljárások is ismertek. A jelenleg előállított agyagkavics égetése 90%-ban forgókemencékben történik.

*

Légnyomás, levegőmennyiség, fűtőanyag-fogyasztás, hőmérsékletmérések és füstgázvizelmezések az NSZK mészégető aknakemence üzeménél.

A mészégető aknakemence üzeménél nagyjelentőségű a levegőnyomás és levegőmennyiség rendszeres ellenőrzése a kemence teljesítménye és fűtőanyag fogyasztása szempontjából. A kemencét légnyomás- és levegőmennyiségmérővel, valamint hőfokmérővel kell felszerelni, melyek az üzemmenetre nézve mindenkor pontos felvilágosítást nyújtanak. Fontos szerepet játszik a statikus nyomás, a dinamikus nyomás, a fűtőanyag szükséglet számítása és a füstgázvizelmezés. A mérések központi ellenőrzése nagymértékben hozzájárulhat az önköltségesökkentéshez, a teljesítmény növeléséhez és az egyenletes minőség biztosításához.

*

A lágyan égetett mész gyártása az oxigén-befűvások acélgártás kifejlesztésével nyert jelentőséget. Az öröklhetőség tanulmányozásánál megállapítható volt, hogy a rugós-görgős malmok ilyen anyagra jobban alkalmazhatók a golyósmalmoknál. Az NSZK-ban ismertetésre kerültek a Loesche és a Preiffer cég konstrukciói, azok jellemző adatai és az üzemekben szerzett tapasztalatok, továbbá a malmok előnyei és hátrányai a golyósmalmokkal szemben.

*

Az NSZK cementiparában a munkahelyi ártalmak csökkentése érdekében elsősorban a portalanítók működését kívánják tovább javítani. A hűtőkből távozó levegő tisztítására különböző multiciklonok, kevertágyas, fluidizációs és egyéb porszűrő berendezések kerülnek beépítésre. A lebegtető gázelőmelegítő forgókemencék után beépített elektrofilterek üzemzavarait és korrózióját a gázok lehűtésével és megnedvesítésével kerülik el. Ugyancsak intézkedések vannak folyamatban a zajártalom csökkentésére, különös tekintettel a mészko-bányákban folyó robbantásokra.

*

Darabos agyagok gazdaságos aprítása Konoid agyagszeletelővel az NSZK kerámiaiparában. A modern üzemgazdálkodás alapvető követelménye a nyersanyag tulajdonságoknak legjobban megfelelő aprítógép beállítása. A darabos agyagok aprítása eredményesen alkalmazható a Konoid agyagszeletelő gép. A száraz vagy

bányanedves agyagot szeletelőkésekkel ellátott forgó, kónuszos dobba adagolják. A forgó dobban álló ellenlapát tartja az agyagdarabokat és nyomja a késes forgódobnak. A felszerelt agyagdarabok az alul elhelyezkedő gyűjtőtányérra hullanak. A Konoid agyagszeletelő gép igen gazdaságos, mivel elektromos áramigénye viszonylag csekély.

*

Újdonság a téglágetésnél: monolitikus síkboltozatú parallekkemencét helyeztek üzembe az NSZK-ban. E kemence építési költsége 50%-kal kisebb, mint az alagút-kemencéé. A SANC-féle öntött, monolitikus síkboltozat előnye a függesztett boltozattal szemben: olcsóbb, az építéshez nem kellene képzett szakemberek, a szükséges nyílások egyszerű módon kiképezhetők, jobban zár, kisebb a hővezetési tényező és a hőátadási együttható, hosszabb élettartamú és könnyebben javítható. Az eddig épített ilyen boltozatok igen jól beváltak, különösen a parallekkemencéknél.

*

Habaresot, betonkeveréket, tapasztokat, festékeket stb. szállító surrantók és csövek dugulási helyeinek meghatározására a brit Fillden Electronics Ltd cég elektronikus rendszert konstruált. Szelepre, tolózárakra nincs szükség. A dugulási helyet jelző elektróda a nyitott vezetékkel, illetve a zárt vezetékkel fölött halad, úgy, hogy a fővezeték belső felületével érintkezzék. A rendszer által leadott villamos impulzusjel azonnal leállítja az adagolóberendezést.

*

A francia téglagyártás sokáig nem fejlődött. Kb. tíz éve viszont a fejlődés rendkívül gyors, mert a teljesen automatizált üzem gyakorlati valósággá lett. A téglagyártást a hirtelen föllendülést csak az alapos műszaki információkra támaszkodva érthette el. A francia téglagyártás munkaerőigénye felére csökkent, termelékenysége megháromszorozódott, teljesítőképességének kihasználása lényegesen javult. A gazdasági összehasonlító vizsgálatoknak nagy részük van a fejlődésben.

*

Dél-Afrika évi falazótégla-termelése 1500 millió db. Cseréptermelése 12 millió db egyetlen üzemben. A durvakeramiai üzemek száma meghaladja a 450-et. A legmodernebb üzem (Crown Mine) 1962-ben épült és 69 fővel évi 78 millió téglát gyárt. A prés 12–15% nedvesítartalmú masszából óránként 20 000 db téglát állít elő 600 LE felvétele mellett. A modern üzemek mellett sok kiskapacitású, primitív téglagyár is üzemben van.

*

Ausztriában több ezer hazai és külföldi tetőcserép fagyállóságát vizsgálták, továbbá vizsgálat tárgyává tették a fagyállóságot befolyásoló tényezőket is. Megállapították, hogy a vízfelvétel és a fagyállóság között szoros összefüggés áll fenn. A beépítés helyének klimatikus viszonyai is igen fontosak. A fagyállóságot az égetési hőmérséklet és az égetési idő növelése sokszor javítja. A vizsgálatok szerint a tetőcserépagyag optimális szemcseösszetétele: a 0,06 mm feletti maradék 17–22%, ill. az 1–3 mm-es és a d=1 mm-es szemcsék mennyisége 8%, ill. 92%. A finomszemcsék kívánt eloszlása: d 20 m 42%, d=2–20 m 27%, d=2 m 31%. — Az optimális szemcseösszetétel különböző agyagok összekeverésével is biztosítható. A bécsi fagyállósági vizsgálatok lényegében az essen i/60-as módszernek felelnek meg. A párizsi, a stockholmi és a luzerni vizsgálatok ezektől eltérőek.

Az NSZK-ban a gőzölésillag segítségével a gőzölést közvetlenül a présbe helyezték át, ami mind a formázás, mind a gyorszáritás szempontjából igen előnyös. Ez a gőzölési módszer a kőagyagipar vertikálisan dolgozó formázó gépeinél is előnyösen használható. A Hübner-féle gőzölésillag segítségével a pihentető tornyokban és agyagsíllókban az agyag ugyancsak egyenletes hőfokon tartható, akár napokon át. A kőagyagiparban a főcél nem a képlékenység növelése, hanem a gyorszáritás kedvező előfeltételeinek biztosítása.

Relatív szennyezett agyagot felhasználó modern falburkoló klinker és hasított lap előkészítő üzem az NSZK-ban.

A világon számos olyan agyagelőfordulás található, amelyekből, ha nem volnának erősen szennyezettek, elsőosztályú kerámiái anyagokat lehetne gyártani. Eljárást dolgoztak ki arra, hogyan lehet a szerves anyagokkal pl. fával szennyezett agyagokat falburkoló klinker és hasított lap gyártásához felhasználni. A fával szennyezett agyagot az őrlőüzemben előbb darabolják, majd szárító aknában víztelenítik, kalapácsos malomban aprítják, végül rosták s ciklonok segítségével nyerik a kész agyag-örleményt. Az organikus anyagokat, pl. a fát, ennél az eljárásnál az őrlőüzem megfelelő szakaszába beépített égetőrendszer segítségével elégetik.

*

Gránitbányászat Cronwallban (Anglia).

A régi gránitbányát 1968-ban, 225 t/ó teljesítményű feldolgozó üzemmel egészítették ki. Főleg bitumenbevonatú zúzottkőkeveréket, betonadalekanyagot, készre kevert beton és betonblokkokat állítanak elő. 10 cm (4 hüvelyk) átmérőjű fűrőlyukakkal, nagylyukú sorozat-robbantást alkalmaznak. A másodlagos aprítást ejtőkossal végzik. Az üzem átlagteljesítménye 1200 t/nap. A zúzás három fokozatában előtörőként 1500 × 1050 mm (60 × 48 hüvelyk) kétingás Pegson-pofástörőt, elsőfokú utántörőként BS 515 típusú Babbittless-körtörőt és másodfokú utántörőként 3 db 920 mm-es (3 láb) Nordberg-körtörőt alkalmaznak. Az osztályozás részben excentres vibrátorrostákon, részben rezonanciaszitákon történik. A berendezést két automatizált ellenőrző- és irányítórendszer vezérli. A belső szállítást a kapcsolódó üzemszerekig szállítószalagok biztosítják. Az elszívott port értékesítik. Az üzem heti 5 napon, napi 10 órással működik.

*

Olaszországban az agyagduzzasztás mechanizmusára vonatkozó irodalmi adatok alapján tíz különböző eredetű agyagra kísérleti programot dolgoztak ki. Az egyik agyagmintán, mely 1200–1300 °C-on duzzadt laboratóriumban, az alábbiak szerint vizsgálták az optimális duzzasztási feltételeket: 1. kiszáritott agyagszemcsék összesen 5–10 perces gyors felmelegítése kemencében; 2. semleges vagy enyhén redukáló kemenceatmoszféra betartása. Ezek eredményeit hasznosították egyéb agyagok vizsgálatainál, melyek mindegyikénél vagy keverékeinél, kisfajsúlyú (< 0,8) duzzasztott agyagot nyertek.

*

Finomszemcsés anyagok előkészítésénél és szállításánál ezek tapadóképesége nem kívánatos jelenségekhez vezethet. Kohézió általi agglomerálódások és az alkalmazott berendezések, pl. malmok, őrlőtestek szállítóesatornák és silók, falán adhézió miatti feltapadások formájában jelentkezhetnek. A tapadóképeség vizsgálatára kereskedelmi finom fehérmezből és darabos fehérmezből gyengén zsugorított (keményre égetett) és zsugorítatlan (lágyra égetett) káliumoxid meghatározott szemcsefrakcióját állítottak elő. A kísérletek eredményeivel zárultak az NSZK-ban.

*

Porózus adalékkal készült szerkezeti könnyűbetonok. „Aglite”, „Leca”, „Lyttag” és „Termozik” adalékanyagok készült szerkezeti betonok szilárdságát és alakváltozási tulajdonságait vizsgálták Angliában.

Az „Aglite” közepes frakciójának térfogatsúlya ömlesztett állapotban 648–720, a finom frakciójáé 1000–1072 kg/m³; a „Leca” durva frakciójáé 387, közepes frakciójáé 423, finom frakciójáé 407 kg/m³; a „Lyttag” közepes frakciójáé 776–808, finom frakciójáé 904 kg/m³. Összehasonlításként tanulmányozták a természetes homokkal és kavicsal készült nehézbeton tulajdonságait. A porózus adalékanyagok legfontosabb tulajdonságai a térfogatsúly, a szemszerkezet és a szemcsealak.

A porózus adalékokkal készült betonok nyomószilárdsága 1 év múlva nagyobb mint 28 napos korban.

A β-sugár terület súlymérőberendezéssel szerzett tapasztalatok felhasználásával regisztráló pormérő berendezést szerkesztettek az NSZK-ban.

A β-abszorpció segítségével a levegő portartalmát mg/m³-ben folyamatosan meg lehet határozni. A berendezés érzékenysége lehetővé teszi a tiszta levegő pormissziós értékeinek rögzítését. A berendezés hónapokon keresztül önállóan, ellenőrzés nélkül működik és így alkalmas a portartalom mérésére munkahelyeken. Az eredmények hitelesíthetők.

Száritáson alapuló, empirikus vizsgálati módszert alkalmaznak Angliában.

A módszer agyagok és agyagkeverékek „száritási-repedési hajlamának” összehasonlítására alkalmas. A vizsgálandó agyagból 35 mm átmérőjű korongot készítenek és ellenőrzött hőmérsékletű és nedvességtartalmú levegőáramban szárítják. A száritási feltételektől függően a próbatest közepéből kiinduló repedés keletkezik. Az értékelés a repedés jellege alapján történik (repedési indexek). Külön utalnak a módszernek üzemellenőrzésére való felhasználására.

*

Dél-Afrikában, Dulnas közelében, 99 % SiO₂-tartalmú követ termelnek ki, melyet homokká dolgoznak. A napi termelési kapacitás 60 t. A homokot víztisztításhoz, homokfúvatáshoz és öntődékhöz használják. Kiváló minőségűre való tekintettel exportálni is kívánják. A robbantással kitermelt anyagot törlik, osztályozzák és mosás. A mosóvizet ülepítés után visszanyerik. A jövőben ezt a homokot betonadaleknak is alkalmazni kívánják.

*

Az angol kőbányászkonferenciának bemutatott bánya anyaga, vízszintesen települt mészkő (Kent ragstone), puha agyagos homokkő (hassock) beúgyazódással. A mészkő, kemény, kék, homokos, jó útépitési anyag. A bányát öt szinten művelik. Különlegessége, a kétféle anyag folyadékban való súlyszerinti szétválasztása. A jó kőanyagot megtörlik. Elszállítása nyers alakban, vagy bitumenbevonattal történik. Külön értékesítik a finom filler-anyagot.

*

Svéd Vikan-i kőbánya évi 1 millió tonnát meghaladó teljesítményre épült. A bánya anyaga szürke gránit, mely jó útépitésre. A bányaművelés 17 m (55 láb) magas bányafallal és 100 mm (4 hüvelyk) átmérőjű, merülőkalapácsos fűróberendezéssel kialakított fűrőlyukakkal történik. A kitermelt kőanyag felrakását és a zúzóüzemig való szállítását külső vállalat végzi. Megállapodás szerint a bánya a rakodó- és szállítóberendezést csak az évi 1 millió tonna termelés elérése esetében veszi át a külső vállalatától. A korszerű üzem elő- és utántörőt, előosztályozót silókkal, harmadfokú törőt és végső osztályozó silókkal foglal magában. Érdekes automatikus berendezésekkel, portalanító berendezéssel és központi ellenőrző berendezéssel van felszerelve.

*

Portlandcement hidratálásának néhány problémáját vizsgálták Franciaországban. Powers elméletével kapcsolatban hangsúlyozzák, hogy a hidratáció idején ozmózis lép fel, amely fennmarad egészen a keverék megszilárdulásáig. Ezt a feltevést alátámasztja az a tény, hogy kezdetben csökken a megszilárdult cementkeverékeknek a nyomással szembeni ellenállása, amennyiben az ilyen keverék trikalciumaluminátot tartalmaz, majd pedig az ellenállás megnövekedik. Ez arra utal, hogy a klinker egyéb ásványainak hidratációja kémiai reakciók következtében megy végbe, nem pedig azért, hogy oldódás következik be, majd vegyületek válnak ki az oldatból.

*

Finomra őrlt termékek szállítására az utóbbi 20 évben az NSZK-ban előszeretettel használják a szállítóesatornát. Egyaránt alkalmas cement és nyersliszt szállítására is. Előnye, hogy csekély súlyú, könnyen elhelyezhető, tiszta és üzemi szempontból megbízható.

Az angol bányák és kőbányák főfelügyelőjének az 1968. évről vonatkozó jelentéséből kitűnik, hogy a bányák foglalkoztatása 1957. évhez viszonyítva kissé visszaesett. A bányák korszerűsítése és gépesítése az utóbbi két évtizedben nagymértékben fejlődött. Utolsó évben az automatizálás területe bővült. A bányavagyon feltárásához geofizikai eljárásokat alkalmaznak.

*

Nagyszámú mérési eredmény kiértékelése az NSZK-ban azt mutatta, hogy a ciklonok nyomásvesztése a poradagolással először eszikken, majd nagyobb porkoncentrációnál ismét nő. A eszikkenés a porvisszavezetés által lefékezett örvényáramlás következménye. Nagyobb pormennyiségnél azonban a részecskék sűrűsödési, ütközési és gyorsulási vesztesége lép előtérbe, így a nyomásvesztés ismét nő. A porterhelés-, nyomásvesztés-diagramon a minimum 1000—2000 g/m³-nél mutatkozik. A hasonlósági elméletet alkalmazva, az ellenállási tényező b/D-d dimenzió nélküli geometriai paraméterrel fejezhető ki.

*

Az NSZK-ban az üzemileg gyengén, közepesen és erősen égetett mészkő struktúráját vizsgálták. Az újszerű elektronmikroszkópi vizsgálatokkal megállapították: az erősebben égetett mészkő kristályai és pórusai nagyobbak. A látszólagos porozitást gázdifúziós (O, N) és gázát-eresztési módszerrel állapították meg. A sűrűség és a hőfok növekedésével a fajlagos permeabilitás a látszólagos porozitásnak megfelelően eszikkent. A gázáteresztőképesség viszont a nagyobb sűrűségű mészkőnél volt nagyobb. A fajlagos felület — melyet Haul-Dömbgen szerint határoztak meg N-nel — a gyengén égetett mészkőnél sokkal nagyobbak adódott. A póruseloszlást higanyos poroziométerrel vizsgálták, max. 1000 atm. mellett. Növekvő égetési hőmérséklettel a póruseloszlási görbe a nagyobb pórusátmérők irányába tolódik el, továbbá a zárt pórusok aránya is nagyobb.

*

Angliában a cementmalmok szélesztályozói között több Escher-Wyss gyártmányú üzemközből állítható osztályozó működik. Meghatározták az osztályozási folyamat matematikai jellemzőit, a szemcsecloszlási görbék felvételének módjait. Több változatot javasolnak az osztályozóberendezés szelektivitásának értékelésére, a különböző módon megállapított határszemcsecloszlási függvényében, valamint a határszemcsecloszlási nagyság és az elválasztási hatékonyság meghatározását a fajlagos felület alapján. A szemcsecloszlási görbék felvételénél dr. Wieland-féle szemcsecsanalízist alkalmaztak.

*

Mészmárga + 3 %, ill. + 6 % kvarchomok együttes őrlése esetén a nyerslisztbe a homok nagyobb része a 63—200 μm-es frakcióban kerül. Ez kedvezőtlenül befolyásolja a klinkerégetésnél a reakciókat. Az NSZK-ban lefolytatott laboratóriumi vizsgálatokkal bebizonyították, hogy a klinker alit-tartalma annál nagyobb, minél finomabb a kvarchomok. Ezzel egyidejűleg a szabad mészkő is eszikken. A legjobb szilárdsági eredményeket a 32—63 μm-es homokfrakció adagolása esetén kapták. A klinkerásványok képződése szempontjából az a lényeges, hogy a kvarchomokszemcsék cca. 70 %-a a 63 μm alatt legyen. A mészmárga + 6 % homok őrlési energiaigénye együttes őrlésnél 19,0 kW/t, külön őrlésnél pedig 12,0 + 3,6 + 15,6 kW/t.

*

A gőzöléscsillag segítségével a gőzölés közvetlenül a présbe helyeződik át, ami mind a formázás, mind a gyors-száritás szempontjából igen előnyös. Ez a gőzölési módszer a kőagyagipar vertikálisan dolgozó formázógépeinél is előnyösen használható. Hübner-féle (NSZK) gőzöléscsillag segítségével a pihentető tornyokban az agyagsilókban az agyag ugyancsak egyenletes hőfokon tartható, akár napokon át. A kőagyagiparban a fő cél nem a képlékenység növelése, hanem a gyors-száritás kedvező előfeltételeinek biztosítása.

Az Angliában 1967-ben üzembehelyezett nagyteljesítményű (3000 lóerős motorral hajtott) cementmalmokról pótlólag közölték, hogy azok második kamráit a Heli-pebs Ltd. cég által kidolgozott új hengerlési eljárással előállított acélgolyókkal töltötték meg. Az egyik gyárban az ilyen malmok 4000 órát üzemeltek, de a szoban forgó golyók kopás jóformán alig volt észlelhető.

*

Az angol téglapár évenként több millió tonna tüzelőanyagot használ fel és mindig jelentős költségeket fordítanak a termikus hatások emelésére. Kísérleteiket Hoffman-kemencében és folyamatos üzemű alagút-kemencében végezték. Meghatározták a konvekcióval, sugárzással és vezetéssel fellépő veszteségeket és azok okait.

*

A melegfűtítés az NSZK téglapárában növeli a termelékenységet és javítja a gyártmányok minőségét. A jobb feltárolás, homogenizálódás, a megmunkálási idő rövidülése, a formázási energiaszükséglet és szárítási idő eszikkenése ma már általánosan ismert előnyei a melegfűtésnek. Ismereteseek azonban megmunkáló berendezések is, amelyek az agyagok meleg- vagy gőzfűtésénél alkalmazhatók. A gőzbevezetés legmegfelelőbb helyére vonatkozólag általános szabály nincs. A három gőzfajta közül a telített gőz minden esetben használható. A meleg, ill. gőzfűtítés a nagyon sovány agyagok kivételével minden agyagnál eredményesen alkalmazható.

*

Az NSZK-ban a vibrációs (rezgővályús) szállítástechnika az utóbbi években rohamos fejlődésen ment át. Csaknem minden iparág használja bunkerek ürítésére, folyamatos anyagfeladásra, adagolásra és kisebb távú szállításra. Tisztázták a folyamat tudományos alapelveit, megállapították a szállítást befolyásoló tényezőket.

*

Az NSZK-ban a mészüzemeknél a minőségi követelmények mellett lényeges szerepe van a racionalizált továbbfejlesztésnek, a fedőréteg és a használhatatlan meddőanyag gazdaságosabb eltávolítása érdekében. Az állandó minőség és a költségminimum elérésének feltétele a mészkőelőfordulás kellő megismerése. Ehhez nagy segítséget nyújtanak a geoelektromos mérések, melyek azonban nem teszik feleslegessé a sűrű hálózati kutatófúrásokat. A mészkőelőfordulás részletes ismeretében kell a különböző típusú baggerok, szkréperok és egyéb berendezések közül a mindenkorinak legmegfelelőbbet kiválasztani.

*

A cementkő, hidratációjának ellenőrzése ultrahanggal az NSZK-ban. A vizsgált cementekből készült próbatesteken áthaladó impulzusok sebessége 90 napos korrig erősen eltérő, majd egy közös értékhez közeledik. A sebességek kezdetben nőnek, ezután eszikkennek, majd 90 nap után ismét nőnek. Az ultrahangimpulzus áthaladási idejének meghatározására felállított képlettel kiszámított eredmények a mérési adatokkal jó összhangban vannak. Jelenleg még nincs egyértelmű összefüggés a cement hidratációs foka és az ultrahangimpulzus sebessége között. Ennek ellenére az eddigi eredmények igen biztatók.

*

Az USA-ban egyszerű vizsgálati módszert dolgoztak ki a nyers agyagok plaszticitásának számszerű kifejezésére. Az a plaszticitási együttható lényegében a zsugorodási víznek a plaszticitási vízhez való viszonyát fejezi ki. A zsugorodási víz a plaszticitási és a pórus víz különbségéből adódik. A plaszticitási víz a plasztikus és a száraz súlykülönbségének a száraz súlyra vonatkoztatott hányadosát jelenti. A vizsgálati eljárással néhány agyag, illetőleg az azokból formázott próbatestek fizikai sajátosságát határozták meg, így a plaszticitási vizet, a száraz porozitást, a száraz térfogati zsugorodást és a plaszticitási együtthatót. Az utóbbi a különféle nyersanyagok kvalitatív jellemzésére jól használható.

Két- és háromdimenziós vizes modellek és háromdimenziós levegő modellek használata a kamrás tégláégető kemencék áramlásviszonyainak vizsgálatára számos új részletet világít meg az áramlásviszonyokkal kapcsolatban. Ezek közül legfontosabb az a megállapítás, hogy az égetett áru berakása, sőt a kemence keresztmetszete is nagyobb mértékben befolyásolja az égésgázok áramlását, mint az számítások alapján várható lenne. Az áramlásszámítások bonyolultsága bizonytalanná teszi az ilyen számítások eredményét, állapították meg Angliában.

*

Közetelődfordulások geofizikai vizsgálata egyik külszíni fejtés feltárásához, a Montan-Elektra GmbH (NSZK) tektonométer-eljárásának alkalmazásával.

A külszíni fejtés feltárásával kapcsolatos gazdaságossági kérdések mérlegelésének előfeltételeit képezi az előfordulás nagyságának és helyzetének ismerete. A Montan-Elektra GmbH által kidolgozott tektonométer-eljárás, melyhez a cég a szükséges berendezést is gyártja, lehetőséget nyújt a tektonika és az előfordulással kapcsolatos adatok meghatározására. A berendezés lényegében egy hordozható, egyenáramú, ellenállásmérő készülék. Főleg tektonikus zavarok meghatározására alkalmas. A Wenner-féle egyenáramú ellenálláseljárás előnyösen kombinálható a tektonométerrel. A gyakorlati vizsgálatok bizonyítják az eljárás alkalmasságát.

*

Az Euratom részvételével a Krupp Universalbau cég új szerkezeti elvet fejlesztett ki az atomreaktorok feszítettbeton nyomótartályainak építésére. A szakértők szerint a korábbi módszer elérte teljesítőképességének felső határát az 5 m-es falvastagság túllépésével. Az új módszer lényege a többrétegű kialakítás, emellett a teljes falvastagság mindössze 3,6 m. Belül 50 cm vastag, igen nagy hőállóságú betonréteg készül, utána 20 cm-es keramikus szigetelőbeton, majd 40 cm-es kettősfalú acéltartály nagynyomású hűtővízrendszerrel, végül 250 cm feszítettbeton köpeny. A nyomótartály teljes átmérője 26 m, magassága 55 m.

*

Franciaországban a már 30 éve ismert epoxi-gyantákat az utóbbi években kezdték alkalmazni az építőiparban. Ezek igen jól beváltak az előregyártott elemek összekapcsolásához, mivel sokkal szilárdabb és gyorsabban kivitelezhető kötések eredményeznek, mint a cementtel megoldott kötések. A gyanták szilárdsága 72 óra után húzásban 600 kp/cm², hajlításban 1000—1500 kp/cm². Ismertek a további felhasználási lehetőségek: hídszerkezetekben az előregyártott elemek összeragasztására, a betonozás felújításához, lemezek és gerendák vastagításához, újabb vasalás ragasztása a betongerendákra stb.

*

A párizsi Építés- és Közmunkaügyi Kutató Intézetben a keramzitbetonok tulajdonságaival kapcsolatos vizsgálatok kiterjedtek mind a hőszigetelő, mind a vasbeton szerkezetek részére rendelt könnyűbetonokra. A szigetelőbetonok, 1200 kg/m³ térfogatsúllyal különböző fajtajú és mennyiségű adalékanyaggal, valamint a víz- és cementtartalommal többféle eljárás alapján kerülnek előállításra. A próbák célja megvizsgálni a beton szigetelőképességét, ellenállását nedvességgel, a vegyi anyagokkal, stb. szemben. A szilárdsági vizsgálatokat 2,5 × 1,5 × 0,15 m hasábokon végezték, amelyeket tengelyirányú és központon kívüli nyomásnak vetették alá.

Mauritánia kivételével minden fontosabb afrikai országnak többé-kevésbé fejlett cement- és építőanyagipara van. Mégis importra szorulnak, különösen cementből, mivel a népesség növekedése és az építkezések terjedése kohászati termékek hiányában általában cement és cementtermékek használatára kényszeríti őket. Az építkezéseken már nem használnak fát és egyéb növényi eredetű anyagokat, hanem betont és azbesztcementet.

*

Mivel az agyag, a kaolin vagy valamilyen kerámiái massa önthetősége igen szorosan összefügg folyósíthatóságukkal, és ez ismét viszkozitásukkal jellemezhető, meg van a lehetőség arra, hogy megfelelő mérés útján következtetni lehessen önthetőségükre. A viszkozitás mérése előtt elengedhetetlen az anyag kikészítéséhez szükséges víz és az optimális elektrolit-adalék meghatározása, állapították meg az NSZK-ban.

*

A KRUPP cég gépgyártási programja messzemenően figyelembe veszi a közetfeldolgozó gépekkel szemben támasztott újabb követelményeket. Fontos a gépek szabályozott etetése. A szokásos pófástörők a „D” rendszerű pófástörővel és a nagyteljesítményű, zömök szemcsealakú töretet előállító ütőtörővel egészülnek ki. A szokásos Symoris-rendszerű kúpstörőt a Gyradsc rendszerű finomtörő egészíti ki. Új igényt elégít ki a mozgó előtörőberendezés. A zömök szemcsealakú finomabb szemnagyságok termelését szolgálja a röpítőtörő és az egész finom anyag (homok) előállítását a pálásmalom. A hagyományos vibrátorrosták továbbfejlesztését képezik a rezonanciasziták.

*

Az NSZK-ban a zúzaléknál megkövetelt 80%-os zömök alakú szemcsetartalom biztosítása nehézségekké ütközik. A zömök alakú szemcsék hányadát fokozza a több aprítási fokozat alkalmazása, fokozatonként kisebb aprítási fokkal, a zárt aprítási folyamat, az aprító gép nagyobb fordulatszámja, a résnyílás-szűkítés és röpítőtörő alkalmazása. Új eljárást képez az ún. „Kubikátor” alkalmazása, melynél a központilag beépített forgótányérra elhelyezett ütközőtestek felé röpít oly erővel, mely a lemezes szemcsék zömökebb szemcsékké való továbbtörését idézi elő, míg a nagyobb szilárdságú, eredetileg is zömök szemcsék továbbaprításhoz nem elegendő.

*

Az ultrahang betonban való terjedési sebességének meghatározásához új, hordozható, tranzisztoros készüléktípust alkalmaznak Spanyolországban, amellyel az építkezéseken 2 méternél nem nagyobb átmérők lehallgatása oldható meg. A készülék frekvenciája 100 Hz, a jelfogók, illetőleg „szondák” rezonancia-frekvenciája 40 000 Hz. A készülék három mérési tartománya 250, 625, illetőleg 1000 s-ig terjed; az egyszerű mikroampermérő könnyű leolvasást biztosít. A készülék előnye: kis súlya és terjedelme, valamint függetlensége az elektromos hálózattól.

*

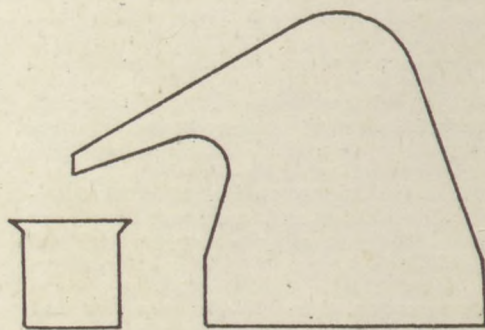
Betonadalékanyagok és különféle talajok nedvességtartalmának meghatározását szolgáló hordozható műszert hozott forgalomba a Riedel de Haan A. G. (NSZK) cég. A bemért anyag mennyisége 500 g. A különleges szerkezetű mérleg 0—25% nedvességtartalom közvetlen leolvasására szolgál. (K. J.)

DEL MONEGO spa

WITH TECHNOLOGIES

ROTARY KILNS
BURNERS
MULTIPLE HEARTH FURNACE
CYCLONS
POLYMERIZATION PLANTS
MERCURY
FERTILIZERS
SOLPHURIC ACID
SODA
HYDROCHLORIC ACID
GARBAGE INCINERATION
SEWAGE AND SLUDGE INCINERATION
REFINING PLANTS
GYPSUM
BRICKS PLANTS
NITROCELLULOSE
PENITRE
TANNING PLANTS
STEAM BOILER

FROM LABORATORY TESTS
TO PILOT PLANTS
TO INDUSTRIAL PLANTS



Felvilágosításért vegyi tervezés és kivitelezésre vonatkozólag forduljon

DEL MONEGO S.p.A.

20121 MILANO

Piazza della Repubblica 8,
Tel: 637.502 — 637.389 · Telex: 32574,
Táviraticím: Delmogaldaie

vagy képviselőtézhez:

ANTONIO MOLteni

20155 MILANO

Via Aosta 13 — ITALIA