

# ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIIPARI  
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
FOLYÓIRATA*

6

XXI. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1969. JÚNIUS

## A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

A mész- és cementipar,  
az üvegipar-, 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-  
laskám egyéni 61,252; közületi  
61,066 vagy átutalás az MNB 8.  
sz. folyószámlájára.

69., 6. 9063 Révai Nyomda,  
Budapest V., Vadász utca 16.  
F. v.: Póváry Jenő

Index: 25,250

## TARTALOMJEGYZÉK

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Albert János—Mátrai József: Téglagyagok égetésénél végbemenő folyamatok .....                                                      | 201 |
| Knapp Oszkár: Összefüggés a szilikátüvegek dielektromos veszteségi tényezője, törésmutatója és sűrűsége között .....               | 214 |
| N. F. Fjodorov: Portlandcement és egyéb kötőanyagok szintetikus analógjai .....                                                    | 217 |
| Egyesületi élet .....                                                                                                              | 221 |
| Gróf Ferenc: Cementszuspenziók zavart kötésének vizsgálata .....                                                                   | 222 |
| P. Balta—M. Biala: Kén-, szelén- és tellurszennyeződések hatása a V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> alapú üvegek tulajdonságaira ..... | 230 |
| A világ szilikátiparából .....                                                                                                     | 233 |
| Csáki Ida: Téglagyagok szemcseösszetétel-meghatározási módszereinek összehasonlítása .....                                         | 234 |
| Az V. Nemzetközi Cementkémiai Szimpozion, Tokió, 1968 .....                                                                        | 238 |

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| К. Алберт—И. Матраи: Процессы, происходящие при обжиге кирпичных глин .....                                                    | 201 |
| О. Кнапп: Зависимость между коэффициентом диэлектрических потерь, показателем преломления и плотностью силикатных стекол ..... | 214 |
| Н. Ф. Федоров: Синтетические аналоги портландцемента и других вяжущих материалов .....                                         | 217 |
| Ф. Гроф: Изучение твердения цементных суспензий в условиях механических помех .....                                            | 222 |
| П. Балта—М. Биала: Влияние примесей серы, селена и теллура на свойства стекол на основе V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....    | 230 |
| И. Чаки: Сравнение различных методов определения гранулометрического состава кирпичных глин .....                              | 234 |

## INHALT

|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Albert, János—Mátrai, József: Die beim Ausbrennen von Ziegeltonen verlaufenden Prozesse .....                                                                         | 201 |
| Knapp, Oszkár: Zusammenhang des Dielektrizitätsverlustfaktors, des Brechungsindex und der Dichte bei Silikatgläsern .....                                             | 214 |
| Fjodorow, N. F.: Synthetische Analoga des Portlandzements und anderer Bindemittel .....                                                                               | 217 |
| Gróf, Ferenc: Die Untersuchung des gestörten Abbindens von Zement-suspensionen .....                                                                                  | 222 |
| Balta, P.—Biala, M.: Die Einwirkung von Schwefel-, Selen- und Tellurverunreinigungen auf die Eigenschaften von Gläsern mit V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Basis ..... | 230 |
| Csáki, Ida: Vergleich der Bestimmungsverfahren für Korngröße bei Ziegeltonen .....                                                                                    | 234 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Albert, János—Mátrai, József: Processes During the Firing of Brick Cleys .....                                                                            | 201 |
| Knapp, Oszkár: Connexion between the Dielectric Loss, the Refractive Index and the Density of Silicate Glasses .....                                      | 214 |
| Fedorov, N. F.: Synthetic Analogues of Portland and Similar Cements .....                                                                                 | 217 |
| Gróf, Ferenc: Disturbed Setting of Cement Suspensions .....                                                                                               | 222 |
| Balta, P.—Biala, M.: The Effect of Sulfur-, Selenium- and Tellurium-Contaminations on the Properties of V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -base Glasses ..... | 230 |
| Csáki, Ida: Comparison of Methods Used for Particle Size Distribution Determination of Brick Clays .....                                                  | 234 |

# Téglaagyagok égetésénél végbemenő folyamatok\*

ALBERT JÁNOS — MÁTRAJÓZSEF  
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet

A téglagyagok a különböző technológiai eljárásokkal nagy választékban előállított durvakerámiai építőelemek nyersanyagai. A gyártmányoknak alkalmazási területüktől függően egymástól különböző követelményeket kell kielégíteniük; ezeknek megfelelően választjuk meg a gyártásukhoz felhasznált agyag minőségét.

A kerámiai építőelemek műszaki jellemzői az égetésük folyamán lejátszódó fizikai és kémiai folyamatok során alakulnak ki. A kiégetett termék anyagtulajdonságait, illetve műszaki jellemzőit döntő módon befolyásolja az égetési folyamat alatt képződő reakciótermékek minősége és mennyisége.

Az égetési folyamatok vizsgálatával foglalkozó tanulmányunk két részre tagozódik. Az első rész a téglagyagok ásványi felépítésében részt vevő alkatrészeinek termikus hatásokra képződő reakciótermékeit, illetve a reakciótermékek képződési feltételeit ismerteti. A második rész négy jellegzetes hazai téglagyag kémiai, ásványi és szemcseösszetételének, kerámiai és technológiai jellemzőinek és a kiégetett termék ásványi összetételének vizsgálati eredményeit foglalja össze.

## I.

### A téglagyagok alkatrészeinek hőhatásra képződő reakciótermékei

A téglagyagok az 1400°-nál — túlnyomórészt 1250°-nál — alacsonyabb olvadáspontú mészszegegy és márgás, agyagásványokban dús és szegény (30%-nál több és 30%-nál kevesebb agyagásványtartalmú), színesre égő, finom szemcséjű üledékes kőzetek csoportjába tartoznak.

A téglagyagok égetésénél mélyreható átalakulások mennek végbe. Hőelnyelő és hőtermelő folyamatok, térfogat, pórustérfogat és súlyváltozások

közben az agyag alkatrészei allotróp változásokon mennek keresztül, szétesnek, egymással reakcióba lépnek, új kristályok, olvadékok és oldatok képződnek. A fizikai és kémiai átalakulások mértéke az agyag kémiai és ásványi összetételétől, szerkezetétől, a felfűtés sebességétől, az égetés hőmérsékletétől, időtartamától és atmoszférájától, továbbá a lehűtés sebességétől függ. Az átalakulások következtében az agyag eredeti sajátságait, képlékenységet és formázhatóságát elveszti, légköri, valamint kémiai és mechanikai hatásokkal szemben ellenálló, kristályos és amorf, illetve üveges fázisú alkatrészekből felépített kerámiai anyaggá válik. A téglagyagok jellegzetes sajátossága, hogy kerámiai anyaggá válásuk hőmérséklete 900–1100°, a legalacsonyabb a kerámiai termékek között.

A kiégetett terméket felépítő alkatrészek, illetve vegyületek túlnyomó részben szilárd állapotban végbemenő reakciók során képződnek. Ezeknél a folyamatoknál a szilárd testek részecskéi, atomok és ionok, folyékony vagy gáznemű fázis közvetítése nélkül felületi-, szemcsehatár- vagy rácsdiffúzió útján lépnek egymással reakcióba, új szilárd fázisú vegyületeket alkotva. A felületi- és szemcsehatárdiffúzióknál a részecskék a szilárd test külső felületén, illetve a szemcsehatárok mentén vándorolnak, rácsdiffúzióknál a részecskék vándorlása a kristályrácsban belül a rács hibákon vagy a rács hiányhelyein keresztül megy végbe.

Az égetés folyamán a hőmérséklet fokozatos emelkedésével megnövekszik a rács hibáinak és hiányhelyeinek száma és a részecskék mozgékony-sága, illetve diffúziója egyre intenzívebbé válik. A szilárd fázisú reakciók megindulását a reakcióba lépő ionok vagy atomcsoportok aktiválódása, reakció készségének, Hedvall-effektusának fokozódása vezeti be. A reakcióknak két típusát különböztetjük meg: a részecskék belső átrendeződésén és a

\* Az ÉVM. Műsz. Fejl. Főoszt. megbízásából elvégzett kutatás.

részecskék külső kölcsönhatásán alapuló reakciókat. A reakciók hajtóereje mindkét esetben diffúzió. Az ionoknak, illetve atomcsoportoknak el kell hagyniuk eredeti helyüket, és új pozícióba kell jutniuk [1].

A szilárd fázisú reakciók jellegzetessége, hogy csak huzamosabb idő után jutnak egyensúlyi állapotba; egyes esetekben az egyensúlyi állapot gyakorlatilag meg sem valósítható [2].

Téglaagyagok szilárd fázisú reakcióinak kezdeti hőmérséklete általában 450—500°. A kristályos fázisú reakciótermékek mellett üveges fázisú olvadékok vagy olvadék által oldott anyagok többnyire 750° felett jelentkeznek. Mennyiségük rendszerint a hőmérséklettel, illetve a hőkezelés időtartamával számottevő mértékben megnövekszik. Az olvadék, illetve üveges fázis jelenléte a reakciósebességet megnöveli, a reakció jellegét megváltoztatja, a reakció nem tisztán szilárd fázisú reakcióvá válik [3].

A téglagyagokból égetett kerámiai anyagok felépítésében résztvevő kristályos és üveges fázisú alkatrészek képződési folyamatait az utolsó évtizedekben végzett vizsgálatok adatai alapján a következőkben foglaljuk össze.

*Alumínium-szilikátok* [4].

*Mullit*  $Al_2Si_2O_7$ ;  $3 Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$

*Szillimanit*  $Al_2SiO_5$ ;  $Al_2O_3 \cdot SiO_2$

*Metakaolinit*  $Al_2Si_2O_7$ ;  $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$

Az  $Al_2O_3$ — $SiO_2$ -rendszerbe tartozó vegyületek közül a kiégetett agyag reakciótermékeiben első sorban az 1810°-on inkongruensen, újabb vizsgálatok szerint kongruensen olvadó mullitnak van jelentősége. A szilícium-dioxid és alumínium-oxid olvadékának megdermedésekor is csak a mullit az egyedüli kristályos fázis a tiszta komponenseken kívül.

A mullit az agyagásványokból, első sorban a kaolinitből  $Al_2(OH)_4Si_2O_5$ ;  $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$  képződik 1000°-ot meghaladó hőmérsékleten. Átmenetileg a kaolinit aktiválódik, metakaolinitté, ill. szillimanittá alakul át. A mullit összetétele nem állandó, újabb megállapítások szerint  $Al_4SiO_8$ ;  $2 Al_2O_3 \cdot SiO_2$  összetételű is lehet.

Mullit képződhet a montmorillonitból

$Al_2(OH)_2Si_4O_{10} \cdot nH_2O$ ;  $Al_2O_3 \cdot 4 SiO_2 \cdot nH_2O$ , ezenkívül az illit csoport ásványaiából

$(K, H_2O)Al_2(OH)_2Si_3AlO_{10}$ ,

$(K, H_2O)Mg_3(OH)_2Si_3AlO_{10}$

is. Képződését a klorit-csoport ásványaiából,

$Mg_3(OH)_6$ ,  $Mg_2(OH)_2Si_4O_{10}$

ez ideig nem mutatták ki.

*Szilícium-dioxidok*

$\beta$ - és  $\alpha$ -kvarc  $SiO_2$

$\gamma$ -,  $\beta$ - és  $\alpha$ -tridimit  $SiO_2$

$\beta$ - és  $\alpha$ -krisztobalit  $SiO_2$

Opál  $SiO_2 \cdot nH_2O$

Kvarcüveg, lechâtelierit  $SiO_2$

A szilícium-dioxid módosulatok közül a kiégetett agyag ásványi felépítésében túlnyomórészt a  $\beta$ -kvarc, kis részben a  $\beta$ -krisztobalit,  $\gamma$ -tridimit és a kvarcüveg vesz részt. Ezek részben a nyersagyagban levő szilícium-dioxid eredeti, vagy a hevítés folyamán átalakult módosulataiból állanak, részben az agyag ásványi alkatrészeinek égetésénél végbemenő reakciói, illetve bomlási folyamatai során képződnek.

A  $SiO_2$  módosulatok jellemző sajátossága, hogy termikus hatások következtében enantiotróp és pseudomonotróp átalakulásokra hajlamosak, és hogy az átalakulások folyamán számottevő mértékben, sokszor ugrásszerűen megváltoznak anyagi jellemzőik: kristályformájuk, aktivitásuk, fajsúlyuk, fajlagos térfogatuk, hőtágulási együtthatójuk stb. [5]. Enantiotróp folyamatok a közönséges hőmérsékleten stabilis  $\beta$ -kvarc,  $\gamma$ -tridimit és  $\beta$ -krisztobalit átalakulásai. A  $\beta$ -kvarc 575°-on  $\alpha$ -kvarccá, a  $\gamma$ -tridimit 117°, illetve 163°-on  $\beta$ -, illetve  $\alpha$ -tridimitté, a  $\beta$ -krisztobalit 230—270°-on  $\alpha$ -krisztobalittá alakul át. Pseudomonotrop folyamat a kvarc átalakulása tridimitté, krisztobalittá és kvarcüveggé. Az átalakulások az esetben valósíthatók meg, ha a hevítési hőmérséklet meghaladja az egyes módosulatok stabilitásának hőfokhatárait [6]. A termikus hatásokra képződő módosulatok metastabilis állapotban a stabilitás-határokon kívül eső hőmérsékleten is megmaradhatnak, és megfelelő körülmények között véges időn belül nem változnak. A  $\beta$ -kvarc stabilitásának határa 575°; ezen túl az 575 és 870° hőmérséklet határok között stabilis  $\alpha$ -kvarccá, 870° felett  $\alpha$ -tridimitté alakul; metastabilis állapotban azonban az 1600°-on bekövetkező olvadásiáig megmaradhat. A 870 és 1470° között stabilis  $\alpha$ -tridimit 1470° felett  $\alpha$ -krisztobalittá válik; metastabilis állapotban a tridimit is megtartható olvadáspontjáig, 1670°-ig. Az  $\alpha$ -krisztobalit 1470°-tól kezdve stabilis 1710°-ban megállapított olvadáspontjáig. 1710° felett csak a kvarcüveg stabilis; olvadáspontja alá hűtve a kvarcüveg is megtarthatja amorf formáját.

Az átalakulási folyamatok a valóságban eltérnek az előzőkben közöltektől. A kvarc 870°-on nem alakul át közvetlenül tridimitté; az Ostwald-lépcsőszabálynak megfelelően a kvarcból először a kisebb stabilitású kvarcüveg és utána krisztobalit képződik, és ez csak 1400°-on változik át tridimitté. A kvarc átalakulási folyamatait elősegítik a katalizátorokként ható vas-, kalcium- és magnéziumvegyületek.

*Földalkáli-oxidok*

*Kalcium-oxid*  $CaO$

*Magnézium-oxid, periklász*  $MgO$

A kalcium-oxid és a magnézium-oxid a kalcit  $CaCO_3$  és a dolomit  $CaMg(CO_3)_2$  bomlása folyamán  $CO_2$  fejlődése közben képződik a téglagyagok égetésénél. A magnézium-oxid más ásványoknak, többek között a montmorillonit- és a klorit-ásványok hőokozta reakcióterméke is lehet.

A két karbonát bomlása lépcsőzetesen, különböző hőmérsékleten megy végbe [7]. A  $CaCO_3$  bomlási hőfoka 890°, a  $MgCO_3$ -é 580°. A disszociáció

azonban alacsonyabb hőmérsékleten is megindulhat, és pedig a  $\text{CaCO}_3$ -é  $580^\circ$ -tól, a  $\text{MgCO}_3$ -é  $400^\circ$ -tól kezdődően, amennyiben a környezetben levő  $\text{CO}_2$  parciális nyomása nem haladja meg a karbonátoknak az adott hőmérséklethez tartozó disszociációs nyomását.

A montmorillonit csoportba tartozó agyagásványok bomlása folytán képződő  $\text{MgO}$  periklász formájában jelentkezik  $1050$ – $1100^\circ$ -ot meghaladó hőmérsékleten [8].

A két oxid az agyag alkotórészeivel, a szilícium-dioxiddal, vas- és alumínium-oxiddal különböző összetételű vegyületeket létesít.

A kalcium-oxid le nem kötött, szabad állapotában a kiégett agyag káros alkotórészeként jelentkezik, mert hidratációja következtében mállási jelenségek előidézője lehet. Ezzel szemben a magnézium-oxidnak nincs káros hatása, mert a téглаégetés hőmérsékletén kiégett termékben alig vagy nem hidratálódó formában van jelen.

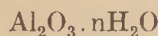
#### Alumínium-oxidok

$\gamma$ -alumínium-oxid  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

$\alpha$ -alumínium-oxid, korund  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$

Az alumínium-oxid a téглаipari termékekben általában korund formában jelentkezik, és alumínium-oxid-hidrátokból, továbbá az agyagásványokból képződik [4, 9].

Az alumínium-oxid-hidrátok a kristályos fázisú hidrargillit (gibbsit), bayerit és nordstrandit,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , valamint a diaszpor  $\alpha\text{-AlOOH}$  és böhmít  $\gamma\text{-AlOOH}$ , továbbá az amorf fázisú hidrát



módosulatokban viszonylag kis mennyiséggel vesznek részt az agyagok ásványi felépítésében. Termikus hatásokra a hidrargillit, bayerit, nordstrandit és az amorf hidrát  $150^\circ$ -on vizet veszítve böhmitté alakul. A böhmítből a további vízvesztés során  $400^\circ$ -ot meghaladó hőmérsékleten  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  képződik. A  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -ot nagy aktivitás, illetve reakciókészség jellemzi. A  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$   $800$ – $1000^\circ$ -on  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -dá alakul át. A diaszporból  $450^\circ$  felett a vízvesztés után közvetlenül  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  képződik.

Az agyagásványok közül a kaolin és az illit hőhatásokra képződő reakciótermékeiben mutatható ki az  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . A közbenső reakciótermékként jelentkező  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  képződési hőmérséklete  $700$ – $750^\circ$ .

#### Vas-oxidok

$\gamma$ -vas(III)-oxid, maghemit  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$

$\alpha$ -vas(III)-oxid, hematit  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$

Vas(III)-vas(II)-oxid, magnetit  $\text{Fe}_2^{3+}\text{Fe}^{2+}\text{O}_4$

Vas(II)-oxid  $\text{FeO}$

A vas-oxidok a téглаagyagok ásványi összetételének lényeges részét képező vas-oxid-hidrátoknak, a limonitnak  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , a goethitnek vagy túsvasércnek  $\alpha\text{-FeOOH}$ , a lepidokrokritnak vagy vascsillámnak  $\gamma\text{-FeOOH}$  és a vas-oxid-hidrát-gélnek termikus bomlása során képződnek.

A goethit és a limonit a hevítésnél lépcsőzetesen elveszti hidratvizét, átmenetileg nagy aktivitású közbenső fázisok keletkeznek, majd  $350$ – $400^\circ$ -on a

kristályrács szétesik és  $450^\circ$ -on megindul a hematit képződése. A lepidokrokrit kristályrácsa a hidratvíz elvesztése után már  $300^\circ$ -on szétesik, és  $350^\circ$ -on maghemit képződik; a hőmérséklet emelkedésével a maghemit  $450^\circ$ -on hematittá alakul át.

A hematit vagy  $\alpha$ -vas(III)-oxid  $1200^\circ$  felett disszociál és magnetitté, vas(III)-vas(II)-oxiddá, majd ezt követőleg vas(II)-oxiddá redukálódik [10]. A redukció szénmonoxid vagy hidrogén atmoszférában már  $700^\circ$ -on megindul.

A vasoxidoknak lényeges befolyása van a kiégett anyag színére. Oxidációs atmoszférában az égetési szín az agyagban levő  $\text{CaO}$  és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  arányától függ [11]. Ha a  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaO}$  arányszám értéke  $0,6$ -nál kisebb, az agyag  $950$ – $1000^\circ$ -on sárga színűre ég ki;  $0,8$ -nál nagyobb értékszám esetében a piros-vörösbarna szín jut érvényre. Redukciós atmoszférában a vas(III)-oxid redukciója következtében keletkező vas(II)-oxid mennyiségétől függően az égetési szín szürkévé, barnás szürkévé és barnás feketévé válik.

#### Földalkáli-szilikátok

Dikalcium-szilikát  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ;  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

Monokalcium-szilikát, wollastonit  $\text{CaSiO}_3$ ;

$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

Trialkalcium-diszilikát  $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ ;  $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$

Trialkalcium-szilikát  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ;  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

Magnézium-ortószilikát, forsterit  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ;

$2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$

Magnézium-metaszilikát, ensztatit  $\text{MgSiO}_3$ ;

$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$

Merwinit  $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$ ;  $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$

Åkermanit  $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ ;  $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$

Monticellit  $\text{CaMgSiO}_4$ ;  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$

Diopszid  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ;  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$

A  $\text{CaO}$ – $\text{SiO}_2$  rendszerbe tartozó négy kristályos fázisú vegyület egyaránt magas olvadáspontú; olvadáspontjuk  $1475$  és  $2130^\circ$  közé esik. Részben inkongruensen olvadnak, allotróp változataik vannak és  $\text{CaO}$ -dal, valamint  $\text{SiO}_2$ -dal  $1400^\circ$ -nál magasabban olvadó eutektikumokat alkotnak. A szilikátok a  $\text{CaO}$  és  $\text{SiO}_2$  keverékéből  $1100$ – $1200^\circ$ -os hőkezeléssel állíthatók elő [12]. A szilárd fázisban végbemenő reakció folyamán az alkotórészek keverési arányától függetlenül  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  képződik primer terméként, a  $\text{CaO}$ -nak a  $\text{SiO}_2$ -nál nagyobb diffúziósebessége következtében. Hosszabb ideig tartó hevítésnél, ha az  $\text{SiO}_2$  van feleslegben, a végtermék túlnyomó részben  $\text{CaSiO}_3$ -ból áll; ha viszont a  $\text{CaO}$  van feleslegben, főképpen  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ -ból álló végtermék képződik.

A márgás téглаagyagok égetésénél a szilikátképződés már  $500$ – $600^\circ$ -on megindul. A szilikátok minőségére és mennyiségére azonban általános érvényű megállapítások nincsenek; a reakciótermék  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$  és  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  különböző arányú keverékéből állhat [13].

A  $\text{MgO}$ – $\text{SiO}_2$  rendszerbe tartozó két kristályos vegyület közül a forsterit  $1880^\circ$ -on kongruensen olvad; a három allotróp módosulattal rendelkező ensztatit  $1560^\circ$ -on inkongruensen olvad. A  $\text{MgO}$  és  $\text{SiO}_2$  keverékének szilárd fázisú reakciója  $1100^\circ$ -on,

vízgőz jelenlétében 1000°-on indul meg, és primer terméként forsterit képződik, ami 1 : 1 molarányú keverék esetében huzamosabb hevítés után enzstatitá alakul át [14].

A téglagyagok égetési reakciótermékeiben előforduló enzstatit nem a dolomit és kvarc reakciója folytán képződik, hanem a montmorillonit, illit és klorit csoportokba tartozó agyagásványok bomlás-termékeiből [8, 9, 15].

A  $\text{CaO—MgO—SiO}_2$  rendszerbe tartozó négy felsorolt kristályos fázisú vegyület 1400—1600° olvadáspontú és egymással elegykristályokat képez. A három komponens keverékének 1000°-on meginduló szilárd fázisú reakciói nem teljesen tisztáztak [16]. Az eddigi vizsgálatok szerint primer terméként a keverék összetételétől függetlenül dikalcium-szilikát képződik kevés merwinit kíséretében, ez utóbbi azonban huzamosabb hevítés után dikalcium-szilikát és periklász keletkezése közben megbomlik. Egyes esetekben az ákermanit és a diopszid képződését is megállapították, a monticellit képződését azonban nem.

#### Földalkáli-aluminátok

$\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ ;  $12 \text{ CaO} \cdot 7 \text{ Al}_2\text{O}_3$

Monokalcium-aluminát  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ;  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Trikalcium-aluminát  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ;  $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Magnézium-aluminát, magnézium-spinell

$\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ;  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

A  $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3$  rendszerbe tartozó vegyületek közül a durvakerámiában az 1555°-on kongruensen olvadó  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ -nak, az 1600°-on kongruensen olvadó monokalcium-aluminátnak és az 1585°-on inkongruensen olvadó trikalcium-aluminátnak van jelentősége. A komponensek keverékének 1000—1100°-on végbemenő reakciója során a két első kristályos fázisú vegyület képződését állapították meg [17].

A  $\text{MgO—Al}_2\text{O}_3$  rendszernek csak egy kristályos fázisú vegyülete van, a 2125°-on kongruensen olvadó magnézium-spinell [18]. A két komponens keverékének szilárd fázisú reakciója 1000—1100 fokon megy végbe. Lényegesen alacsonyabb hőfokon, 850—900°-on képződik a magnézium-spinell, a montmorillonit, illit és klorit agyagásványok kristályrácsának szétesése folyamán [8, 9, 15].

A  $\text{CaO, MgO és Al}_2\text{O}_3$  háromösszetevős vegyületeket nem alkot.

#### Földalkáli-alumínium-szilikátok

Gehlenit  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ ;  $2 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$

Anortit  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ;  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ SiO}_2$

A  $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3\text{—SiO}_2$  rendszerbe tartozó kristályos szilikátok közül a kiégetett téglagyagok ásványi felépítésében csak az 1590°-on kongruensen olvadó gehlenitnek és az ugyancsak kongruensen, 1550°-on olvadó anortitnak van jelentősége.

A két szilikát a  $\text{CaO, Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  komponensek keverékéből 1000—1100°-os hőkezeléssel állítható elő. A szilárd fázisban lejátszódó reakció három szakaszra bontható [17].

A reakció első szakaszában  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ ,  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  és  $\text{CaSiO}_3$  képződik. A második szakaszban a  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$  a  $\text{SiO}_2$ -dal, a  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  a  $\text{CaSiO}_3$ -tal,

a  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -dal lép reakcióba és  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$  képződik. Végül a reakció harmadik szakaszában a  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$  a feleslegben levő  $\text{SiO}_2$ -dal, illetve  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -dal  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ -tá alakul át.

A téglagyagok égetésénél a  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$  és  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  többnyire a földalkáli-karbonátok és az agyagásványok szilárd fázisú reakciói folyamán képződnek. A reakciók tanulmányozásával több kutató foglalkozott [19, 20]. A kísérletek során a kalcit, továbbá dolomit és a kaolinit, illit, valamint montmorillonit csoportba tartozó agyagásványok különböző arányú keverékeinek 900—1100° és magasabb hőmérsékleteken képződő reakciótermékeit határozták meg a hőkezelés időtartamától függően.

A kalcit és kaolinit, illetve kalcit és illit 3 : 1 arányú keverékéből 900—1000°-on  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{SiO}_7$  képződött. 1100°-on ezekhez  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$  is járult. 1300°-on a  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$  és a  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$  eltűnt, de ugyanakkor új fázisként  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  jelentkezett.  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  nem volt kimutatható a reakciótermékek között. Az új képződmények viszonylagos mennyisége az agyagásványok minőségétől függően változik. 1100°-tól kezdődően pl. a kaolinites keverékben lényegesen több  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$  képződik, mint az illites keverékben, ebben viszont a  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  képződik nagyobb mennyiségben.

A kalcit és kaolinit, illetve illit 1 : 3 arányú keverékében a 900—1000°-os hevítés során  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  és  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$  képződik. A hőkezelés időtartamának, illetve hőmérsékletének növelésekor ezek mellett megjelenik a  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  és mennyisége a  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$  rovására egyre fokozódik.

Még intenzívebb  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  képződés észlelhető a kalcit és a montmorillonit 1 : 4 arányú keverékének hevítése folyamán; az 1000°-ot meghaladó hőmérsékleten képződő reakciótermékek túlnyomó részben  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ -ból áll.

A dolomit és kaolinit keverékéből 1000°-ot meghaladó hőmérsékleten  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ , továbbá a  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$  és  $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$  elegykristályából álló melilit képződik. Utóbbi a hőmérséklet emelkedésével kalcium- és magnézium-aluminát és -szilikát képződése közben megbomlik.

#### Ferritek

Monokalcium-ferrit  $\text{CaFe}_2\text{O}_4$ ;  $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Dikalcium-ferrit  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ ;  $2 \text{ CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Magnézio-ferrit  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ;  $\text{MgO—Fe}_2\text{O}_3$

Kalcium-aluminát-ferrit, brownmillerit

$\text{Ca}_2\text{AlFeO}_5$ ;  $4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

A  $\text{CaO—Fe}_2\text{O}_3$  rendszerbe tartozó vegyületek közül a téglagyagok égetési reakciótermékeiben az 1216°-on olvadó monokalcium-ferrit és az 1436°-on olvadó dikalcium-ferrit fordul elő. A  $\text{CaO}$  és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  szilárd fázisban 450—500°-on lép egymással reakcióba [21]. Primer terméként monokalcium-ferrit képződik, és ez a hőmérséklet emelkedésével fokozatosan dikalcium-ferritá alakul át. Hidrogén- és szén-monoxid atmoszférában 500° felett a dikalcium-ferritben levő vas(III)-oxid fémvassá redukálódik. A részleges redukció folyamán keletkező vas(II)-oxid a kalcium-oxiddal kötésben marad.

A  $\text{MgO}$ -nak a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -dal csak egy kristályos fázisú vegyülete van, az 1750° olvadáspontú mag-

nézio-ferrit [22]. A két komponens szilárd fázisú reakciója 600°-on indul meg.

Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -dal csak redukciós atmoszférában lép reakcióba 800°-ot meghaladó hőmérsékleten, amikor is a két oxid elegykristályai mellett  $\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2\text{O}_4$  összetételű spinell, a hercynit képződik. Ez a vegyület a magnetitvel elegykristályokat képez [23].

A  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$  rendszerbe tartozó vegyületek közül az 1415°-on kongruensen olvadó tetra-kalcium-aluminát-ferritnek, a brownmilleritnek van jelentősége. Olyan dikalcium-ferritnek tekinthető, amelyben a vas(III)-oxidot fele részben alumínium-oxid helyettesíti [24].

A három összetevő keverékének 800—1100°-on végbemenő szilárd fázisú reakciójánál először dikalcium-ferrit és kalcium-aluminátok képződnek. Ezeknek kölcsönhatása folytán keletkezik a brownmillerit.

A brownmillerit a kalcium-aluminátokkal és a kalcium-ferritekkel egyaránt elegykristályokat képez.

*Vas-oxidoknak szilícium-dioxiddal képezett reakciótermékei*

*Vas-oxidoknak földalkáli-oxiddal, alumínium-oxiddal és szilícium-dioxiddal képezett reakciótermékei*

*Vas(II)-ortoszilikát, fayalit  $\text{Fe}^{2+}_2\text{SiO}_4$ ;*

$2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$

*Vas(II)-metaszilikát, klinoferroszilit  $\text{Fe}^{2+}\text{SiO}_3$ ;*

$\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$

*Andradit  $\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ;  $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$*

*Vasmonticellit  $\text{CaFe}^{2+}\text{SiO}_4$ ;  $\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$*

*Vasákermanit  $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{Si}_2\text{O}_7$ ;  $2\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot 2\text{SiO}_2$*

*Hederbergit  $\text{CaFe}^{2+}\text{Si}_2\text{O}_6$ ;  $\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot 2\text{SiO}_2$*

A  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a  $\text{SiO}_2$ -dal nem alkot vegyületet, csak szilárd oldatot, mely az  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  és kvarc keverékének hevítése folyamán képződik, a kvarc enantiotróp átalakulásának hőmérsékletén [25].

A  $\text{FeO}$ -nak a  $\text{SiO}_2$ -dal képezett vegyületei az 1205°-on kongruensen olvadó fayalit és a 950°-on fayalitra és krisztobálitra bomló klinoferroszilit. E vegyületekben a  $\text{FeO}$  nem tiszta állapotban van jelen, hanem a wüstitnek nevezett  $\text{Fe}$ ,  $\text{FeO}$  és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ból álló keverék alakjában. A vegyületek eszerint nem az  $\text{FeO}-\text{SiO}_2$ , hanem az  $\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  rendszerbe tartoznak. A fayalit a komponensek olvadáskából válik ki, de szilárd fázisú reakció útján is képződhet. A fayalit a krisztobalit-tal és a wüstittel egyaránt 1150° körül olvadó eutektikumokat alkot [26].

A  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  keverékéből termikus reakció útján nem képződnek a  $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  rendszerbe tartozó háromösszetevős vegyületek, mint azt régebben feltételezték, csak két összetevőből álló kalcium-szilikátok és kalcium-ferritek, melyekben tehát a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nem szilikát formában van jelen [27]. A  $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  rendszerbe tartozó szilikátot, az andraditot, mely egyes palás agyagokban kimutatható, ez ideig nem sikerült mesterségesen előállítani.

A  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  keverékéből előállított reakciótermékek jellemző sajátossága, hogy alacsony

olvadáspontú, kicsiny viszkozitású eutektikumokat alkotnak, és ezek nehezen tarthatók üveges fázisban, lehűlésük folyamán többnyire kristályoskává válnak. Ilyenek a  $\text{CaSiO}_3$  és  $\text{CaFe}_2\text{O}_4$ -ból képezett eutektikum, a  $\text{CaSiO}_3$ -ból és  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ -ból álló, 1185°-on olvadó, és a  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$ -ből álló, 1100°-on olvadó eutektikum. A márgás téglagyagok égetésénél minden valószínűség szerint ezek vagy ezekhez hasonló reakciótermékek képződnek.

A  $\text{CaO}-\text{FeO}-\text{SiO}_2$  rendszerbe tartozó vegyületek az 1208°-on kongruensen olvadó vasmonticellit, a 775°-on vasmonticellitre és wollastonitra széteső vasákermanit és a 965°-on wollastonitra és klinoferroszilitre bomló hedenbergit [28]. A vegyületek egyaránt előállíthatók a megfelelő összetételű keverékek szilárd fázisú reakciója útján.

A  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  és  $\text{SiO}_2$  keverékéből, olvadákból való kiválás és szilárd fázisú reakciók útján háromösszetevős vegyületek nem képződnek, csak forsteritből és fayalitból összetett olivin-elegykristályok [29].

A  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  keverékének szilárd fázisban lejátszódó reakciói során képződő vagy olvadákból kiváló kristályos fázisú reakciótermékek nem négyösszetevős, hanem csak két- és háromösszetevős vegyületek [30], melyek különböző összetételű, viszonylag alacsony olvadáspontú eutektikumokat alkotnak. A brownmillerit, dikalcium-szilikát és monokalcium-aluminát elegyrészekből álló eutektikum 1230°-on olvad.

Amennyiben a keverékhez ötödik alkotórészként a  $\text{MgO}$  is csatlakozik, ez a reakciótermékben részben periklász formájában jelentkezik, viszonylag kis részben a reakciótermékben előforduló biner és ternér vegyületekben, szilikátokban, aluminátokban és ferritekben a  $\text{CaO}$ -ot helyettesíti.

#### *Alkáli- és alkáli-földalkáli-szilikátok [31]*

A  $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  és  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  rendszernek több 770 és 1200° között olvadó kristályos fázisú vegyülete ismeretes. A szilikátok egy része elegykristályokat, és 800°-nál alacsonyabb olvadáspontú eutektikumokat képez.

A  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  és  $\text{SiO}_2$  háromösszetevős szilikátokat nem alkot.

A  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  és a  $\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  rendszerbe tartozó szilikátoknak is sokfajta változata van. Az elsősorban figyelembe jövő  $\text{SiO}_2$ -dús szilikátok olvadáspontja 950—1250°. Egy részük elegykristályokat alkot. Különböző összetételű eutektikumok olvadáspontja 700 és 950° hőmérséklet határára esik.

Az alkáli- és alkáli-földalkáli-szilikátok a téglagyagok égetésénél az alkáli- és földalkáli-karbonátoknak, továbbá az agyagásványok — különösen a hármás rétegű montmorillonit- és illit csoportba tartozó agyagásványok — bomlástermékeit képező alkáli-ionoknak finom eloszlású  $\text{SiO}_2$ -dal szilárd fázisban végbemenő reakciója során keletkeznek. Mennyiségük viszonylag csekély, többnyire csak primer termékként jelentkezik, és a kiégetett anyagban sok esetben ki sem mutathatók.

#### Alkáli-alumínium-szilikátok

Nátriumföldpát, albit  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ;

$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$

Nefelin, carnegieit  $\text{NaAlSiO}_4$ ;  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$

Jadeit  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ ;  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2$

Kaliumföldpát, ortoklász, adular, szanadin és

mikroclin  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ;  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$

Kaliofilit és kalszilit vagy kaliumnefelin  $\text{KAlSiO}_4$ ;

$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$

Leucit  $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ ;  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2$

A téglagyagokból égetett kerámiai termékek ásványi felépítésében igen nagy jelentősége van az alkáli-alumínium-szilikátoknak és az egymással, valamint a földalkáli-alumínium-szilikátokkal képezett izomorf és elegykristályaiknak, továbbá az alacsony olvadáspontú eutektikumaiuknak.

A  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ -rendszer fontosabb vegyületei [32] az  $1118^\circ$ -on, kongruensen olvadó albit, az  $1526^\circ$ -on ugyancsak kongruensen olvadó nefelin két módosulatban, továbbá a  $800^\circ$ -on bomló jadeit.

A  $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  rendszerbe tartoznak [33] az  $1170^\circ$ -on inkongruensen olvadó kalium-földpát négy módosulata, az  $1700^\circ$ -nál magasabb olvadáspontú kaliofilit és káiszilit, továbbá az  $1696^\circ$ -on olvadó leucit.

Az ortoklász az albittal alkotott elegykristályai a nátriumortoklászok. A nátriumortoklászt, ha szételegyedés következtében mikrokristályos albitlemezekkel van átszőve, pertitnek nevezzük. Az albitnak anortittal alkotott elegykristályai a plagioklászok; a plagiász-sor tagjai növekvő anortit-tartalmuk szerint felsorolva: oligoklász, andezin, labradorit és bytownit. Az ortoklász az anortittal csak korlátozott mértékben vagy nem alkot elegykristályokat.

Az ortoklász az albittal  $1070^\circ$ -on olvadó, a nefelinnel  $1098^\circ$ -on olvadó eutektikumot képez.

A földpátoknak és elegykristályaiknak jellegzetes tulajdonsága, hogy felhevítésüknél  $900^\circ$ -tól kezdődően nagy viszkozitású üveges fázisú anyagokká alakulnak. Az ortoklász üvegolvadékának viszkozitása lényegesen nagyobb, mint az anortitból képződő olvadéké. Kalcium-oxid az ortoklász olvadáspontját és olvadékának viszkozitását fel-tűnő mértékben csökkenti.

A kristályos fázisú alkáli-alumínium-szilikátok és földalkáli-alumínium-szilikátokkal képezett elegykristályaik kristályos része részt vesz a nyersanyag ásványi felépítésében. Az égetés folyamán a kristályos fázisok részben megmaradnak, részben átalakulnak, egyidejűleg azonban új kristályos fázisok képződnek [34]. Az ortoklász inkongruens olvadáspontján leucit válik ki. Leucit képződik korund és krisztobalit mellett a muszkovit huzamosabb ideig tartó hevítésénél  $950-1000^\circ$ -on [35]. A muszkovit és kalcit  $700-1000^\circ$ -on lejátszódó szilárd fázisú reakciójánál kalszilit vagy allotróp módosulata, a kaliofilit képződik dikalciumszilikát, gehlenit és anortit kíséretében [36]. Végül új fázisként  $900-1000^\circ$ -on a mikroclin is megjelenhet.

#### Alkáli-vas(III)-szilikátok

Akmit, egirin  $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ ;  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2$

$\text{Na}_5\text{Fe}^{3+}\text{Si}_4\text{O}_{12}$ ;  $5 \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2 \cdot 8 \text{O}_3\text{SiO}_2$

$\text{Na}_{12}\text{Fe}_8^{3+}\text{Si}_5\text{O}_{28}$ ;  $6 \text{Na}_2\text{O} \cdot 4 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{SiO}_2$

Vasortoklász  $\text{KFe}^{3+}\text{Si}_3\text{O}_8$ ;  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$

Vasleucit  $\text{KFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ ;  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2$

A  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  rendszer fontosabb kristályos fázisai a  $990^\circ$ -on inkongruensen olvadó akmit vagy egirin; olvadékából hematit kristályok válnak ki; a  $880^\circ$  olvadáspontú  $\text{Na}_5\text{Fe}^{3+}\text{Si}_4\text{O}_{12}$  és az ugyancsak alacsony, de pontosan meg nem határozott olvadáspontú  $\text{Na}_{12}\text{Fe}_8^{3+}\text{Si}_5\text{O}_{28}$  [37]. E szilikátok mindegyikében a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kis része  $\text{FeO}$  formában van jelen. A szilikátoknak alacsony olvadáspontú eutektikumai vannak. Az akmitnak  $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ -tel és  $\text{SiO}_2$ -dal alkotott eutektikuma  $760^\circ$ -on a hematittal és  $\text{Na}_5\text{Fe}^{3+}\text{Si}_4\text{O}_{12}$ -vel alkotott eutektikuma  $809^\circ$ -on olvad. Az  $\text{Na}_5\text{Fe}^{3+}\text{Si}_4\text{O}_{12}$  hematittal és  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ -dal képezett eutektikumának olvadáspontja  $815^\circ$ .

A  $\text{K}_2\text{O}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  rendszernek két fontos vegyülete: a  $930^\circ$ -on vasleucit kiválás mellett inkongruensen olvadó vasortoklász és az  $1065^\circ$ -on hematit kiválás mellett inkongruensen olvadó vasleucit [38]. A vasortoklász az ortoklásszal izomorf, azzal elegykristályokat alkot, lehűlés folyamán azonban a vas(III)-oxid a reakciótermékből kiválik.

#### Mészszegény és márgás agyagok alkatrészeinek égetési reakciótermékei [39, 40, 41, 42]

Az előzőekben vázolt vizsgálatok eredményeiből kitűnik, hogy a téglagyagok ásványi felépítésében részt vevő fontosabb alkatrészeknek, az agyagásványoknak, kvarcnak, alumínium- és vasoxid-hidrátnak, földpátoknak és földalkáli karbonátoknak hőhatásokra végbemenő reakciói során változatos, sok esetben bonyolult összetételű kristályos és üveges fázisú vegyületek keletkeznek.

Mészszegény agyagok esetében általában a következő reakciótermékek képződnek: kvarc, krisztobalit, hematit, ortoklász (mikroclin), leucit, ensztatit, spinell és mullit kristályos fázisok, továbbá különböző összetételű olvadékokból és oldatokból álló üveges fázisok.

Márgás agyagoknál az alábbi reakciótermékek képződhetnek: kvarc, krisztobalit, különböző összetételű kalcium-szilikátok és -aluminátok, kalcium- és kalcium-aluminát-ferritek, kalcium-magnézium-szilikátok elsősorban diopszid és esetleg merwinit, spinellek, ortoklász (mikroclin), leucit, gehlenit, anortit kristályos fázisok és különböző összetételű üveges fázisok.

## II.

### A kőszegi, mezőtúri, solymári és debreceni agyagok minőségi jellemzőinek és égetési folyamatának vizsgálata

#### Az agyagtelepülések jellemzése

A kőszegi agyagtelepülés az Alpok keleti hegyvonulatának határát képező Kőszegi-hegységhez csatlakozó terület miocénkorú beltengeréből leülepedett üledékes kőzeteknek agyagásványokban

Téglaagyagok kémiai és ásványi összetétele, kerámiai és technológiai jellemzői

| Sorszám                                                              | 1.                                                                             | 2.                                                                                   | 3.                                               | 4.                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Települési hely .....                                             | Kőszeg                                                                         | Mezőtúr                                                                              | Solymár                                          | Debrecen                                                                            |
| 2. Minőség .....                                                     | Agyagásvány<br>dús, mészsze-<br>gény agyag                                     | Agyagásvány<br>dús, égetésnél<br>duzzadó agyag                                       | Agyagásvány<br>dús, márgás<br>agyag              | Agyagásvány-<br>ban szegény,<br>márgás agyag                                        |
| 3. Kémiai (oxidos) összetétel, %                                     |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| Izz. veszt.....                                                      | 6,4                                                                            | 10,1                                                                                 | 13,8                                             | 7,5                                                                                 |
| SiO <sub>2</sub> .....                                               | 63,2                                                                           | 54,0                                                                                 | 46,7                                             | 67,8                                                                                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> .....              | 18,6                                                                           | 20,9                                                                                 | 17,6                                             | 12,3                                                                                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....                                 | 6,1                                                                            | 7,2                                                                                  | 5,7                                              | 4,3                                                                                 |
| CaO.....                                                             | 1,4                                                                            | 2,1                                                                                  | 8,7                                              | 4,4                                                                                 |
| MgO .....                                                            | 0,9                                                                            | 1,7                                                                                  | 2,8                                              | 0,6                                                                                 |
| K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O.....                             | 2,1                                                                            | 2,2                                                                                  | 2,1                                              | 2,2                                                                                 |
| Maradék .....                                                        | 1,3                                                                            | 1,8                                                                                  | 2,6                                              | 0,9                                                                                 |
| 4. Ásványi összetétel, %                                             |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| Kaolin .....                                                         | 5                                                                              | 7                                                                                    | 8                                                | 5                                                                                   |
| Montmorillonit .....                                                 | 7                                                                              | 22                                                                                   | 9                                                | 3                                                                                   |
| Illit .....                                                          | 24                                                                             | 21                                                                                   | 23                                               | 18                                                                                  |
| Klorit .....                                                         | 2                                                                              | 3                                                                                    | 5                                                | 2                                                                                   |
| Alumíniumoxidhidrát .....                                            | 5                                                                              | 3                                                                                    | 4                                                | 1                                                                                   |
| Kvarc .....                                                          | 30                                                                             | 27                                                                                   | 17                                               | 38                                                                                  |
| Földpát .....                                                        | 8                                                                              | 8                                                                                    | 5                                                | 13                                                                                  |
| Kalcit .....                                                         | —                                                                              | 2                                                                                    | 10                                               | 7                                                                                   |
| Dolomit .....                                                        | —                                                                              | —                                                                                    | 2                                                | 1                                                                                   |
| Amorf .....                                                          | 18                                                                             | 6                                                                                    | 16                                               | 12                                                                                  |
| Alunit .....                                                         | 1                                                                              | 1                                                                                    | 1                                                | —                                                                                   |
| 5. Szemcseösszetétel $\mu\text{m}$ , %                               |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| 200—40 .....                                                         | 12                                                                             | 2                                                                                    | 10                                               | 34                                                                                  |
| 40—25 .....                                                          | 6                                                                              | 5                                                                                    | 13                                               | 12                                                                                  |
| 25—10 .....                                                          | 20                                                                             | 8                                                                                    | 15                                               | 11                                                                                  |
| 10—5 .....                                                           | 8                                                                              | 15                                                                                   | 16                                               | 15                                                                                  |
| 5—1 .....                                                            | 17                                                                             | 18                                                                                   | 12                                               | 4                                                                                   |
| < 1 .....                                                            | 37                                                                             | 52                                                                                   | 34                                               | 24                                                                                  |
| 6. Iszapolási maradék > 200 $\mu\text{m}$ , %                        |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| Kvarc, színes és nem színes ásvá-<br>nyok .....                      | 0,7                                                                            | 0,1<br>limonitos konk.                                                               | 0,3<br>0,3                                       | 0,8<br>0,6                                                                          |
| Mészkeő, márga kavics, gipsz ....                                    | —                                                                              | —                                                                                    | —                                                | —                                                                                   |
| 7. A szemcsék fajlagos felülete,<br>cm <sup>3</sup> /g .....         | 5,6 · 10 <sup>3</sup>                                                          | 7,3 · 10 <sup>3</sup>                                                                | 4,7 · 10 <sup>3</sup>                            | 3,6 · 10 <sup>3</sup>                                                               |
| 8. Ioncsere kapacitás, mgekv/100 g                                   | 27                                                                             | 51                                                                                   | 22                                               | 11                                                                                  |
| 9. Atterberg képlékenységi szám...                                   | 23                                                                             | 39                                                                                   | 20                                               | 8,5                                                                                 |
| 10. Seger kúp olvadáspont, °C .....                                  | 1220                                                                           | 1160                                                                                 | 1200                                             | 1220                                                                                |
| 11. A kiformázott idomok kerámiai<br>és technológiai jellemzői ..... |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| a) megmunkálási víz, % .....                                         | 27                                                                             | 39                                                                                   | 26                                               | 22                                                                                  |
| b) lineáris zsugorodás, % .....                                      |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| kiszáritva .....                                                     | 7,7                                                                            | 9,2                                                                                  | 4,9                                              | 5,0                                                                                 |
| 850°-on kiégetve .....                                               | 7,7                                                                            | 9,6                                                                                  | 4,9                                              | 5,0                                                                                 |
| 950°-on kiégetve .....                                               | 8,9                                                                            | 11,0                                                                                 | 5,2                                              | 5,4                                                                                 |
| 1020°-on kiégetve .....                                              | 9,7                                                                            | 13,9                                                                                 | 5,2                                              | 5,9                                                                                 |
| 1150°-on kiégetve .....                                              | 10,6                                                                           | 16,0                                                                                 | 8,9                                              | 8,1                                                                                 |
| c) száradási érzékenység (Macey)                                     |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| A száradó test szélső rétegeinek<br>nedvességkülönbsége              |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| 48 ó után, % .....                                                   | 8,7                                                                            | 12,9                                                                                 | 2,1                                              | 5,9                                                                                 |
| d) fajsúly, p/ml .....                                               |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| kiszáritva .....                                                     | 2,55                                                                           | 2,58                                                                                 | 2,58                                             | 2,60                                                                                |
| 950°-on kiégetve .....                                               | 2,65                                                                           | 2,68                                                                                 | 2,67                                             | 2,66                                                                                |
| e) térfogati sűrűség, g/ml .....                                     |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| kiszáritva .....                                                     | 2,05                                                                           | 2,14                                                                                 | 1,90                                             | 1,90                                                                                |
| 950°-on kiégetve .....                                               | 1,78                                                                           | 2,05                                                                                 | 1,70                                             | 1,67                                                                                |
| f) látszólagos és valódi porozitás,<br>%                             |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| kiszáritva .....                                                     | — 19,6                                                                         | — 17,1                                                                               | — 28,0                                           | — 27,5                                                                              |
| 950°-on kiégetve .....                                               | 25,2 31,4                                                                      | 18,5 21,8                                                                            | 33,6 36,5                                        | 34,6 35,8                                                                           |
| 1020°-on kiégetve .....                                              | 21,0 —                                                                         | 16,0 —                                                                               | 31,8 —                                           | 31,2 —                                                                              |
| 1150°-on kiégetve .....                                              | 6,3 —                                                                          | 4,1 —                                                                                | 21,3 —                                           | 25,0 —                                                                              |
| g) vízfelvevő képesség, % .....                                      |                                                                                |                                                                                      |                                                  |                                                                                     |
| 950°-on kiégetve .....                                               | 14,1                                                                           | 9,0                                                                                  | 20,0                                             | 20,2                                                                                |
| 1020°-on kiégetve .....                                              | 9,8                                                                            | 7,8                                                                                  | 19,8                                             | 18,4                                                                                |
| 1150°-on kiégetve .....                                              | 5,2                                                                            | 1,5                                                                                  | 12,9                                             | 9,7                                                                                 |
| h) égetési érzékenység .....                                         | 600—700°-on re-<br>pedési hajla-<br>mosság,<br>980°-tól kezdve<br>deformálódás | 950°-on defor-<br>málódás, gyors<br>felhevítésnél<br>nagyfokú duzz-<br>adás 850°-tól | nem érzékeny,<br>a deformálódás<br>kezdeté 1050° | 600—700°-on re-<br>pedési hajla-<br>mosság, a de-<br>formálódás kez-<br>deté 1050°. |

| Sorszám                                                         | 1.                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2.                                                                                                               | 3.                                                                                                                                                                | 4.                            |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| l) szín                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                   |                               |
| kiszáritva .....                                                | szürkés sárga<br>piros                                                                                                                                                                                                                                                   | szürke<br>sötét piros                                                                                            | szürkés-kék<br>rózsaszín sárga<br>foltokkal<br>sárga                                                                                                              | kékes szürke<br>rózsaszín     |
| 950°-on kiégetve .....                                          | sötét piros                                                                                                                                                                                                                                                              | barnás vörös                                                                                                     |                                                                                                                                                                   | halvány piros                 |
| 1020°-on kiégetve .....                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                   |                               |
| k) hajlító szilárdság, kp/cm <sup>2</sup>                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                   |                               |
| kiszáritva .....                                                | 58                                                                                                                                                                                                                                                                       | 70                                                                                                               | 52                                                                                                                                                                | 44                            |
| 540°-on kiégetve .....                                          | 52                                                                                                                                                                                                                                                                       | 61                                                                                                               | 48                                                                                                                                                                | 42                            |
| 750°-on kiégetve .....                                          | 62                                                                                                                                                                                                                                                                       | 98                                                                                                               | 64                                                                                                                                                                | 56                            |
| 850°-on kiégetve .....                                          | 146                                                                                                                                                                                                                                                                      | 190                                                                                                              | 98                                                                                                                                                                | 74                            |
| 950°-on kiégetve .....                                          | 205                                                                                                                                                                                                                                                                      | 290                                                                                                              | 178                                                                                                                                                               | 98                            |
| 1020°-on kiégetve .....                                         | 295                                                                                                                                                                                                                                                                      | —                                                                                                                | 210                                                                                                                                                               | 105                           |
| 1150°-on kiégetve .....                                         | —                                                                                                                                                                                                                                                                        | —                                                                                                                | 270                                                                                                                                                               | 140                           |
| 12. Az agyag felhasználásával gyárt-<br>ható építőanyagok ..... | Tömör üreges<br>tégla, vázke-<br>rámiai építőele-<br>mek, tetőfedő<br>cserepek, bur-<br>koló és díszítő<br>építőelemek.<br>Az agyag csak<br>soványító anya-<br>gokkal dolgoz-<br>ható fel. Pórus-<br>képző adalé-<br>kokkal hőszige-<br>telő és hangvé-<br>delmi anyagok | A kerámiai ter-<br>mek képlékeny-<br>ségét és szilárdságát növe-<br>lő adalékanyag<br>Duzzasztott<br>agyagkavics | Tömör, üreges<br>tégla, vázke-<br>rámiai építőele-<br>mek, tetőfedő<br>cserepek.<br>Pórusképző ada-<br>lékokkal hőszig-<br>etelő és hang-<br>védelmi anya-<br>gok | Tömör és kevés<br>lyukú tégla |

dús, mészszegevény, finom szemszerkezetű, nagyobb-  
részt 19—20 képlékenységi számú sárga, kisebb  
részben 26—27 képlékenységi számú vörösbarna  
agyagok rétegeiből épül fel. A művelés alatt álló  
bánya falmagassága 6,5—7,5 m. Vizsgálatainkhoz  
a rétegvastagságok arányában kitermelt és feldol-  
gozásra kerülő agyagok egynemű keverékét hasz-  
náltuk fel.

A mezőtúri agyagtelepülés a pleisztocén korból  
származik. Sekély tengerből leülepedett, agyagás-  
ványokban viszonylag szegény, szemcseösszetéte-  
lükben szembetűnően eltérő, 13—18 képlékenységi  
számokkal jellemzett, különböző színű mészsze-  
gevény és márgás agyagokból, továbbá folyóvízből  
leülepedett, agyagásványokban dús, 35-nél na-  
gyobb képlékenységi számú, sárgásszürke „ikrás”-  
agyagból rétegződik. A hasznosítható rétegek vas-  
tagsága 15—17 m. A gyűrődésektől és vetődésektől  
nem zavart, vízszintes rétegekből felépített, nyu-  
godt jellegű település meg nem állapított vastag-  
ságú finom szemcséjű homokrétegen fekszik. Vizs-  
gálatainkat a 7 m mélységben települő ikrás agyag-  
gal végeztük.

A solymári agyagtelepülés Budapest észak-nyu-  
gati határában levő Csúcs- és Szarvas-hegy tövében  
fekszik. Tengeri eredetű, oligocén-korú kiscelli  
agyagrétegekből áll. A homokos fedőréteg alatt  
7—9 m vastagságban sárga, morzsalékonny agyag  
rétegződik, ez alatt meg nem határozott vastagság-  
ban tömött telepedésű kék agyag helyezkedik el,  
amit 12 m mélységig termelnek ki. A két agyagfajta  
megközelítőleg azonos összetételű, és az agyagász-  
ványokban dús finom szemszerkezetű márgás  
agyagok csoportjába tartozik. Képlékenységi szá-  
muk 19—24. Kísérleteinket a település főtömegét  
képző kék agyaggal végeztük.

Végül a Debrecen nyugati peremén fekvő, 6—8 m  
vastagságú agyagtelepülés pliocén és pleisztocén  
korú, száraz és nedves térszíni (infúziós) löszből,  
továbbá homokos és löszös agyagrétegekből épül  
fel. Az agyagok durva szemszerkezetűek és képlé-  
kenységi számuk mindössze 8—9. Az agyagoknak a  
rétegvastagságok arányában kitermelt egynemű  
keverékét vizsgáltuk.

*Az agyagok összetétele, kerámiai és technológiai  
jellemzői, termoanalitikai görbéi*

Az agyagok kémiai, ásványi és szemcseösszetéte-  
lének, kerámiai és technológiai jellemzőinek kísér-  
letileg meghatározott adatait táblázatban foglaltuk  
össze. Az agyagokból formázott idomok, lineáris  
zsugorodásának és porozitásának, továbbá hajlító  
szilárdságának értékszámait a hőkezelés hőmérsék-  
letének függvényében az 1. és 2. ábrák grafikonjai  
szemléltetik.

Az agyagok differenciális termogravimetriai, ter-  
mogravimetriai és differenciális termoanalitikai,  
valamint dilatációs görbéit a 3. és 4. ábrák tüntetik  
fel.

A kémiai és ásványi összetétel meghatározására,  
továbbá a DTG, TG és DTA vizsgálatokra az agya-  
goknak 5 µ m szemcsefinomságú őrlményét, a szem-  
szerkezet vizsgálatára az agyagoknak nátrium-  
pirofoszfáttal készített 1%-os szuszpenzióját hasz-  
náltuk fel.

Az ásványi összetétel meghatározása a Náray—  
Szabó és Péter röntgenanalitikai módszerével tör-  
tént [43]. Ennél a módszernél először az agyag fel-  
építésben részt vevő minden egyes fázis egy kivá-  
lasztott — rendszerint legnagyobb — intenzitását  
kimérjük a diffraktogramon. Az egyes fázisok  
mennyiségét az intenzitások és az ásványok kísér-

letileg meghatározott diffraktometriai konstansai között fennálló — a szerzők által megállapított — egyszerű összefüggés alapján számoljuk ki. A módszerrel a kristályos fázisok mellett a legtöbb esetben jelenlevő amorf fázis mennyisége is meghatározható. Jellegzetesége még a módszernek, hogy az egyszerű meghatározott konstans az illető fázis bármely keverékére használható.

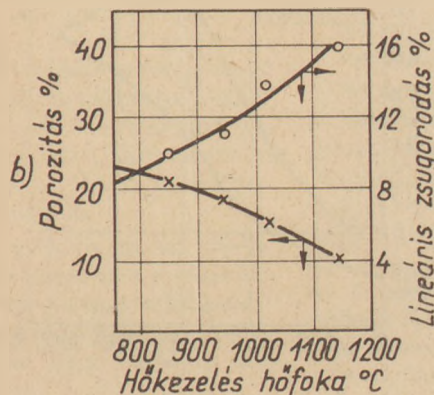
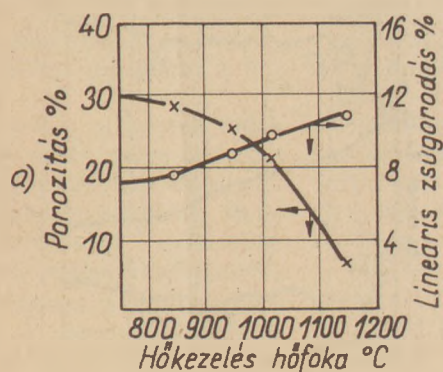
A kerámiai és technológiai jellemzőknek a táblázatban és az 1., 2. ábrákon feltüntetett vizsgálati adatai a 2 mm szemcsefinomságúra őrlött agyag képlékeny masszájából a formázott  $70 \times 35 \times 15$  mm méretű idomtestekre vonatkoznak, a szilárdsági adatokat kivéve. A hajlító szilárdságot  $10 \times 10$  mm keresztmetszetű rudakon, 50 mm alátámasztási köz mellett terhelve határoztuk meg. Az idomtestek égetésénél a felfűtés sebessége  $150^\circ/\text{ó}$  volt, a hőkezelés időtartama az égetési hőmérsékleten 2 óráig tartott.

A dilatációs göbék felvételére 20 mm átmérőjű, 100 mm hosszúságú sajított agyagrudak szolgáltak.

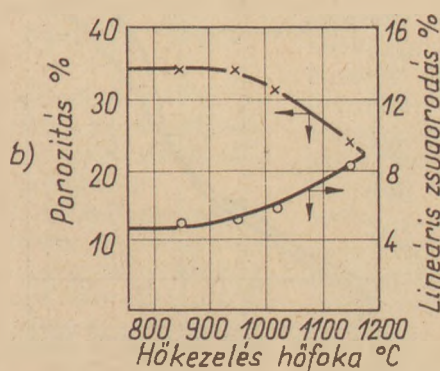
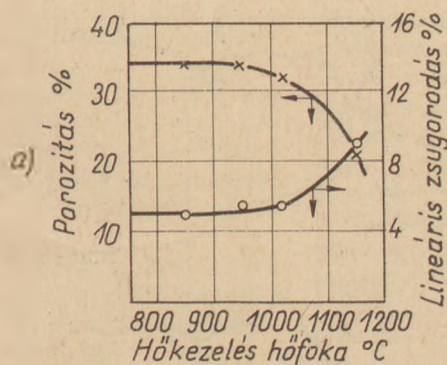
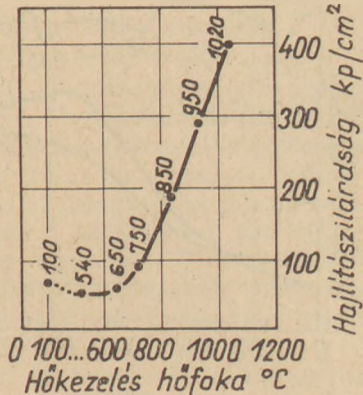
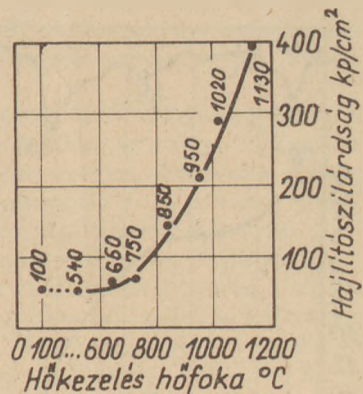
#### A kiégetett agyagok ásványi összetétele

Az agyagok ásványi felépítésében észlelhető változások a  $600\text{--}1120^\circ$  hőmérséklet határok között kiégetett próbatestekben a következőkben jellemezhetők a MTA Közp. Kémiai Kutató Intézetében és a Szilikátipari Közp. Kutató és Tervező Intézetben végzett röntgendiffrakciós analízisek alapján.

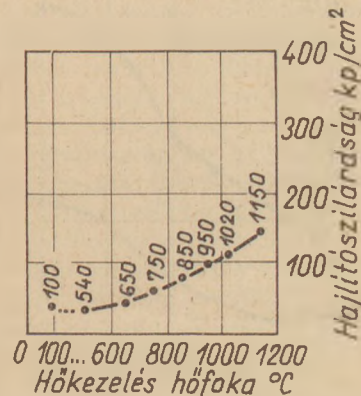
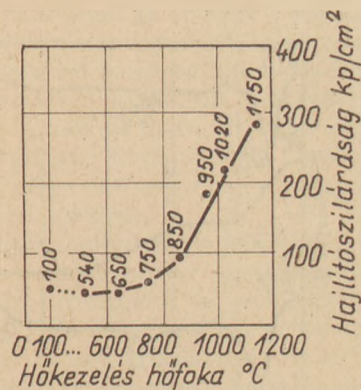
**Kőszegi agyag.** A  $600^\circ$ -ra felhevített agyagban az eredetileg jelenlevő 82% kristályos és 18% amorf fázisok túlnyomó része változatlanul kimu-

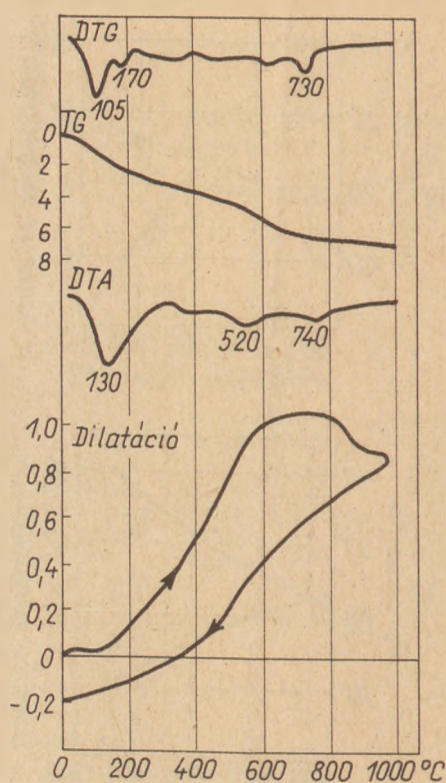
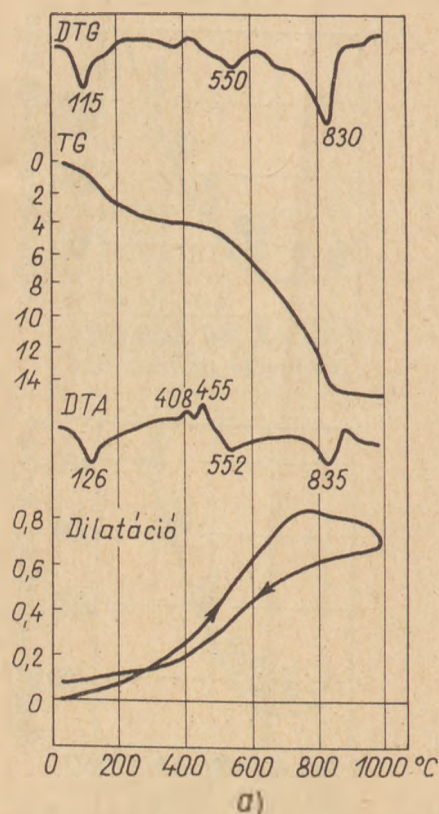


1. ábra. A kőszegi (a) és mezőtúri (b) agyagok lineáris zsugorodásának, porozitásának és hajlító szilárdságának értékszámai a hőkezelés hőfokától függően



2. ábra. A solymári (a) és debreceni (b) agyagok lineáris zsugorodásának, porozitásának és hajlító szilárdságának értékszámai a hőkezelés hőfokától függően





3. ábra. A kőszegi (a) és mezőtúri (b) agyagok termoanalitikai görbéi

tatható. Az alkatrészek közül egyedül az 5%-ot kitevő kaolin hiányzik, kristályrácsának szétesése, illetve metakaolinná történő átrendeződése következtében.

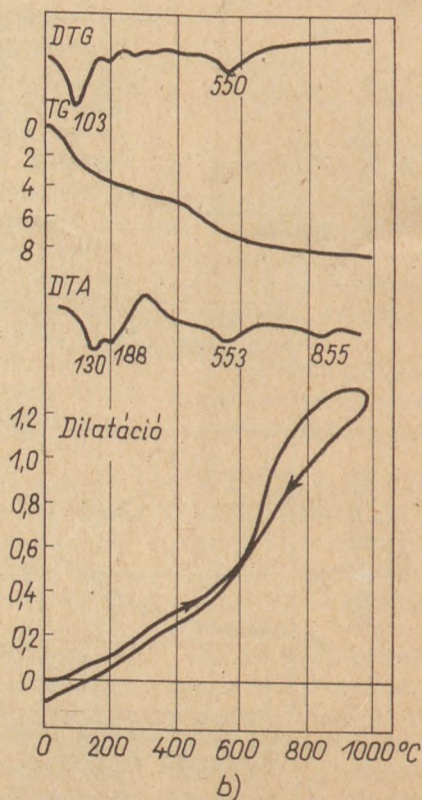
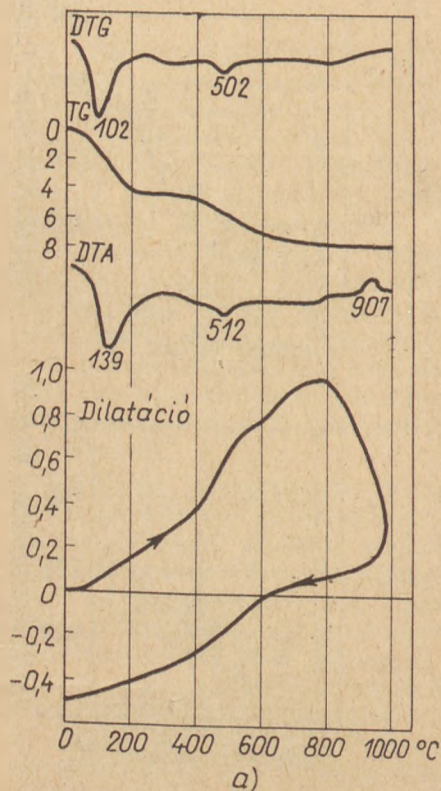
A 850°-ra felhevített agyagban a montmorillonit és klorit agyagásványok kristályrácsa is szétesett, csak az illit csoport ásványai maradtak meg változatlanul. A kvarc és a földpátok kristályos fázisainak mennyisége nem változott, az amorf fázisú alkatrészeké azonban növekedett. Új kristályos fázisként megjelent a hematit.

A 950°-on kiégetett termékben agyagásványok már nincsenek. A kvarc és különösen az amorf fázis viszonylagos mennyisége számottevő mértékben megnövekedett, úgyszintén a hematit is. A földpátok mennyisége, nyilván a viszkózus olvadék képződés megindulása következtében csökkent; egyidejűleg azonban új kristályos fázisként fellépett a mikroklin.

Az 1020°-on kiégetett anyagban a kvarc mennyiségének csökkenése mellett az amorf, illetve üveges fázisú alkatrészek további növekedése észlelhető. A hematit mennyisége is nagymértékben növekedett. Új kristályos fázisként jelentkezett a krisztobalit és kis mennyiségben a mullit.

Végül 1120°-on az üveges fázis van túlsúlyban a kristályos fázisokkal szemben. A kristályos fázisok kvarcból, krisztobaliból, földpátból, hematitból és viszonylag kis mennyiségű mullitból összegeződnek.

Mezőtúri agyag. 600°-on az agyag felépítésében részt vevő, túlnyomó részben kristályos fázisú alkatrészek, a kaolint kivéve nem változtak.



4. ábra. A solymári (a) és debreceni (b) agyagok termoanalitikai görbéi

850°-on az illit kivételével az agyagok kristályrácsa szétesett. A kvarc és főképpen az amorf fázis viszonylagos mennyisége megnövekedett, a földpátoké nem változott. Új fázisként megjelent a hematit.

950°-on az illit kristályrácsa is majdnem teljes egészében szétesett. A kvarc mennyisége lényegesen nem változott, a földpátoké azonban csökkent. Számottevő mértékben emelkedett a hematit és az amorf, illetve üveges fázis mennyisége. Új fázisként megjelentek a leucit és nagyobb mennyiségű spinell.

1020°-on számottevő mértékben megnövekedett az amorf fázis mennyisége. A hematit, spinell és leucit mennyiségében is növekedés észlelhető, a földpátokéban azonban csökkenés. Új fázisként megjelent a krisztobalit és kis mennyiségben az enstatit.

1120°-on a termék legnagyobb része amorf, illetve üveges fázisú alkatrészekből áll. A földpátok eltűntek, üvegolvadékká alakultak át. A kvarc mennyisége csökkent, a krisztobalite nőtt, úgyszintén a hematit és spinell mennyisége is. Mullit a reakciótermékek között nem mutatható ki.

*Solymári agyag.* 600°-on a 84%-ot kitevő kristályos fázisok közül a kaolin szétesése és a földalkáli-karbonátok bomlási folyamatának megindulása alapítható meg, a 16%-ot kitevő amorf fázisok mennyiségében lényeges változás nem történt. Kis mennyiségű hematit képződött.

850°-on az agyagásványok közül csak az illit mutatható ki változatlan állapotában, a montmorillonit és klorit agyagásványok kristályrácsa szétesett. A kalcit és a dolomit is teljesen megbomlott. A kvarc, az alkáliföldpátok és hematit mennyiségében növekedés észlelhető; az amorf fázis növekedése nem számottevő. Új fázisokként jelentkeztek a diopszid, spinell és gehlenit, továbbá kalciumaluminátok és dikalcium-szilikát.

950°-on agyagásványok nincsenek. A kvarc, hematit, diopszid és spinell mennyisége tovább növekedett és az amorf anyag kismérvű növekedése is megállapítható. Az alkáliföldpátok és a gehlenit mennyisége csökkent. Új fázisként megjelent az anortit.

1020°-on a kvarc, alkáliföldpátok, hematit és gehlenit mennyisége csökkent, az anortit, diopszid és a spinelleké növekedett, és számottevő mértékben növekedett az amorf fázisoké is.

1120°-on a termék összetételében észlelhető változás főképpen az amorf fázis, illetve üvegolvadék növekedésében jelentkezik. Mullit a kiégetett anyagban nem mutatható ki.

*Dehreceni agyag.* 600°-on az eredetileg 88%-ban jelenlevő kristályos fázisok közül a kaolin teljesen, a földalkáli-karbonátok részben megbomlottak; a 12%-ot kitevő amorf fázis nem változott.

850°-on az illit kivételével valamennyi agyagásvány és a földalkáli-karbonátok megbomlottak. A kvarc és az alkáliföldpátok mennyisége viszonylagosan megnőtt, az amorf fázisé alig változott. Új fázisokként jelentkeztek a hematit és a diopszid.

950°-on az agyagásványokat és földalkáli-karbonátokat nem tartalmazó termékben a kvarc mennyisége tovább növekedett, a földpátoké csökkent,

az amorf fázisé igen kis mértékben növekedett. A hematit és diopszid mennyiségének növekedése mellett új fázisként belépett a gehlenit, mennyisége azonban csekély.

1020°-on a kvarc és az alkáli-földpátok mennyiségében csökkenés észlelhető, az amorf, illetve üveges fázis mennyiségében viszont növekedés; a növekedés azonban nem számottevő. A gehlenit eltűnt, új fázisként kis mennyiségű anortit lépett fel. A hematit és a diopszid mennyisége nem változott.

1120°-on a termék ásványi felépítése az 1020°-on kiégetett termékéhez hasonló, azzal a különbséggel, hogy az üveges fázis mennyisége a kristályos fázisok rovására megnövekedett. Mullit az agyag égetési reakciótermékeiben nem mutatható ki.

#### *Az agyagok égetési folyamatára vonatkozó vizsgálati eredményeink összefoglalása*

Az égetési folyamat a higroszkópos, adszorpciós és kémiaiilag kötött víz távozásának és ezt követően az ásványok rácsszerkezeti átrendeződésének és bomlásfolyamatának túlnyomó részben endotermikus reakcióival indul meg, melyeknek hatására nagy aktivitású anyagok keletkeznek. Ezután játszódnak le a kerámiai terméket felépítő kristályos és üveges fázisú reakciótermékeknek viszonylag csekély hőelnyeléssel vagy hőfejlődéssel járó képződési folyamatai.

A téglagyagokból égetett kerámiai építőanyagok reakciótermékeire vonatkozó ismereteink ez idő szerint még hiányosak. A kristályos fázisok mennyiségét pontosan kiértékelni nem tudjuk, az amorf, illetve üveges fázisban levő alkatrészeknek pedig a minőségét sem sikerült szabatosan meghatározni. Ennek következtében a kerámiai termék kristályos és üveges fázisainak az optimális anyagtulajdonságokat biztosító mennyiségét, valamint az egyes fázisoknak a termék anyagtulajdonságaira, illetve műszaki jellemzőire gyakorolt befolyását korántsem ismerjük. Ennek ellenére vizsgálataink alapján gyártástechnológiai szempontból használható irányelveket állapíthatunk meg, és fontos következtetéseket vonhatunk le.

A téglaiipari termékek legfontosabb jellemzője, a szilárdsága elsősorban a nyersanyag agyagásvány-tartalmától, földalkáli-tartalmától és szemszerkezetétől függ. A nagy szilárdságú termékek nyersanyagát agyagásványokban dús, legalább 30–50% agyagásvány-tartalmú finomszerkezetű agyagok szolgáltatják. Megközelítőleg azonos agyagásvány-tartalmú, finom szemszerkezetű agyagok közül a mészszegegy agyagokból formázott idomok szilárdsága nagyobb, mint a márgás agyagokból formázottaké. A termékek szilárdsága nagymértékben megnövekszik, ha a nyersanyagban a főképpen illit-csoportba tartozó agyagásványok mellett számottevő mennyiségű montmorillonit-ásványok is előfordulnak. Az agyagásványokban szegény, 20-tól 30% vagy ennél kevesebb agyagásvány-tartalmú, durva szemszerkezetű agyagokból — mészszegegy, vagy márgás agyagokból egyaránt — csak viszonylag kicsiny szilárdságú termékek készíthetők. Az 1. és 2. ábrákon feltüntetett szilárdsággörbéken leolvasható, hogy azonos 950°-os égetési hőmérséklet mellett a sok montmorillonitot és illitet tartalmazó

mészszegény mezőtúri agyagból kiégetett termék hajlítószilárdsága  $290 \text{ kp/cm}^2$ , a viszonylag kevés montmorillonit tartalmú illitdús, mészszegény kőszegi agyagból égetett terméké  $205 \text{ kp/cm}^2$ ; az illitdús márgás solymári agyagból égetett terméké  $178 \text{ kp/cm}^2$ , végül az agyagásványokban szegény debreceni agyagból égetett terméké mindössze  $98 \text{ kp/cm}^2$ .

A hajlítószilárdság-görbéken megfigyelhetjük továbbá a szilárdságértékek változását a felhevítés, illetve az égetés hőmérsékletének függvényében. A szilárdság  $100^\circ$  és  $600^\circ$  hőmérséklet határok között átmenetileg csökken,  $600^\circ$ -tól folyamatosan növekszik. A kezdetben lankásan emelkedő görbe, különösen az agyagásványokban dús agyagoknál,  $800^\circ$ -tól kezdődően egyre meredekebbé válik. A szilárdság csökkenését az adszorpciós és kémiai kötött víz távozása idézi elő az agyag képlékenysége és formázhatóságának megszűnése kíséretében. A  $800^\circ$ -nál meginduló rohamos szilárdságnövekedés az agyagot felépítő ásványok bomlástermékeinek aktiválódásával és az égetési reakciótermékek képződésének egyre intenzívebbé váló folyamataival áll összefüggésben.

A négy különböző agyagfajtára vonatkozó további megállapításaink a következők:

Az agyagásványokban dús, mészszegény kőszegi agyag a legkülönbözőbb kerámiai építőelemek gyártására alkalmas, de nagy száradási és égetési érzékenysége következtében csak soványító anyagok felhasználásával. A száradási érzékenység az agyag nagy száradási zsugorodására, ill. a száradási zsugorodásnak a megmunkálási vízre vonatkoztatott nagy viszonyszámára vezethető vissza. A száradó idomtestek felülete és belseje között nagy nedveségkülönbség és ezzel összefüggő feszültségkülönbség lép fel, ami azoknak deformálódását, illetve repedését okozza. — Az égetési érzékenység egyrészt az agyagban viszonylag nagy mennyiségben levő kvarc  $500$ — $600^\circ$  között bekövetkező enantiotróp átalakulásával függ össze, ami az égetés felhevítési és lehűtési szakaszában egyaránt fellép (3. ábra), és hajszálrepedéseknek lehet az előidézője, másrészt a  $950^\circ$ -on viszonylag nagy mennyiségben képződő üvegolvadékokra, ami az anyag deformálódását okozhatja. Az agyagnak — mint általában a legtöbb finom szemszerkezetű, agyagásványokban dús mészszegény agyagnak — égetési folyamatára jellemző, hogy zsugorodása  $800^\circ$ -tól kezdve a deformálódás, illetve olvadás hőmérsékletéig fokozatosan és egyenletesen növekszik, porozitása pedig egyidejűleg csökken, vagyis az agyag egyre tömörebbé válik (1. ábra). Ez az anyagtulajdonság is a viszonylag nagy mennyiségű üveges fázis képződésével van összefüggésben. A kiégetett termék méretpontossága csak szűk határok közé beállított égetési hőmérséklettel valósítható meg.

A sok montmorillonitot tartalmazó mészszegény mezőtúri agyag csak minőségjavító — képlékenységet és szilárdságot növelő — adalékanyagként alkalmazható; egymagában építőelemek gyártására nem használható, mert már  $950^\circ$ -nál alacsonyabb hőfokon igen könnyen, túlnyomórészt üveges fázisból álló tömör piroplasztikus anyaggá válik (1.

ábra), és felduzzad az égetésnél felszabaduló gáz alakú reakciótermékek következtében.

Az agyagásványokban dús, márgás solymári agyag az egyik legkiválóbb hazai téglaiipari nyersanyagot szolgáltatja. Száradási és égetési érzékenysége egyaránt elenyészően csekély, ami a viszonylag nagy földalkáli-karbonát-tartalmának tulajdonítható. Földalkáli-karbonát-tartalma következtében zsugorodása és porozitása az égetési hőmérséklettel alig változik (2. ábra), ezért a kiégetett termék méretpontossága viszonylag nagy égetési hőfokintervallum mellett is biztosítható. Zsugorodásának növekedése és porozitásának csökkenése csak az olvadáspontjával majdnem egybeeső hőmérsékleten észlelhető. A tégláégetés hőfokán kiégetett termékben az üveges fázis mennyisége viszonylag kevés; szilárdságát főképpen az égetés folyamán képződött kristályos fázisok biztosítják.

Az agyagásványokban szegény márgás debreceni agyag a korszerű építészeti követelményeket kielégítő téglaiipari termékek előállítására számításba nem vehető nyersanyagot képvisel. Égetési folyamatára jellemző, hogy nagy kvarctartalma következtében számottevő az égetési érzékenysége (4. ábra), és hogy zsugorodása és porozitása a hőmérséklettel csak kismértékben változik (2. ábra).

A kiégetett termékben az égetés folyamán képződött új kristályos és üveges fázisú reakciótermékek mennyisége kevés, ennek tulajdonítható a kiégetett anyag viszonylag kicsiny szilárdsága.

## IRODALOM

- [1] Hedvall, J. A.: Einführung in die Festkörperchemie. Braunschweig. 1952.
- [2] Clews, F. H.: Heavy-Clay Technologie. Stoke on Trent. 1955. 141. o.
- [3] Hedges, P. E.: Amer. Ceram. Soc. Bull. 40. 572. (1961.)
- [4] Grofcsik J.: A mullit szerkezete, képződése és jelentősége. Budapest. 1961. 59. o.  
Albert J.: Téglagyagok és felhasználásuk a durva-kerámia iparban. Budapest. 1967. 20 ; 24. o.
- [5] Zwetsch, A.—Stumpfen, H.: Ber. deutsch. keram. Ges. 10. 561. (1936).
- [6] Fenner, E. N.: Z. anorg. allg. Chemie. 85. 133. (1914).  
Hüttig, G. F.—Neumann, H.: Z. anorg. allg. Chemie. 228. 213. (1936).
- [7] Hüttig, G. F.—Lewinter, H.: Angew. Chemie 41. 1034. (1928).  
Noll, W.: Angew. Chemie 62. 567. (1950).
- [8] Bradley, W. F.—Grim, R. E.: Amer. Mineralogist 36. 182. (1951).
- [9] Grim, R. E.—Bradley, W. F.: J. Amer. Ceram. Soc. 23. 242. (1940).  
Norton, F. H.: J. Amer. Ceram. Soc. 22. 54. (1939).
- [10] Ullmanns Enzyklopädie d. techn. Chemie VI. München—Berlin 1955. 202 o.
- [11] Harkort, H.: Spechsaal 92. 509. (1959).
- [12] Jander, W.—Hoffmann, E.: Z. anorg. allg. Chemie 218. 211. (1934).
- [13] Kröger, C.—Illner, A. W.: Z. anorg. allg. Chemie 229. 197. (1936).
- [14] Jander, W.—Wuhrer, J.: Z. anorg. allg. Chemie 226. 238. (1936).
- [15] Brindey, G. W.—Ali, S.: Acta Crystallogr. 3. 25. (1950).
- [16] Stegmüller, L.: Ziegelindustrie 9. 45. (1936).  
Buntenbach, M.—Müller—Hesse, H.: Sprechsaal 94. 269. (1961).
- [17] Jander, W.—Petri, J.: Elektrochemie 44. 747. (1938).

- [18] Rankin, G. E.—Merwin, H. E.: Amer. J. Sci. (4) 45. 301. (1918).
- [19] Hedvall, J. A.: Zement 30. 498. (1941).
- [20] Schwiete, H. E.: Építőanyag 18. 16. (1966).  
Ludwig, H.—Müller—Hesse, H.—Schwiete, H. E.: Zement, Kalk, Gips. 13. 449. (1960).
- [21] Hedvall, J. A.—Sandberg, S. O.: Z. anorg. allg. Chemie 240. 15. (1938).
- [22] Roberts, H. S.—Merwin, H. E.: Amer. J. Sci. (5) 21. 145. (1931).
- [23] Schenk, R.—Franz, H.—Willecke, H.: Z. anorg. allg. Chemie. 184. 1. (1929).
- [24] Hansen, W. E.—Brownmiller, L. T.—Bogue, R. H.: J. Amer. Chem. Soc. 50. 396. (1928).
- [25] Hedvall, J. A.—Sjöman, P.: Elektrochemie 37. 130. (1930).
- [26] Kuan, A.: Trans. Amer. Inst. Mining. Nat. Engng. 203. 965. (1955).
- [27] Hansen, W. E.—Bogue, R. H.: J. Amer. Chem. Soc. 48. 1261. (1926).
- [28] Bowen, N. L.—Schairer, J. F.—Posnjak, E.: Amer. J. Sci. (5) 26. 193. (1933).
- [29] Bowen, N. L.—Schairer, J. F.: Amer. J. Sci. 29. 151. (1935).
- [30] Lea, F. M.—Parker, T. W.: Phil. Transact. Rsy. Soc. London 234 A. 1. (1934).
- [31] Kröger, C.—Fingas, E.: Z. anorg. allg. Chemie 212. 12. (1933); 225. 1. (1935). 229. 197. (1936).
- [32] Schairer, J. F.—Bowen, N. L.: Amer. J. Sci. 254. 129. (1956).
- [33] Schairer, J. F.—Bowen, N. L.: Amer. J. Sci. 245. 193. (1947).
- [34] Bowen, N. L.: Amer. J. Sci. 33. 11. (1937).
- [35] Zwetsch, A.: Ber. deutsch. keram. Ges. 15. 2. (1955).
- [36] Stegmüller, L.—Ney, P.: Ber. deutsch. keram. Ges. 32. 22. (1955).
- [37] Bowen, N. L.—Schairer, J. F.—Willems, H. W. V.: Amer. J. Sci. (5) 20. 405. (1930).
- [38] Faust, G. T.: Amer. Mineralogist 21. 735. (1936).
- [39] Brownell, W. E.: J. Amer. Ceram. Soc. 33. 309. (1950).
- [40] Stegmüller, L.: Ziegelindustrie 9. 78. (1956).
- [41] Hedges, P. E.: Amer. Ceram. Soc. Bull. 40. 371. (1961).
- [42] Albert, J.: Téglagyagok és felhasználásuk a durva-kerámiaiparban. Budapest. 1967. 90. o.
- [43] Náray-Szabó I.—Péter T.: Földtani Közlöny 94. (4) 444. (1964).  
Náray-Szabó I.—Péter T.: Acta Geologica Acad. Sci. Hung. 11. (4) 375. (1967).

**Albert János—Mátrai József: Téglagyagok égetésénél végbemenő folyamatok**

A téglagyagokból 900—1100 °C-on égetett durva-kerámiai építőelemek alkatrészei túlnyomórészt szilárd fázisban lejátszódó reakciók során képződött kristályos fázisú anyagokból, továbbá amorf, illetve üveges fázisú anyagokból és olvadékokból állanak; ezek határozzák meg a termék műszaki jellemzőit. A reakciótermékekre vonatkozó ismereteink azonban még hiányosak. A kristályos és üveges fázisoknak az optimális anyagtulajdon-

ságokat biztosító viszonylagos mennyiségét, valamint az egyes fázisoknak a termék műszaki jellemzőire gyakorolt befolyását korántsem ismerjük. Ennek ellenére vizsgálataink alapján gyártástechnológiai szempontból használható irányelveket állapíthatunk meg és fontos következtetéseket vonhatunk le.

**Я. Алберт—Й. Матраи: Процессы, происходящие при обжиге кирпичных глин.**

Грубокерамические строительные элементы, полученные из кирпичных глин при температуре 900—1100 °C, состоят в основном из кристаллических материалов (образующихся в ходе твердофазовых реакций), аморфной фазы, материалов жидкой фазы и расплава. Эти составные определяют технические характеристики готового продукта.

Однако, наши знания в отношении конечных продуктов реакций являются весьма ограниченными. Так, например, далеко не выяснено относительное количество кристаллической и стекольной фаз обеспечивающих оптимальные материальные свойства, а также влияние отдельных фаз на технические характеристики готового продукта. Несмотря на эти проблемы, на основе проведенных испытаний можно определить основные направления развития технологии производства, и сделать важные выводы.

**Albert, János—Mátrai, József: Die beim Ausbrennen von Ziegeltonen verlaufenden Prozesse**

Die Einzelteile der aus Ziegeltonen bei 900—1100° gebrannten Bauelemente bestehen vorwiegend aus kristallinen Produkten, welche in fester Phase vonstatengegangenen Reaktionen gebildet wurden, des weiteren aus amorphen, beziehungsweise sich in der Phase des Glases befindlichen Stoffen und Schmelzen; diese bestimmen die technischen Kennzeichen des Produktes. Doch sind unsere Kenntnisse in bezug auf die Reaktionsprodukte vorderhand mangelhaft. Die relativen Mengen der kristallinen und Glasphasen, welche die optimalen Stoffeigenschaften sichern, wie auch die Einwirkung der einzelnen Phasen auf die technischen Kennzeichen des Produktes, sind bei weitem nicht bekannt. Nichtsdestoweniger sind auf Grund der beschriebenen Untersuchungen Richtlinien feststellbar, welche man in der Erzeugungstechnologie verwenden kann, auch können wichtige Folgerungen gezogen werden. (S. G.)

**Albert, János—Mátrai, József: Processes during the Firing of Brick Clays**

The technological characteristics of products manufactured from ordinary brick clays by firing them at 900—1100 °C depend on the crystalline phases formed by solid state processes, as well as on the amorphous—vitreous materials. Our present knowledge however does not enable to give the exact ratios of the crystalline and the vitreous phases which will ensure the optimum properties; the effect of the individual phases on the technical properties of the fired product is not known either. In spite of these difficulties technologically important results were obtained by a thorough study of processes taking place during the firing of clay.

# Összefüggés a szilikátüvegek dielektromos veszteségi tényezője, törésmutatója és sűrűsége között

K N A P P O S Z K Á R

A szilikátüvegek dielektromos tulajdonságai mind elméleti, mind gyakorlati szempontból lényeges szerepet játszanak. Elméleti szempontból hozzájárulnak ahhoz, hogy betekintést lehet nyerni a szerkezet elektromos viselkedésére mind egyen-, mind változó áramkörben. Gyakorlati szempontból pedig az üvegek dielektromos viselkedésének ismerete lehetővé teszi, hogy üvegdielektrikumokkal oly kedvező tulajdonságú készülékeket és berendezéseket lehessen készíteni, amelyek a korszerű technikában, különösen az aviatika és űrkutatás területén mind nagyobb mértékben használatosak.

Az elektrotechnikában szigetelésre dielektrikumokat, izolátorokat alkalmaznak, amelyeket az jellemmez, hogy elektromos vezetőképességük csekély és így az áramot szigetelik.

A dielektrikumok nagyfrekvenciájú váltakozó áramkörben bizonyos mennyiségű elektromos ener-

giát nyelnek el, amely hőenergiává alakul át. Ha tehát dielektrikumnak üveget alkalmazunk nagyfrekvenciájú áramkörben, olyan üveget kell választanunk, amelynek a dielektromos energiavesztése csekély, mert csak így akadályozható meg a dielektrikum káros felmelegedése és az elektromos, berendezés élettartamának csökkenése.

A  $VT$  dielektromos veszteségi tényezőt, az elnyelt energia mennyiségét a

$$VT = DK \operatorname{tg} \vartheta \quad (1)$$

képlet fejezi ki, amelyben  $DK$  a dielektromos állandó és  $\vartheta$  a veszteségi szög.

A dielektromos állandó alatt ugyanazon kondenzátor kapacitásának — az elektromos töltés felhalmozóképességének — viszonyát értjük, ha egyszer a kondenzátor lemezei között vákuum vagy levegő, másszor a dielektrikum, mint pl. az üveg helyezkedik el.

1. táblázat

Üvegek dielektromos állandói, veszteségszögei, törésmutató és sűrűségeinek értékei

| Üveg                   | DK   | tg × 10 <sup>4</sup> | n <sub>D</sub> | Számított DK érték a |                |      |
|------------------------|------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|------|
|                        |      |                      |                | d                    | 3.             | 5.   |
|                        |      |                      |                |                      | képlet szerint |      |
| Kvarc .....            | 3,8  | 0,1                  | 1,459          | 2,20                 | 4,5            | 4,2  |
| Vycor .....            | 3,8  | 4                    | 1,458          | 2,18                 | 4,6            | 4,2  |
| Boroszilikát .....     | 4,1  | 6                    | 1,469          | 2,13                 | 4,5            | 4,3  |
| Durán 50 .....         | 4,2  | 44                   | 1,473          | 2,23                 | 4,6            | 4,6  |
| Wolfrámkötő .....      | 4,2  | 23                   | 1,458          | 2,27                 | 4,9            | 4,7  |
| Molybdénkötő .....     | 4,4  | 18                   | 1,483          | 2,26                 | 4,8            | 4,7  |
| Suprax .....           | 4,5  | 50                   | 1,485          | 2,31                 | 4,9            | 4,8  |
| Boroszilikát .....     | 4,5  | 18                   | 1,473          | 2,23                 | 4,6            | 4,6  |
| Boroszilikát .....     | 4,7  | 27                   | 1,475          | 2,24                 | 4,6            | 4,6  |
| Nonex .....            | 4,7  | 27                   | 1,481          | 2,35                 | 4,9            | 5,0  |
| Fernikokötő .....      | 4,8  | 20                   | 1,480          | 2,24                 | 4,8            | 4,6  |
| Wolfrámkötő .....      | 4,9  | 30                   | 1,481          | 2,24                 | 4,8            | 4,7  |
| Boroszilikát .....     | 4,9  | 33                   | 1,479          | 2,24                 | 4,8            | 4,6  |
| Boroszilikát .....     | 4,9  | 26                   | 1,484          | 2,28                 | 4,8            | 4,7  |
| Eszköz (G 20) .....    | 4,9  | 51                   | 1,492          | 2,40                 | 5,1            | 5,1  |
| Supremax .....         | 5,0  | 17                   | 1,524          | 2,47                 | 5,9            | 5,3  |
| Molybdénkötő .....     | 5,0  | 67                   | 1,509          | 2,48                 | 5,5            | 5,3  |
| Pyrex .....            | 5,1  | 50                   | 1,474          | 2,23                 | 4,6            | 4,6  |
| Supremax 56 .....      | 5,4  | 27                   | 1,542          | 2,59                 | 6,4            | 5,7  |
| Wolframkötő .....      | 5,5  | 79                   | 1,489          | 2,31                 | 5,5            | 4,8  |
| TV ballon .....        | 5,6  | 15                   | 1,507          | 2,64                 | 5,5            | 5,7  |
| Fernikokötő .....      | 5,7  | 27                   | 1,87           | 2,29                 | 4,9            | 4,8  |
| Ólomcső .....          | 5,8  | —                    | 1,556          | 3,02                 | 6,7            | 7,0  |
| Elektroncső .....      | 6,3  | 16                   | 1,547          | 2,64                 | 6,7            | 5,7  |
| TV ballon .....        | 6,3  | 17                   | 1,507          | 2,64                 | 5,5            | 5,8  |
| 16III .....            | 6,4  | 60                   | 1,526          | 2,58                 | 6,0            | 5,6  |
| Vaskötő .....          | 6,5  | 20                   | 1,491          | 2,68                 | 5,6            | 5,9  |
| Ólomcső .....          | 6,7  | 12                   | 1,560          | 3,05                 | 6,9            | 7,1  |
| Ólomcső .....          | 6,7  | 16                   | 1,539          | 2,86                 | 6,3            | 6,5  |
| Elektroncső .....      | 7,0  | 9                    | 1,553          | 2,98                 | 6,7            | 6,9  |
| Ballon .....           | 7,2  | 90                   | 1,512          | 2,47                 | 5,7            | 5,3  |
| Égetőcső .....         | 7,2  | 38                   | 1,530          | 2,52                 | 6,1            | 5,5  |
| Vaskötő .....          | 8,3  | 4                    | —              | 3,47                 | —              | 8,3  |
| Elektroncső .....      | 8,3  | 6                    | 1,659          | 4,00                 | 9,4            | 9,9  |
| Ólom .....             | 8,4  | 5                    | —              | 3,84                 | —              | 9,4  |
| Forrasztó .....        | 15,0 | 22                   | —              | 5,42                 | —              | 14,2 |
| Röntgensugárvédő ..... | 17,0 | 19                   | 1,970          | 6,22                 | 17,6           | 16,7 |

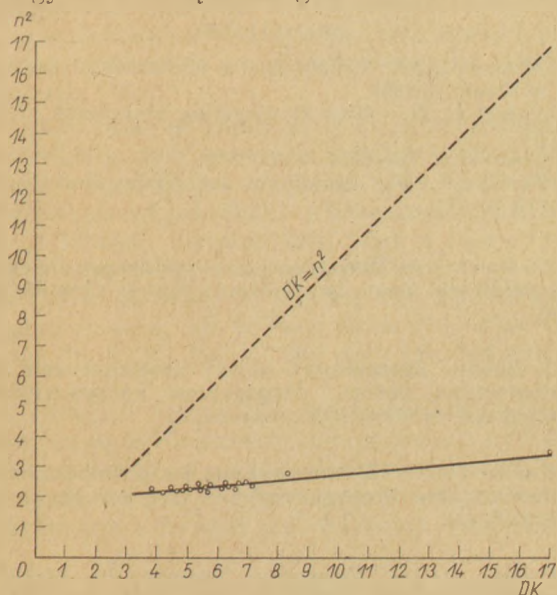
Változó áramban az áramsűrűség és a feszültség közötti fáziseltolódás szöge  $90^\circ$ . Dielektrikumok esetében ez a szög kisebb, csökkenésének mértékét  $\text{tg } \vartheta$  kis szögek esetében  $\vartheta$  a veszteségi szög fejezi ki.

Az első kutató, aki az üveg dielektromos állandója és más fizikai tulajdonsága között összefüggést keresett, Maxwell [1] volt. Feltevése szerint a dielektromos állandó és a törésmutató négyzetes értéke azonos, tehát

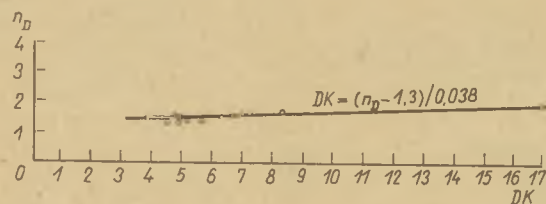
$$DK = n^2 \quad (2)$$

ha  $n$  a törésmutatót jelenti.

Shand [2] azonban kimutatta, hogy a két tulajdonság értékei nagy eltérést mutatnak, azonos üveg dielektromos állandójának értékei ugyanis jóval nagyobbak, mint törésmutatói négyzetének értékei. Shand tíz üveg tulajdonságait tanulmányozta. A Maxwell-féle egyenlet ellenőrzése céljából nagyobb számú üveg értékeit vettem tekintetbe (1. táblázat). Miután az üvegek dielektromos állandóinak értékei függenek a frekvenciától és hőfoktól, csak olyan értékeket választottam ki, amelyek 1 MHz frekvenciára és  $20^\circ\text{C}$  hőmérsékletre vonatkoznak. A számított és mért eredmények összehasonlítását az 1. ábra szemlélteti. Az ábrán a szaggatott vonal az (1) képletnek felel meg, a mért értékeket pedig kis ferde keresztek jelzik. Látható egyrészt, hogy az (1) egyenletnek nincs érvényessége, a mért és számított értékek közötti eltérések igen tekintélyesek és növekvő törésmutatók esetében mindig nagyobbodnak. A Maxwell-féle képlet azon az elméleten alapszik, amely szerint az elektromosság, mágnesesség és a fénytörvényeit az elektromagnetikus hullámok alapján lehet levezetni. E levezetés eredményének érvénytelenségét a dielektromos állandóra vonatkozólag kétféleképpen magyarázzák. Az egyik szerint az eltérést az üveg diszperziója okozza [3]. A másik feltevés szerint az eltérést az okozza, hogy a fénysugár és az elektromos áram frekvenciája nem azonos. A fénysugár frekvenciája a nátrium  $D$  vonalnál  $5 \cdot 10^{14}$  MHz, az 1 cm nagyfrekvenciájú hullámok frekvenciája pedig  $3 \cdot 10^{10}$  MHz. Ez a különbség okozza a Maxwell-féle egyenlet érvénytelenségét.



1. ábra



2. ábra

Látható azonban az 1. ábrán, hogy a négyzetes törésmutatók értékei egy egyenes mentén fekszenek, amiből az a következtetés is levonható, hogy a törésmutatók értékei is egy egyenes mentén helyezkednek el, tehát a törésmutató és a dielektromos állandó értékei között lineáris összefüggés van. Ha az 1. táblázatban megadott dielektromos állandók és törésmutatók értékeit diagramba helyezzük, miként ezt a 2. ábra tünteti fel, akkor a lineáris összefüggést a

$$DK = \frac{nD - 1,3}{0,038} \quad (3)$$

képlet fejezi ki. Ha a dielektromos állandók értékét a törésmutató ismeretében a 3. képlettel kiszámítjuk, azt találjuk, hogy a mért és a számított adatok között az eltérések

- 54%-ban 10%-nál kisebb,
- 40%-ban 10—20% között vannak és
- 6%-ban 20%-nál nagyobbak.

A 3. képlet segítségével tehát a dielektromos állandó a törésmutató ismeretében 94% valószínűséggel 20%-nál kisebb eltéréssel kiszámítható.

A dielektromos állandó és a sűrűség között Hopkinson [4] talált összefüggést, amely szerint

$$DK \approx 2,2 d, \quad (4)$$

ha  $d$  a sűrűséget jelenti. Ha azonban e képletet használva a dielektromos állandó értékeit a sűrűség függvényében diagramba állítjuk (3. ábra), azt találjuk, hogy a 4. képlet csak kis területen, közepes dielektromos állandók esetében érvényes, míg a kis és nagy állandók értékei nagy eltérést mutatnak. A mérési pontok azonban ebben az esetben is mutatnak bizonyos összefüggést, mert közülük többkevesebb eltéréssel egy egyenes vonal húzható. Ennek az összefüggésnek a vizsgálatára nem a sűrűség értékeinek többszörösét, hanem magát a sűrűség értékeit hasonlítottam a dielektromos állandó értékeivel össze. Az értékek a 4. ábra szerint valóban lineáris összefüggést mutattak, amely a

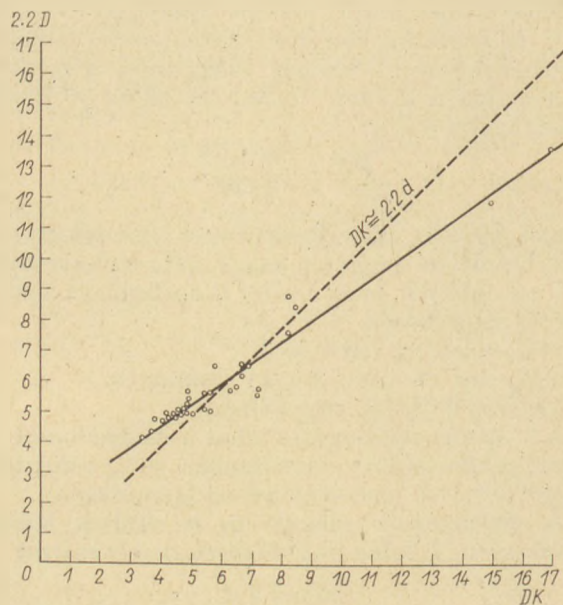
$$DK = 3d - 2,1 \quad (5)$$

2. táblázat

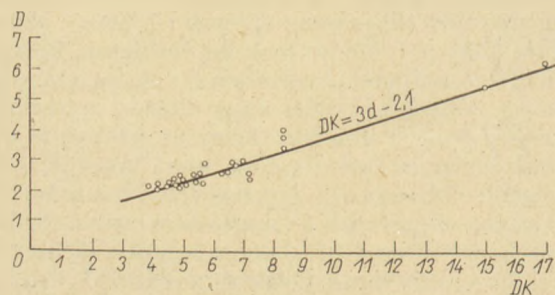
Üvegek veszteségszögei és jellemző oxidalkatrészei

| Üveg               | $\text{tg} \cdot 10^4$ | PbO % | (Na <sub>2</sub> O / K <sub>2</sub> O) % |
|--------------------|------------------------|-------|------------------------------------------|
| Kvare .....        | 0,1                    | 0     | 0                                        |
| Vycor .....        | 5                      | 0     | 0                                        |
| Káliólom .....     | 5                      | 49    | 8                                        |
| Boroszilikát ..... | 6                      | 0     | 1,5                                      |
| Elektroncső .....  | 6                      | 51    | 5                                        |
| Vaskötő .....      | 4                      | 40    | 17                                       |
| Elektroncső .....  | 9                      | 23    | 13                                       |

| Veszteségi tényező | SiO <sub>2</sub> | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | BaO | PbO | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | CaO | MgO | Li <sub>2</sub> O | Rb <sub>2</sub> O |
|--------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-------------------|------------------|-----|-----|-------------------|-------------------|
| 0,000038           | 100              | —                             | —                              | —   | —   | —                 | —                | —   | —   | —                 | —                 |
| 0,0019             | 96               | 4                             | —                              | —   | —   | —                 | —                | —   | —   | —                 | —                 |
| 0,0025             | 71               | 17                            | 3                              | —   | —   | 1                 | 8                | —   | —   | 1                 | —                 |
| 0,0033             | 41               | —                             | —                              | —   | 40  | 5                 | 12               | —   | —   | 2                 | —                 |
| 0,0042             | 42               | —                             | —                              | —   | 49  | 2                 | 6                | —   | —   | 1                 | —                 |
| 0,0050             | 40               | —                             | —                              | 2   | 51  | —                 | 5                | —   | —   | —                 | 2                 |
| 0,0063             | 56               | —                             | 2                              | 5   | 23  | 3                 | 10               | 1   | —   | —                 | —                 |
| 0,0079             | 79               | 15                            | 2                              | —   | —   | 2                 | 2                | —   | —   | —                 | TiO <sub>2</sub>  |
| 0,0080             | 56               | 20                            | —                              | —   | —   | —                 | —                | —   | 15  | —                 | 9                 |
| 0,0080             | 56               | —                             | 2                              | —   | 29  | 4                 | 9                | —   | —   | —                 | —                 |



3. ábra



4. ábra

képlettel fejezhető ki. A számított és mért értékek közötti eltérés

69%-ban 10%-nál kisebb,  
26%-ban 10—20% között van és  
5%-ban 20%-nál nagyobb.

A (3) és (5) képletek tehát első megközelítéssel kifejezik a dielektromos állandó és a törésmutató, illetve a sűrűség lineáris összefüggését. Mindkét képlet 95% valószínűséggel 20%-os eltéréssel alkalmas a dielektromos állandó kiszámítására. Az (5) képlet alkalmazása előnyösebb, mert a sűrűség meghatározása egyszerűbb eljárás, mint a törésmutató mérése.

Az üvegek veszteségi szöge és fizikai tulajdonságai között nem sikerült összefüggést találni. Ha azonban az üvegek összetételét figyeljük meg és hasonlítjuk össze veszteségi szögeik értékeivel, bizonyos következtetéseket lehet levonni. A 2. táblázat foglalja össze azoknak az üvegeknek alkália és ólomoxid tartalmát, amelyeknek veszteségi szöge kisebb mint 0,0010, azaz 0,1%. Ezen adatok szerint azoknak az üvegeknek kicsiny a veszteségi szögük, amelyek 20%-nál több ólomoxidot, vagy 4%-nál kevesebb alkáliákat és amelyek 96%-nál több szilíciumoxidot tartalmaznak.

A dielektromos energiaveszteséget és az azzal járó káros felmelegedést azonban az (1) képlet szerint nem a dielektromos állandó vagy a veszteségi szög, hanem azoknak szorzata szabja meg. Az elektromos veszteség csökkentésére tehát nem elegendő, ha olyan üveget választunk, amelynek dielektromos állandója ugyan kicsiny, de veszteségi szöge nagy, vagy veszteségi szöge kicsiny de dielektromos állandója nagy, hanem olyan üvegre van szükség, amelynél a két tulajdonság szorzata kicsiny. Ilyen kedvező tulajdonságú üvegek összetételét a 3. táblázat adja meg. E táblázat alapján választhatunk ki olyan üveget, amely elektromos készülékekbe építve igen csekély energiaveszteséget, felmelegedést szenved.

## IRODALOM

- [1] Maxwell J. C.: Lehrbuch der Elektrizität und Magnetismus (1883).
- [2] Shand E. B.: Glass Engineering Handbook. (1953) 37.
- [3] Glastechn. Tabellen (1932) 249.
- [4] Tooley F. V.: Handbook of Glass Manufacture (1953) 51.

Knapp Oszkár: Összefüggés a szilikátüvegek dielektromos veszteségi tényezője, törésmutatója és sűrűsége között.

O. Knann: Зависимость между коэффициентом диэлектрических потерь, показателем преломления и плотностью силикатных стекол.

Knapp, Oszkár: Zusammenhang des Dielektrizitätsverlustfaktors, des Brechungsindex und der Dichte bei Silikatgläsern

Knapp, Oszkár: Connexion between the Dielectric Loss, the Refractive Index and the Density of Silicate Glasses

A műszaki rendeltetésű kőszerű anyagokat jelenleg a tudomány és a technika legkülönbözőbb területein alkalmazzák: kezdve az olyan ősi iparágaktól, mint például az építészet és végezve az egyik legújabb iparággal, az elektronikával.

A műszaki kőanyagok előállításának módszerei között leginkább a szilikástechnológiai eljárások terjedtek el, amelyeket az alábbi változatok szerint csoportosíthatunk:

*Kerámiai technológia.*

Por — formázás — szárítás — égetés — szintetikus kő.

*Vitrokerámiai és üvegtechnológia.*

Por — olvasztás — formázás — hőkezelés — szintetikus kő.

*Kötőanyag technológia.*

Por — habarcskészítés — szintetikus kő.

*Autoklávus technológia.*

Por — formázás — hidrotermális kezelés — szintetikus kő.

Mindezen technológiák közös vonása, hogy természetes vagy mesterséges eredetű finomszemcsés szilárd anyagot alakítunk át monolit műszaki rendeltetésű kővé, mely meghatározott tulajdonságokkal rendelkezik.

Az egyes változatok összehasonlításából kitűnik, hogy technológiai szempontból kétségtelenül a legkényelmesebb és leggazdaságosabb a kötőanyag technológiájával előállított szintetikus kő. E fontos körülmény ellenére mind ez ideig a kötőanyag-technológiát elsősorban csak az építőipar szükségleteinek kielégítésére használják fel, miközben az üveg-, illetve kerámiai technológia felhasználásával már ipari mértékben gyártanak különleges elektromos és mágneses tulajdonságú, magas hőmérsékleteken is nagy szilárdsággal bíró anyagokat stb. [1].

A hagyományos kerámiai és üveg anyagokról a korszerűekre való áttérés a legtöbb esetben nem gyártástechnológiájuk gyökeres változását jelentette, hanem sokkal inkább a felhasznált alapanyagok „földrajzi” kiszélesítését, azaz a legelterjedtebb és nagy mennyiségben rendelkezésre álló elemek (mint pl. a Si, O, Al, Fe, Ca, Mg, H stb.) kevésbé gyakori, sőt egészen ritka elemekkel (Ti, Cr, Ge, Sn, F, Ni, Co, W, Mo stb.) való helyettesítését.

A kerámiai technológia tapasztalatait felhasználva, az új kötőanyagok kidolgozásánál nyilvánvalóan nem szabad csak az olcsó, viszonylag könnyen hozzáférhető nyersanyagokra orientálódni. A kutatást széles fronton kell folytatni, kiterjesztve

az elemek minél nagyobb számára, beleértve a ritka elemeket is. Ugyanakkor, a kutatás konkrét és gazdaságos jellegének biztosítása érdekében a V. F. Zsuravljov által lefektetett elvekből kell kiindulni:

„A kötőképeség nem egy változatlan és az ásványi vegyületek szűk körére jellemző tulajdonság. A kötőképeség nem más, mint meghatározott törvényszerűségeknek alárendelt jelenségláncolatoknak közös láncszeme; sok-sok más vegyület és kémiai reakció létezik, melyeknél a kötőképeség gyengébben, vagy erősebben jelentkezik, mint az ismerteknél.” [2]

A kémiai reakciók nagy családjából elsősorban azokat kell tanulmányoznunk, amelyeken a legismertebb kötőanyagok előállítása és felhasználása alapszik. Ezek között az alábbiakat kell megemlíteni: portlandcement és aluminátcement, valamint ezek változatai; magnézium-oxikloridos, -foszfátos, cementek fogászati cementek, mész és gipsz kötőanyagok, vízüveg alapú cementek és ólom-oxid—glicerinnal kiegészítve [3].

Ha kémiai oldalról elemezzük az összes felsorolt kötőanyagok szilárdulását, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy a kő keletkezése minden esetben olyan kémiai reakciótermékek kristályosodásának vagy polimerizálódásának a következménye, amelyben savgyökök és fémkationok mellett protonok és hidroxilcsoportok is részt vesznek [4, 5]. Ezért a hagyományos kötőanyagok analógjait képező új anyagok felkutatásának egyik fő iránya a különféle hasonló reakciók széleskörű vizsgálata. A fentiek értelmében e munka során azokat a reakció-típusokat tanulmányoztuk, amelyekkel a jelenleg használatos kötőanyagok esetében is találkozunk, és pedig:

1. só (ásvány) — víz;
2. fénoxid (hidroxid) — sav;
3. fénoxid — só;
4. fénoxid — savanyú jellegű szerves vegyület
5. bázikus oxid — savanyú oxid (telített vízgőz közegben).

A konkrét vizsgálat tárgyát az 1. típusú rendszerekben a kalcium-szilikát ásványok analógjai, a földfémek stannátjai, plumbátjai, titanátjai és cirkonátjai képezték; a 2—5. típusú rendszerekben különböző oxidokat használtunk fel, ezeket a 2. rendszernél oxál-, kén-, salétrom-, só- és folyssavval kevertük össze; a 3. rendszerben a bekeverő anyag rézklorid és savanyú nátriumfoszfátoldat volt, míg a 4. rendszerben glicerint, glikolt, ezek klórszármazékait, szaharózt, glükózt stb. használtunk fel.

Kiindulási anyagként a kereskedelmi forgalomban kapható oxidokat, illetve folyadékokat hasz-

\* Elhangzott az I. Bolgár Cementipari Konferencián (Várna, 1968).

náltuk fel. Felhasználás előtt ezeket az anyagokat a szükségeshez képest utánőröltük és átporítottuk a 63  $\mu$ m-es szitán.

A kalcium-szilikát ásványok-analógjait úgy állítottuk elő, hogy a megfelelő módon előkészített nyerskeverékeket elektromos fűtésű tokos-, vagy szilitrudas kemencében égettük ki. Az égetés befejeztét a fő oxid reakcióba nem lépett maradékrészenek meghatározása útján, továbbá mikroszkóp és röntgen analízis segítségével ellenőriztük. Az egyes ásványok előállítási körülményeit az 1. táblázatban közöljük.

1. táblázat

A vizsgált ásványok előállításának körülményei

| Összetétel                   | Égetések száma | Teljes égetési idő a max. hőmérsékleten, óra | Égetési hőmérséklet, C | Szabad oxid mennyisége, % |
|------------------------------|----------------|----------------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| CaO · PbO <sub>2</sub> ....  | 4              | 24                                           | 960                    | 0,56                      |
| 2CaO · PbO <sub>2</sub> ...  | 4              | 27                                           | 900                    | 0,21                      |
| SrO · PbO <sub>2</sub> ....  | 3              | 18                                           | 920                    | 3,2                       |
| 2SrO · PbO <sub>2</sub> .... | 1              | 8                                            | 940                    | —                         |
| BaO · PbO <sub>2</sub> ....  | 3              | 20                                           | 930                    | 0,25                      |
| MgO · SnO <sub>2</sub> ....  | 2              | 12                                           | 1330                   | Nem határoztuk meg        |
| 2MgO · SnO <sub>2</sub> ...  | 2              | 12                                           | 1380                   | Nem határoztuk meg        |
| CaO · SnO <sub>2</sub> ....  | 1              | 6                                            | 1350                   | Nincs                     |
| 2CaO · SnO <sub>2</sub> .... | 3              | 18                                           | 1380                   | —                         |
| SrO · SnO <sub>2</sub> ....  | 2              | 12                                           | 1350                   | —                         |
| 2SrO · SnO <sub>2</sub> .... | 2              | 12                                           | 1350                   | —                         |
| BaO · SnO <sub>2</sub> ....  | 2              | 12                                           | 1350                   | —                         |
| 2BaO · SnO <sub>2</sub> .... | 4              | 24                                           | 1380                   | 45,5                      |
| BaO · TiO <sub>2</sub> ....  | 1              | 8                                            | 1300                   | —                         |
| 2CaO · TiO <sub>2</sub> .... | 2              | 16                                           | 1380                   | 16,—                      |
| SrO · TiO <sub>2</sub> ....  | 2              | 8                                            | 1380                   | —                         |
| BaO · TiO <sub>2</sub> ....  | 1              | 8                                            | 1330                   | —                         |
| 2SrO · TiO <sub>2</sub> .... | 1              | 8                                            | 1380                   | —                         |
| 2BaO · TiO <sub>2</sub> .... | 1              | 8                                            | 1380                   | —                         |
| 2CdO · ZrO <sub>2</sub> .... | 1              | 8                                            | 1350                   | Nem határoztuk meg        |

Az összes előállított anyagot a 63  $\mu$ m-es szitán való teljes áthullásig porítottuk.

Az első négy rendszer-típusban, vagyis a szilárdanyag-folyadék rendszerekben a kötötulajdonságok meghatározására ugyanolyan próbatesteket készítettünk, mint amilyenek a közönséges cement vizsgálatára használatosak. A por alakú ásványt, illetve oxidot normál konzisztenciájú pép nyereséhez szükséges mennyiségű vízzel (sóoldattal, sával, vagy szerves folyadékkal) kevertük össze. Ebből a pépből 1,41 cm élhosszúságú kocka próbatesteket formáztunk, melyeket normál körülmények között szilárdítottunk, illetve ahol ez szükséges volt, hidrotermális kezelésnek, vagy hevítésnek vetettük alá.

Az 5. típusú rendszereknél a vizsgálathoz olyan keverékekből, amelyek összetétele a tiszta MeO-tól MeO<sub>2</sub>-ig váltakozott, 100 kp/cm<sup>2</sup> nyomáson az előbbieken említett méretű próbatesteket sajtoltunk. A készítés után 24 órával a próbatesteket autoklávban 8, 16 és 50 att nyomás mellett hőkezeltük.

A szintetizált cementek szilárdságvizsgálati eredményeit a 2—5. táblázatokban közöljük.

A kapott kísérleti eredmények részletes értékelése igen nehéz. Mindazonáltal megállapíthatjuk az alábbiakat:

A kalcium-szilikát ásványok analógjai vízzel reagáltatva határozott kötötulajdonságokkal rendelkeznek. A szilikát-ásványoktól eltérően a kalciumbárium- és stroncium-szilikátok esetében a kötötulajdonságok már 1-es bázicitásnál is jelentkeznek.

Az autokláv kezelés a vizsgált ásványok döntő többsége esetében gyorsítja a szilárdulási folyamatot, egynéhánynál pedig, pl. a kalcium-, stroncium- és bárium kis bázicitású szilikátjainál és tita-nátjainál egyenesen ez váltja ki a hidraulikus aktivitást.

Az, hogy a kadmium-cirkonátoknál is találtunk kötötulajdonságokat, ellentmondásban van Zsu-

2. táblázat

Kalcium-szilikát ásványok analógjainak nyomószilárdsága, kp/cm<sup>2</sup>

| Összetétel                    | Normál szilárdulás |      |      | Autokláválás |        |
|-------------------------------|--------------------|------|------|--------------|--------|
|                               | 3 n                | 7 n  | 28 n | 8 att        | 16 att |
| CaO · PbO .....               | 10                 | 80   | 100  | 170          | 485    |
| 2CaO · PbO <sub>2</sub> ..... | 525                | 600  | 625  | 560          | 810    |
| SrO · PbO <sub>2</sub> .....  | 5                  | 10   | 110  | 390          | 560    |
| 2SrO · PbO <sub>2</sub> ..... | 45                 | 75   | 140  | 495          | 560    |
| BaO · PbO <sub>2</sub> .....  | 35                 | 75   | 145  | 280          | 350    |
| MgO · SnO <sub>2</sub> .....  | 0                  | 0    | 0    | 245          | 190    |
| 2MgO · SnO <sub>2</sub> ..... | 0                  | 0    | 0    | 750          | 300    |
| CaO · SnO <sub>2</sub> .....  | 0                  | 10   | 25   | 70           | 590    |
| 2CaO · SnO <sub>2</sub> ..... | 1000               | 1125 | 750  | 415          | 500    |
| SrO · SnO <sub>2</sub> .....  | 60                 | 75   | 40   | 70           | 540    |
| 2SrO · SnO <sub>2</sub> ..... | 225                | 300  | 300  | 70           | 115    |
| BaO · SnO <sub>2</sub> .....  | 30                 | 45   | 140  | 0            | 150    |
| 2BaO · SnO <sub>2</sub> ..... | Nem szilárdul      |      |      |              |        |
| BaO · TiO <sub>2</sub> .....  | 0                  | 0    | 0    | 130          | 200    |
| 2CaO · TiO <sub>2</sub> ..... | 30                 | 15   | 10   | 195          | 255    |
| SrO · TiO <sub>2</sub> .....  | 0                  | 0    | 0    | 75           | 100    |
| 2SrO · TiO <sub>2</sub> ..... | 45                 | 70   | 95   | 125          | 230    |
| BaO · TiO <sub>2</sub> .....  | 0                  | 0    | 0    | 65           | 95     |
| 2BaO · TiO <sub>2</sub> ..... | 185                | 195  | 300  | 170          | 195    |
| 2CdO · ZrO <sub>2</sub> ..... | —                  | —    | —    | 620          | —      |

3. táblázat

Fémoxid-sav (só) alapú rendszerekbe tartozó cementek szilárdsága

| Sor-szám | Összetétel                                                                         | Nyomószilárdság, kp/cm <sup>2</sup> |           |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|          |                                                                                    | 3 nap                               | 7 nap     | 28 nap    |
| 1.       | Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ..... | 37                                  | 95        | 110       |
| 2.       | MgO—H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....                             | 69                                  | 80        | 94        |
| 3.       | ZrO <sub>2</sub> —HNO <sub>3</sub> .....                                           | 20                                  | 25        | 40        |
| 4.       | MgO—Hj .....                                                                       | 30                                  | 90        | 150       |
| 5.       | CdO—H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....                                           | 400                                 | 540       | 700       |
| 6.       | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .....              | 180                                 | —         | —         |
| 7.       | MgO—NaHPO <sub>4</sub> .....                                                       | 240                                 | —         | —         |
| 8.       | CuO—CuCl <sub>2</sub><br>10 % CuCl <sub>2</sub> oldat .....                        | 58                                  | 60        | 63        |
| 9.       | CuO—HCl<br>a) 15 % HCl oldat ...<br>b) 30 % HCl oldat ...                          | 60<br>165                           | 65<br>165 | 68<br>180 |
| 10.      | ZnO—CH <sub>3</sub> COOH .....                                                     | 150                                 | —         | —         |
| 11.      | PbO—CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH ..                        | 105                                 | —         | —         |
| 12.      | CuO—CH <sub>3</sub> COOH .....                                                     | 300                                 | —         | —         |

4. táblázat

MeO-savanyú gyököt tartalmazó szerves vegyület összetételű rendszerekbe tartozó kötőanyagok szilárdsága

| Oxid                           | Keverő folyadék             | Nyomószilárdság, kp/cm <sup>2</sup> |                                                                                                    |       |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                                |                             | 1 nap                               | 3 nap                                                                                              | 7 nap |
| PbO                            | Glicerín .....              | 185                                 | 315                                                                                                | 390   |
| CaO                            | Glicerín .....              | 125                                 | 600                                                                                                | 570   |
| SrO                            | Glicerín .....              | 400                                 | 970                                                                                                | 1050  |
| PbO                            | Glükol .....                | 150                                 | 175                                                                                                | 240   |
| CaO                            | Glükol .....                | 35                                  | 640                                                                                                | 550   |
| PbO                            | 50 %-os glükóz oldat ....   | —                                   | 200                                                                                                | —     |
| PbO                            | 50 %-os szaharóz oldat .... | —                                   | 300                                                                                                | —     |
| PbO                            | Etilén-klórhidrin .....     | —                                   | 250                                                                                                | 250   |
| C <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 50 %-os glükóz oldat ....   | 130                                 | A próba-<br>testek<br>csak 1<br>órás 150<br>°C-os me-<br>legítés<br>után szil-<br>árdultak<br>meg. |       |
| SnO <sub>2</sub>               | 50 %-os glükóz oldat ....   | 150                                 |                                                                                                    |       |
| TiO <sub>2</sub>               | 50 %-os glükóz oldat ....   | 150                                 |                                                                                                    |       |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 50 %-os szaharóz oldat .... | 190                                 |                                                                                                    |       |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 50 %-os szaharóz oldat .... | 170                                 |                                                                                                    |       |
| NiO                            | 50 %-os szaharóz oldat .... | 190                                 |                                                                                                    |       |

5. táblázat

MeO—MeO<sub>2</sub>—H<sub>2</sub>O összetételű rendszerekbe tartozó kötőanyagok szilárdsága (kp/cm<sup>2</sup>) 8 att-os autokláválás után

| Bázikus oxid | Savanyú oxid tartalom, % |     |     |     |     |
|--------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
|              | 20                       | 40  | 50  | 60  | 80  |
| MgO          | 1 .....                  | 75  | 300 | 110 | 240 |
|              | 2 .....                  | 215 | 400 | 495 | 305 |
|              | 3 .....                  | 95  | 180 | 235 | 110 |
|              | 4 .....                  | —   | —   | —   | —   |
|              | 5 .....                  | 100 | 100 | 60  | 30  |
| CaO          | 1 .....                  | 15  | 25  | 35  | 75  |
|              | 2 .....                  | 255 | 475 | 610 | 600 |
|              | 3 .....                  | 130 | 260 | 335 | 280 |
|              | 4 .....                  | 100 | 60  | 80  | 60  |
|              | 5 .....                  | 170 | 40  | 30  | 50  |
| SrO          | 1 .....                  | 0   | 0   | 0   | 0   |
|              | 2 .....                  | 170 | 345 | 445 | 410 |
|              | 3 .....                  | 60  | 110 | 140 | 130 |
|              | 4 .....                  | 30  | 0   | 0   | 0   |
|              | 5 .....                  | 70  | 94  | 0   | 0   |
| BaO          | 1 .....                  | 0   | 0   | 0   | 0   |
|              | 2 .....                  | 0   | 0   | 0   | 0   |
|              | 3 .....                  | 45  | 80  | 105 | 95  |
|              | 4 .....                  | 0   | 0   | 0   | 0   |
|              | 5 .....                  | 0   | 60  | 130 | 0   |
| CdO          | 1 .....                  | —   | —   | —   | —   |
|              | 2 .....                  | —   | —   | —   | —   |
|              | 3 .....                  | 0   | 0   | 0   | 0   |
|              | 4 .....                  | 450 | 190 | —   | 70  |
|              | 5 .....                  | —   | —   | —   | 60  |

1. MeO—SnO<sub>2</sub> rendszerek.
2. MeO—PbO<sub>2</sub> rendszerek.
3. MeO—TiO<sub>2</sub> rendszerek.
4. MeO—ZrO<sub>2</sub> rendszerek.
5. MeO—H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> rendszerek.

ravljov azon nézeteivel, miszerint a kalcium-szilikát ásványok analógjainak kötő-tulajdonságai csak periodikus sorrendben jelentkeznek, ezért ez a kérdés további vizsgálatot igényel.

A fenti adatok a korábban, más szerzők [6—9] által kapott eredményekkel összhangban, megbízható alapul szolgálnak olyan, a MeO—Me<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—MeO<sub>2</sub> típusú rendszerekbe tartozó új kötőanyagok előállításához, amelyekben mind a Me<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mind pedig a MeO<sub>2</sub> lehet akár egyszerű oxid (mint például az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és a PbO<sub>2</sub>), akár pedig izotip oxidok keveréke.

A bázikus oxid — savanyú oxid (sav) típusú rendszerek összes vizsgált reakciói ugyancsak jó alapot adnak mesterséges kő előállításához.

Figyelmet érdemel az a körülmény, hogy a magnézium-oxid a bázikus oxidokkal milyen jó eredményt ad. Valószínűleg a kalcium-hidroszilikátokhoz hasonló típusú magnézium vegyületek könnyebben keletkeznek, mint mások, mert a vízmentes magnézium-titanátokból, stannátokból és plumbátokból még autokláv kezelés esetén sem keletkezik cementkő.

Ha összehasonlítjuk az ugyanazon MeO—MeO<sub>2</sub>—H<sub>2</sub>O rendszerekbe tartozó, de kétféle technológiával — egyrészt kötőanyag technológiával, tehát vízmentes kalcium-szilikát analóg ásványok égetéssel való előállítása és autokláválásos szilárdulásgyorsítása útján, másrészt autokláv technológiával, vagyis közvetlen az oxidokból és vízből kiindulva — előállított szintetikus kövek szilárdságvizsgálati eredményeit, akkor az utóbbit kell előnyben részesíteni, mivel ennél elkerülhető a különlegesen előkészített nyerskeveréknek a kiindulási ásványok előállítását célzó költséges égetési folyamata.

A por—szerves folyadék összetételű keverékek vizsgálati eredményeiből arra következtethetünk, hogy az ólom-oxid—glicerín kettőnek is megvannak a maga analógjai; így pl. kalcium, a stroncium stb. oxidjai glicerinnel, glikollal, glükóz-, ill. szaharóz-oldattal összekeverve gyorsan kötő, nagyszilárdságú kötőanyagokat adnak. Ezek némelyike, mint megállapítást nyert, egyéb cementfajtáktól eltérően, igen jól tapad a fémekhez, ill. üvegekhez.

A 3. táblázat adataiból kitűnik, hogy a cement-kémia szempontjából nemcsak a foszforsav és a fémoxidok kölcsönhatása lényeges. Az összes egyéb savakat, melyek fémoxidokkal reagálva nehezen oldódó sókat képeznek, fel lehet használni cement előállítására. Új távlatokat nyithat a szerves savak felhasználása termékek formázására fémoxid-porokból, mivel a kiegészítés során eltávozó kötőanyag a terméknek sajátos pórusos szerkezetet biztosít.

Az eddig kapott eredmények összességéből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy ezek az új anyagok, szilárdsági tulajdonságaikat tekintve, felülmúlják a portlandcementet és a nagy szilárdságot egyéb, a pornemű kiindulási anyagra jellemző specifikus tulajdonságokkal egyesítik magukban.

Az ilyen következtetés alapjául szolgálnak V. N. Jung professzor megállapításai is, aki a megszilárdult cementkővet „mikrobetonnak” tekintette [11], melyben a reakcióba nem lépett klinkerásványszemcsék játsszák az adalékanyag szerepét. Ha ezt a körülményt, valamint a kísérletek során nyert eredményeket összevetjük, akkor elméletileg lehetségesnek tartjuk megfelelő elektromos, mágneses,

ill. félvezető tulajdonságokkal rendelkező kötőanyagok előállítását, továbbá olyanokét, melyek a portlandcementhez viszonyítva jelentősen nagyobb fém-, üveg-, ill. kerámia-adhéziót mutatnak.

A fontosabb reakciók azon csoportját vizsgálva, amelyeknél a reakció szilárd anyag és víz, vagy szilárd anyag és különböző vegyületek vizes oldatai között megy végbe, az alábbiak jöhetnek számításba:

*fémoxid-víz; fémoxid-só; fémoxid-bázis; fémoxid-sav; só-víz; só-só; só-bázis; só-sav; bázis-sav.*

Ha a szilárd anyag fémpor, akkor ez még az alábbiakkal bővül:

*fém-víz; fém-bázis; fém-só; fém-sav; sőt még fém-nem fém is.*

Jelenleg a felsorolt reakciócsoportokból kötőanyagok előállítására kevesebb mint felét alkalmazzák éspedig az alábbiakat:

*só-víz reakció:* ezzel találkozunk a portlandcement és aluminátcement, a gipsz és a vízüveg alapú kötőanyagok szilárdulásánál;

*fémoxid-víz reakció:* égetett mész oltása;

*fémoxid-sav reakció,* mely a magnézium-oxiklorid cement szilárdulásánál, illetve a mészhomok termékek autoklávolásos szilárdításakor lép fel.

Hangsúlyozni kell, hogy az ismertetett, a kötőanyagoknál jelenleg is alkalmazott reakció típusokkal messze nincsenek kimerítve az új kötőanyagok kidolgozásának lehetőségei.

Sok lehetőséget rejt magában a só-víz reakció, azaz bármilyen típusú gyenge bázis és erős sav, vagy erős bázis és gyenge sav reakciójából keletkező sók hidrolízise. Teljességgel elvárható, hogy alkálifémek foszfátjaiból kiindulva, azok szilikátjaihoz hasonlóan, előállíthatók belőlük a saválló cementek analógjai [3]. Az alumínium bázikus sóinak, pl. oxinitrátjainak hidrolízisének alapuló kötőanyagokat már alkalmazzák zeolitok granulálásához [12]. Ezek választéka kétségkívül tovább bővíthető.

Adataink vannak arról, hogy  $ZrSiO_4$ , azaz gyenge bázis és erős sav sójának hidrotermális kezelésével mesterséges kőszerű anyagot állítottak elő [10].

Mindez azt igazolja, hogy nagy lehetőségek jelennek az oxidokból és a vízből álló új kötőanyagkeverékek felkutatásában, illetve kidolgozásában. Ha pedig a fémeket tekintjük, úgy a lehetőségek különösen kedvezők, hiszen jelenleg olyan cementeket, amelyeknél szilárd komponensként fémporokat használnának fel, még nem is ismerünk.\*

Körülbelül hasonló helyzettel találkozunk az olyan szilárd anyag—folyadék rendszereknél is, ahol a folyadék nem vizes oldat, hanem egyéb oldószer. A nem vizes oldatok kémiaja egyre nagyobb szerepet kap. Nem kétséges, hogy a kötőanyagok technológiájának elkövetkezendő fejlődése során a legkülönbözőbb vegyi anyagokat fogják alkalmazni keverő folyadékként.

A szerves vegyületek között, mint ismeretes, sok olyan található, amelyek mind savas, mind bázikus

gyökökkel rendelkeznek. Ennek következtében, a szerző véleménye szerint, a szilárd szervetlen (és szerves) por és szerves folyadék összekeverésével igen sok új kötőanyag állítható elő, sőt lehetséges, hogy ezen az alapon a kötőanyagok kémiajának új, önálló ága fejlődik majd ki.

Összefoglalva, bátran állíthatjuk, hogy a jelenleg alkalmazott, elsősorban építészeti célokat szolgáló, pornemű oxidok, illetve oxidvegyületek és víz, illetve egyes vegyületek vizes oldatai keverékéből képezett kötőanyagok a kötőanyagok kémiajának csak első s még egyáltalán nem lezárt fejezetét alkotják.

Egyéb, nem vizes oldószerek, valamint más folyadékok alkalmazása, különböző összetételű porokkal való vegyítése a legkülönbözőbb tulajdonságokkal rendelkező új kötőanyagok előállítását teszi lehetővé.

## IRODALOM

- [1] W. D. Kingery: Introduction to ceramics. 2. orosz kiadás. M. 1967.
- [2] V. F. Zsuravljov: Himija vjazsuscisih vscsesztv. M. 1951.
- [3] Ju. M. Butt és mások: Technologija vjazsuscisih vscsesztv. M. 1965.
- [4] V. V. Lüder, B. A. Pufanti: Elektronnaja teorija kiszlota i osznovanyij. M. 1950.
- [5] A. I. Satenstejn: Teorija kiszlota i osznovanyij. M. 1949.
- [6] Sz. D. Okorokov és mások: Vjazsuscisie szvojsztva titanatov metallov vtoroj gruppü periodiceszkov szisiztemü D. I. Mendelejeva. CBTI Lenszovnarhoza. 1960.
- [7] Sz. D. Okorokov és mások: Vjazsuscisie szvojsztva manganatov metallov vtoroj gruppü periodiceszkov szisiztemü D. I. Mendelejeva. Trudü LTI vüp. VI. 1960.
- [8] A. Braniski: Stabilisierter Tristrontiumsilikat. Zement-Kalk-Gips, 1957. N° 10, 398.
- [9] A. Braniski: Strontium Hüttenzemente. Silikat-technik. 1957. N° 10.
- [10] D. I. Csemodanov, R. I. Janina: Isszledovanie vjazsuscisih na osznove cirkonatov kalcija. Teziszü dokladov... naucsno-techniceszkov konferencii. LTI 1967.
- [11] V. N. Jung: Osznovü tehnologii vjazsuscisih vscsesztv M. 1951., 511.
- [12] K. T. Ione: Polucsenie sz pomoscsju osznovnih szolej aljuminija granulirovannih ceolitov. Avtoreferat disszertacii. L. 1964.

Fjodorov, N. F.: Portlandcement és egyéb kötőanyagok szintetikus analógjai.

A jelenleg ismert kötőanyagok szilárdulásakor az alábbi reakció típusokkal találkozhatunk: só—víz, oxid—víz, oxid—sav, oxid—só és hidroxid—sav. Ezekből kiindulva az új kötőanyagok széles skáláját állítottuk elő, melyekben a fő szerepet a dikalcium-szilikát analógjai: magnézium-, kadmium-, bárium-, stroncium-stb. kationok stannátjai, plumbátjai, cirkonátjai, vanadátjai és kromátjai játszották.

A bekeverő anyagok víz, sóoldatok, savak stb. voltak. Az előállított új kötőanyagokat normál szilárdítással, illetve autoklávolással érlelve, sok esetben jelentős szilárdságot tapasztaltunk.

A kísérletek alapján várható, hogy egészen különleges elektromos, mágneses, tűzálló stb. tulajdonságokkal rendelkező kötőanyagokat sikerül majd előállítani.

\* Fémpor és sav keverékéből álló cementeket laboratóriumunkban nemrégiben már előállítottunk.

**H. Ф. Федоров: Синтетические аналоги портландцемента и других вяжущих материалов.**

При твердении известных в настоящее время вяжущих веществ могут протекать следующие типы реакций: соль-вода, окись-вода, окись-кислота, окись-соль и гидрат-кислота. На основе этих реакций удалось получить широкую шкалу новых вяжущих веществ в которых основную роль играют аналоги двухкальциевого силиката: станнаты, плюмбаты, цирконаты, ванадаты и хроматы катионов магния, кадмия, бария, стронция и т. д.

В качестве затворителей применялись вода, растворы солей, кислоты и т. д. Полученные таким образом новые вяжущие вещества как при нормальном твердении, так и при автоклавной обработке во многих случаях имели значительную прочность.

На основе проведенных исследований открывается возможность получения специальных вяжущих веществ обладающих электрическими, магнитными, огнеупорными и т. д. свойствами.

**Fjodorow, N. F.: Synthetische Analoga des Portlandzements und anderer Bindemittel**

Bei der Erhärtung der z. Z. bekannten Bindemittel treffen wir die folgenden Reaktionstypen an: Salz—Wasser, Oxyd—Wasser, Oxyd—Säure und Hydroxyd—Säure. Davon hergehend wurde eine breite Skala neuer

Bindemittel hergestellt, in welcher die führende Rolle Analoga des Dikalziumsilikats zu spielen haben: Stannate von Magnesium, Cadmium, Baryum, Strontium und anderen Kationen, ferner Plumbate, Zirkonate, Vanadate und Chromate derselben.

Zum Beimengen dienten Wasser, Salzlösungen, Säuren usw. Die also hergestellten Bindemittel führten beim Erhärten auf normale Weise und mittels Autoklavreifens in zahlreichen Fällen zu nennenswerter Festigkeit.

Auf Grund der Versuche ist zu erwarten, daß es gelingen wird Bindemittel mit ganz besonderen elektrischen, magnetischen, feuerfesten usw. Eigenschaften herzustellen. (S. G.)

**Fedorov, N. F.: Synthetic Analogues of Portland and Similar Cements**

The hardening of binders being used is restricted to the following types of reactions: salt—water, oxide—water, oxide—acid, oxide—salt and hydroxide—acid. A wide range of new binders was produced: stannates, plumbates, zirconates, vanadates, and chromates of magnesium, cadmium, barium, strontium and similar cations, the hardening of which is based upon the reaction types mentioned (i. e. by mixing them with water, or solutions of salts or acids). Some of the materials gave high strength after normal- or autoclave curing. It is hoped that new binders having unusual electric, magnetic, refractory etc. properties can be manufactured.

## Egyesületi élet

### JUBILEUMI KÖZGYŰLÉS

A Szilikátipari Tudományos Egyesület 20 éves „Jubileumi Közgyűlés”-e alkalmából — az Egyesületben végzett kimagasló társadalmi munkáért — az alábbi tagok kaptak:

#### „SZILIKÁTIPARÉRT” EGYESÜLETI ÉRMET

##### Arany fokozat

Szokup Lajos, az Egyesület elnöke,  
Habuda Ádám, elnökségi tag,  
Dr. Grofcsik János, ny. egyetemi tanár.

##### Ezüst fokozat

Gyurián Lajos, elnökségi tag,  
Baritz Árpád, főtítkárhelyettes,  
Dr. Knapp Oszkár, elnökségi tag.

##### Bronz fokozat

Grofcsik Elemér, főtítkárhelyettes,  
Dr. Fitz Tamás, a Gazdasági Bizottság vezetője,  
Erdély Imre, elnökségi tag.

#### AZ „ÉPÍTŐIPAR KIVÁLÓ DOLGOZÓJA” KITŰNTETÉST

Chikán János  
Deák Mihály  
Kakasy Gyula  
Simon Jenő

Vig Jenő  
Dr. Pákozdy Veronika  
Tóth Ferenc  
Reinelt Emil

Ezenkívül 50 fő pénzjutalomban részesült, 30 fő pedig a Finomkerámiaipari Művek és az Üvegipari Művek által az Egyesület rendelkezésére bocsátott ajándéktárgyakat, valamint kb. 120 fő, — az Egyesület alapító tagjai — „Jubileumi emlékérmét” kapott.

**SZERKESZTŐBIZOTTSÁG**

A Szilikátipari Tudományos Egyesület *Üvegszakosztálya* keretében megalakult az Ifjúsági Üvegklub. Célja, hogy lehetőleg mindazok a fiatalok, akik az üveggel hivatásszerűen akarnak foglalkozni — akár a hutában, akár a megmunkáló műhelyekben, akár tervezőként, vagy akár magasabb művészi színvonalon — még mielőtt belépnének munkahelyükre, megismerkedhessenek egymással. Az üveg körébe vágó munka — mint komplex művesség — nem nélkülözheti a különböző rétegeken dolgozók harmonikus összmunkáját a magasabb célok elérése érdekében. Mert a szép üveg a művész, az üveg-fűvő és a megmunkáló színvonalas összmunkájának születte. A klub ezért szívesen látja az e munkákra felkészülő fiatalokat.

Havonként egyszer a Tudományos Egyesület helyiségében megtartott klubdelutánok alkalmát kívánnak

adni a fiataloknak tanulmányaik folyamán felmerült művészeti-technikai problémáik megbeszélésére. Segítségét kívánnak adni azokon a művészeti-technikai területeken, amelyekben ilyen igény felmerül. Film- és diavetítésekkel alkalmat fognak adni a világ üvegművességének és üvegművészetének megismerésére.

A klub számít a fiatalok tevékeny részvételére a kérdések felvetésében és megvitatásában.

Az első klubdelután március 27-én, szépszámmú, komolyan érdeklődő résztvevővel, jó hangulatban zajlott le, a másodikra április utolsó esztőtörtökén került sor.

Az üvegipar fiataljait minél nagyobb számban várjuk a jövő alkalmakra is.

(S.G.)

## 1. Bevezetés

A Vízépítési Tanszéknek egy korábbi kutatási feladata, mely a bányászati építésnél előforduló aknátalp-cementálás közben előforduló káros jelenségek vizsgálatát célozta, ráirányította a figyelmet a cementszuszpenziók kötése közben lejátszódó zavaró hatások jelentőségére. A feladat vizsgálatánál ugyanis olyan jelenséget észleltünk, hogy a meghatározott ideig mozgásban tartott cementszuszpenzió igen alacsony végszilárdságot adott, illetve a cementhidratáció hosszabb időtartamú mechanikai zavarásának hatására nem is alakult ki mérhető értékű szilárdság.

A műszaki gyakorlatban számos olyan feladat adódik, amelynél a cementszuszpenziót hosszabb ideig mozgásban kell tartani. A cementszuszpenzió mozgása, illetve mozgatása közben lejátszódó jelenségek a folyós állapotban felhasznált cementhabarcsok viselkedését is befolyásolják, sőt a mozgásban tartott betonra is következtetések vonhatók le.

A kérdés vizsgálata alapvetően arra irányult, hogy megállapítsuk a cementszuszpenzió mozgása — mint a hidratációt befolyásoló tényező — időtartamának, továbbá a mozgatás jellegének befolyását a szuszpenzió ülepedésére, szilárdulásra és a szilárdságra.

A felvetett kérdés a cementszuszpenziókat alkalmazó építési gyakorlat számos területét érinti:

a) Injektálási munkáknál a cementszuszpenzió vagy habarcs csővezetéken történő szállítása közben — de az injektálás munkafolyamata alatt is — az anyag hosszabb ideig mozgásban van, így a nyugvó állapottól eltérő hidratáció és szerkezet alakul ki.

b) Prepakt beton készítésénél — különösen nagy betontestek előállításánál — egy-egy szakasz telítésének befejezéséig a habarcs mozgásban van. A mozgás időtartama és a szilárdság összefüggésének ismerete szükséges az egyidejűleg kitölthető szakaszok nagyságának, illetve az optimális besajtolási teljesítmény meghatározásához.

c) A gyártól keverőtartályban szállított friss betonok szállítási időtartamának a szilárdságra gyakorolt befolyását ugyancsak lényeges ismerni.

## 2. A mechanikai úton módosított cement-hidratáció hatása a szilárdulásra

A kísérletek arra irányultak, hogy a mechanikai úton módosított cement-hidratáció hatását vizsgáljuk a cementkörre és cementbetonra.

A cement hidratációja, mint ismeretes, víz jelenlétében azonnal megindul, és a folyamat hosszabb időn át folytatódik. A cementszemcse külső felületén a klinkerásványok hidrátjainak képződése a vízzel történt érintkezéskor indul meg, majd a

hidratálódás a cementszemcse belseje felé halad, fokozatosan lassuló folyamat során. A szemcse felületén keletkező hidrátok úgynevezett gél-struktúrájúak, jellemzője a nagy felület. A szemcsék összekapcsolódása — tehát a szilárdság hordozója — elsősorban a nagy felület; ui. a kötőerők lényegében felületi erők. Továbbá meghatározó szerepe van a tömörségnövekedésnek, amely nyugvó pépben azért játszódik le, mert a hidratációs termékek kb. kétszer akkora helyet igényelnek, mint a tömör cement, melyből a hidrát keletkezett, tehát kitöltik a kapilláris pórusokat.

Betonok, illetve tömörített cementpépek esetében, ahol a szemcsehalmaz szoros egymásmelletti-sége biztosítva van, és a hidratációhoz szükséges vízmennyiség optimális, a cementszemcsék kapcsolódása tehát igen szoros, és ezért a hidratáció mértékének növekedése folytán egyre nagyobb szilárdság jön létre.

A nagy vízcementtényezőjű szuszpenziók esetében a cementszemcsék azonban „úsznak” a hordozó folyadékban, az egyes szemcsék egymástól mért távolsága nagy. A hidratáció megindulása és előrehaladása során a hidratáció termékeinek mennyisége növekedik, de mivel a cementszemcsék egymástól nagy távolságra helyezkednek el, a keletkező cementkő kis tömörségű anyag lesz, és a hidrátok szálas struktúrája sem fejlődik ki. A cementszemcsék hidratációs kapcsolódása ez esetben csak hosszabb idő után és lazább formában következik be. Ez egyben magyarázatot ad arra az ismert jelenségre is, hogy a vízcementtényező növekedése magával vonja a kötésidő elhúzódnását és a szilárdság csökkenését.

A nyugalomban levő cementszuszpenzió — bármilyen nagy is a vízcementtényező — előbb-utóbb megszilárdul, mert a cementszemcsék leülepsznek és bár laza, de mégis zárt halmazt alkotnak, így a szemcsék hidratációs összekapcsolódása lazább formában ugyan, de bekövetkezik.

Ha azonban a cementszemcséket mozgásban tartjuk, a jelenség más tendenciát vesz fel. A hidratáció a vízzel történt érintkezéstől kezdve ez esetben is megindul és a szemcsék felületén a gélképződés is mozgásba jön. A szuszpenzió mesterséges mozgatása azonban meggátolja a szemcsék egymásba kapcsolódását, amíg a mozgás tart. A mozgás időtartamától függ, hogy a nyugalmi állapot bekövetkezésének idején a szemcsék külső felületén folytatódik-e a gélnövekedés, vagy befejeződött. Ha a hidratáció még képes folytatódni, a szemcsék további összekapcsolódása bekövetkezik, de a mozgás ideje alatt bekövetkezett hidratáció hatása már csak részben érvényesül, és általában a folyamat befejező részének hatására áll elő lényeges szilárdulás. A mozgás meghatározott szélső időtartama esetén olyan eset áll elő, melynél a teljes szem-

csehalmoz hidratálódott állapotba kerül, anélkül, hogy a cement szemcsék között kötés jött volna létre. Ebben az esetben a végtermék szilárdság nélküli cementgél-iszap.

A cement szemcsék mozgása közben olyan mellékjelenségek is lejátszódnak, melyek a végtermék szilárdságát befolyásolják.

A mozgás, a keverés hatására a cement szemcsék „benedvesítése”, vagyis a hidratáció intenzitásának fokozása is bekövetkezik — melynek hatékony végbemenése a szilárdságra nézve előnyös hatást eredményez. A folyamat folytatása azonban a hidratáció kifejlődésével negatív irányt vesz fel. A mozgás mechanikai hatása a szemcsék egymáshoz való ütközését váltja ki, mely a szemcsék koptatásával jár. Ez a koptatás elsősorban a frissen keletkező hidratációs termékek „mennyiségi növekedését” váltja ki. Ismert, hogy a hidratáció kezdeti szakaszában keletkező gél eltávolítása előnyösen hat a hidratációra és a szilárdság alakulására. A koptató hatás további eredménye azonban a „kötőképes hidratációs termékek” mennyiségének a csökkenése lehet. A koptató hatás a mozgás típusától és intenzitásától függ. Elképzelhető olyan intenzitású mozgás, mely a cement szemcsék továbbörklését, vagyis a fajlagos felület növekedését, ezzel pedig a szilárdság fokozódását is kiváltja, ha annak időtartama nem nyúlik bele a hidratáció kifejlődésének előrehaladottabb szakaszába.

Az állandó mozgásban tartott cement szuszpenzió esetében tehát a szilárdságot nem a hidratációs mérték határozza meg, hanem a gélek struktúrája és elhelyezkedése. Ilyenkor nem biztosított a gélek beáramlása a kapillárisokba, tehát a hidratáció előrehaladása nem jelentkezik tömörségnövekedésben. Ez lehet a kis szilárdság fő oka.

Amikor a cement szuszpenzió kötésének mechanikai úton történő megzavarását vizsgáljuk, nem hagyható figyelmen kívül a zavarás egyik olyan fajtája, mely tulajdonképpen nem külső behatás eredményeképpen jön létre, hanem a szuszpenzió természetes mozgásával áll elő. Ez a mozgás az ún. ülepedés (szedimentáció), mely különösen injektálásnál, aknátalp cementálásnál és vízalatti betonozásnál bír jelentőséggel.

Az injektálással helyére juttatott cement szuszpenzió magas  $v/c$ -vel bír, ezért nyugalmi állapotban bekövetkezik az ülepedés jelensége, vagyis a fölös víz kiválása a szuszpenzióból. Ez a jelenség úgy zajlik le, hogy a keverés alatt homogén szuszpenzióból a nyugalmi állapot bekövetkezése után a szemcsék ülepedni kezdenek. Az ülepedés folyamatánál a szemcsék ülepedési sebessége arányos a szemcsék átmérőjének a négyzetével. (Stokes törvénye)

Az ülepedés folyamata alatt a szemcsék mozgásban vannak, bár maga a szuszpenzió már nyugalmi helyzetbe került.

A szemcsék mozgásának időtartama az ülepedési sebesség és az ülepedési úthossz függvénye. Mialatt a szemcsék ülepednek, kötés nem jöhet létre, bár a hidratáció folyamata zavartalanul folytatódik. Az ülepedés azonban nem olyan természetű mechanikai behatás, mely a hidratációt zavarja.

Ha az ülepedő szemcse hidratálódik, és a felületén hidratburok, illetve gél képződik, az ülepedés sebessége is módosulhat. Stokes törvénye ui. szilárd fázisnak folyadékban való mozgására vonatkozik, a szemcse felületén képződött gél pedig eltérhet a szilárd fázis tulajdonságaitól. Ez az eset nagy ülepedési úthossz esetében fordul elő, vagy akkor, ha a szuszpenzió már az ülepedés előtt hidratálódni kezdett, pl. zavart kötés esetében. Mivel azonban a kötés végéig (kb. 12—16 óráig) a közönséges portland-cementnek normális esetben csak kb. 10—15%-a hidratált, ennek nincs gyakorlati jelentősége. Más a helyzet a szuszpenzió mechanikai aktiválásakor, mert az előidézheti a hidratáció lényeges gyorsulását.

### 3. A kísérleti program

A kísérletekkel a hidratáció megzavarása során fellépő jelenségek tendenciáját kívántuk tisztázni, a mozgás típusának, intenzitásának és időtartamának függvényében, továbbá megpróbáltuk meghatározni a zavarásnak azt a kritikus időtartamát, mely a szilárdság teljes megszűnéséhez vezet. A vizsgálat 7 napos szilárdságra, továbbá a szuszpenziók ülepedésére vonatkozott. Ez utóbbi vizsgálat a szemcsék alakjának a zavarás folyamán bekövetkezett módosulására adhat támpontot. A szuszpenzió előállítás után ülepedés ui. bizonyos, hogy összefügg a szemcsék hidratburokának a nagyságával.

Az alkalmazott mozgástípusok a következők voltak:

a) *Állandó levegőztetés*: a megkevert szuszpenziót sűrített levegő bevezetésével állandó mozgásban tartottuk. A mozgás intenzitása csekély volt, de nyugalmi helyzet a szuszpenzió tömeg egyetlen pontján sem állhatott be. A mozgó szuszpenzióból óránként kiemelt mintákból  $2 \times 3$  db próbatest és ülepedési vizsgálat készült. A 7,07 cm élhosszúságú próbakockák törését 7 napos korban végeztük el. A következőkben bemutatott kísérleteknél is a fentiekkel azonos módon történtek a mintavételek és a vizsgálatok is.

b) *Periodikus levegőztetés*: az elkészült szuszpenziót meghatározott időközökben az a) ponthoz hasonlóan sűrített levegő bevezetésével mozgásba hoztuk. A zavarás mértéke 3 fokozat beállításával történt: 10, 20 és 30 percenként, 2 perces időtartamú levegőztetést alkalmaztunk.

c) *Állandó keverés*: az elkészült szuszpenziót laboratóriumi motoros keverővel állandó mozgásban tartottuk. Háromféle kísérletsorozat készült, a keverési sebesség szerepének tisztázása céljából. Az alkalmazott sebességek 1800 ford/perc, 360 ford/perc és 60 ford/perc.

d) *Periodikus keverés*: az elkészült szuszpenziót meghatározott időközökben a c) pont alatt leírt be rendezés 60 ford/perc sebessége mellett mozgásba hoztuk. A zavarás 3 fokozatát, és pedig 10, 20 és 30 percenként, 2 perc időtartamú keverést alkalmaztunk.

e) *Ülepedés vizsgálata*: az elkészült cement szuszpenziót a hidratáció zavarása nélkül, illetve az a) b), c), d) pontok szerinti zavarásának kitéve kém-

csőbe töltöttük. A szuszpenzió ülepedését 8 órán keresztül vizsgáltuk.

Valamennyi kísérlethez C500 cementet használtunk, és a leírt kísérleteket 3 féle sűrűségi szuszpenzió előállításával végeztük el, hogy a sűrűség esetleges hatása is értékelhető legyen.

A választott mozgástípusok a 2. pontban leírt modellhez igazodva a következő eseteket reprezentálták:

— Az állandó levegőztetés olyan jellegű mozgásnak fogható fel, mely a cementszemcsék és a hidratációs termékek hidratáció közbeni agglomerálódását meggátolja, de a szemcsék ütközési sebessége, így a szemcsék körüli gélburok koptatása minimális mértékű. Ugyanez nem mondható el az állandó keverés esetéről, melynél az állandó zavarás mellett

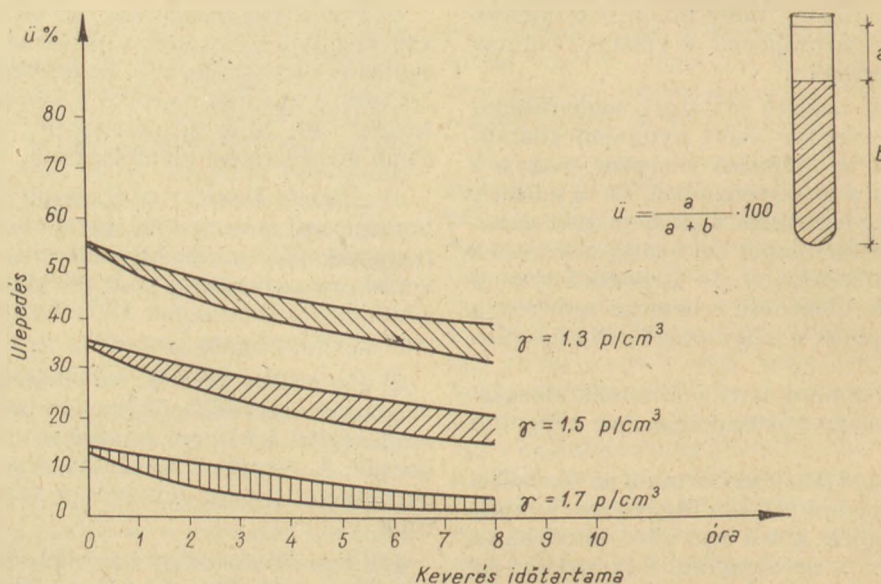
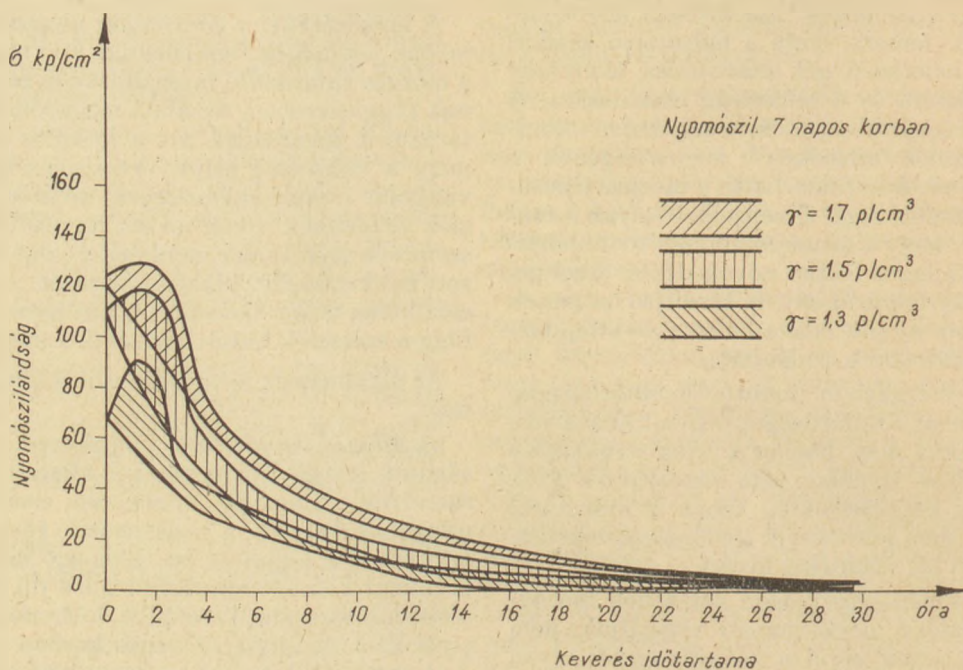
éppen a mechanikai hatás nagyságának (keverési sebesség) befolyását vizsgáltuk.

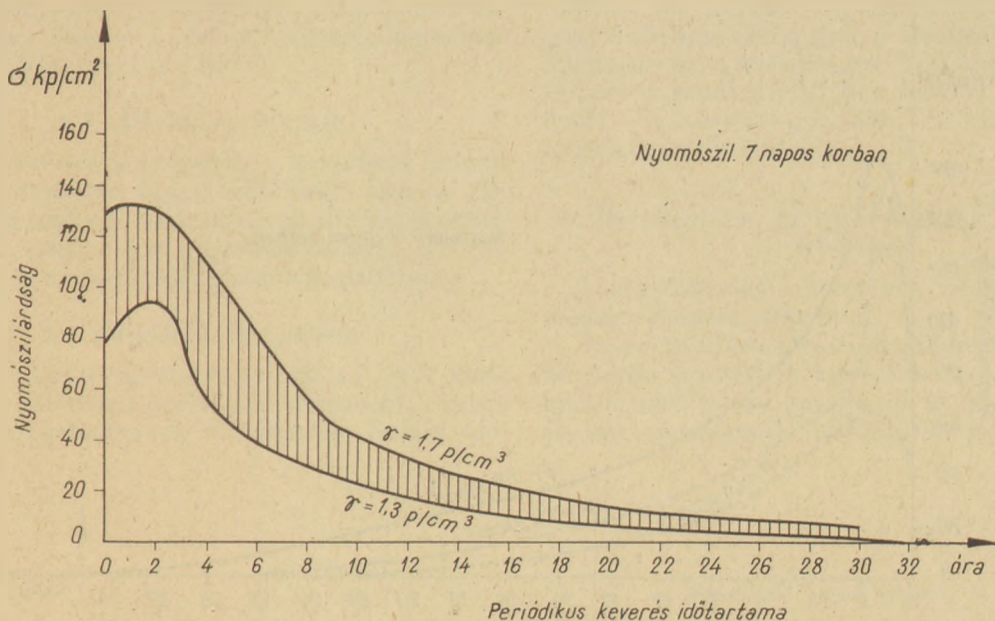
— A periodikus levegőztetés kizárólag a hidratáció zavarását szolgálta, anélkül, hogy jelentős mechanikai hatást jelentene. A zavarás időbeli differenciálását is a függvény egyik változójának fogtuk fel.

— A periodikus keverésnél mindig 60 ford/perc sebességet alkalmaztunk. Ez a folyamat intenzitásában különbözik a periodikus levegőztetéstől.

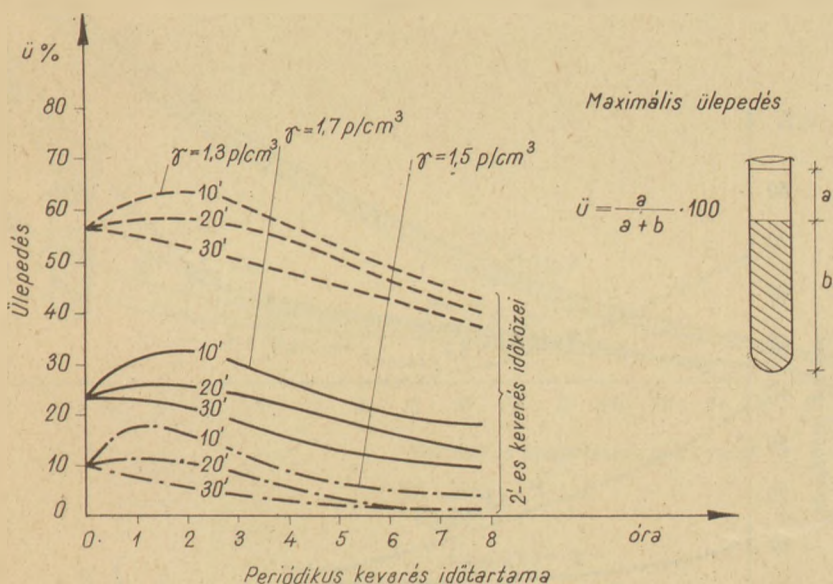
#### 4. A kísérleti eredmények értékelése

A kísérletek eredményét az 1—10. ábrákon tüntettük fel és azokról az alábbi következtetések vonhatók le:





3. ábra



4. ábra

#### 4.1. Állandó keverés

A kísérletsorozat alapján összefüggés állapítható meg a keverés időtartama és a cementbeton nyomószilárdsága között. E szerint, ha a cementszuszpenziót 24—30 óráig állandóan keverik, a szilárdság gyakorlatilag 0-ra csökken (1. ábra). Ez a jelenség mindhárom vizsgált szuszpenzió-térfogatsúlynál közel azonos keverési időtartam után jelentkezik.

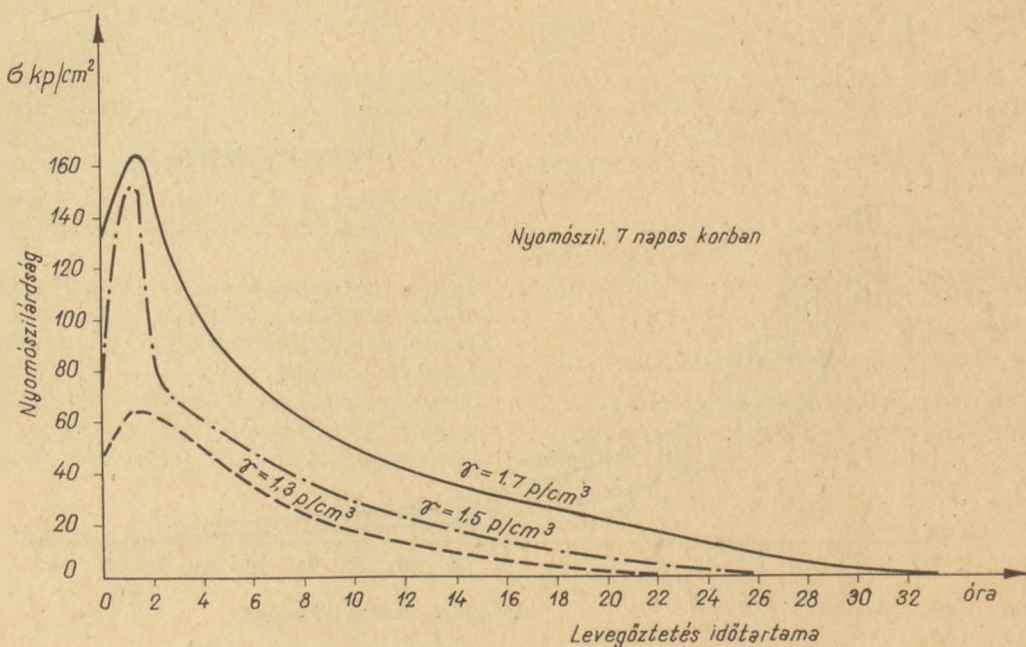
A szilárdság közbenső értékei a szuszpenzió-térfogatsúlynak megfelelően különülnek el, és pedig a magasabb térfogatsúly egyben nagyobb szilárdságot is eredményez.

A keverés fordulatszámanak növekedése a szilárdságot csökkenti. Az 1. ábrán az egyes szuszpenzió-térfogatsúlyoknak megfelelő értékeket két határgörbe között ábrázoltam, és pedig a felső — ma-

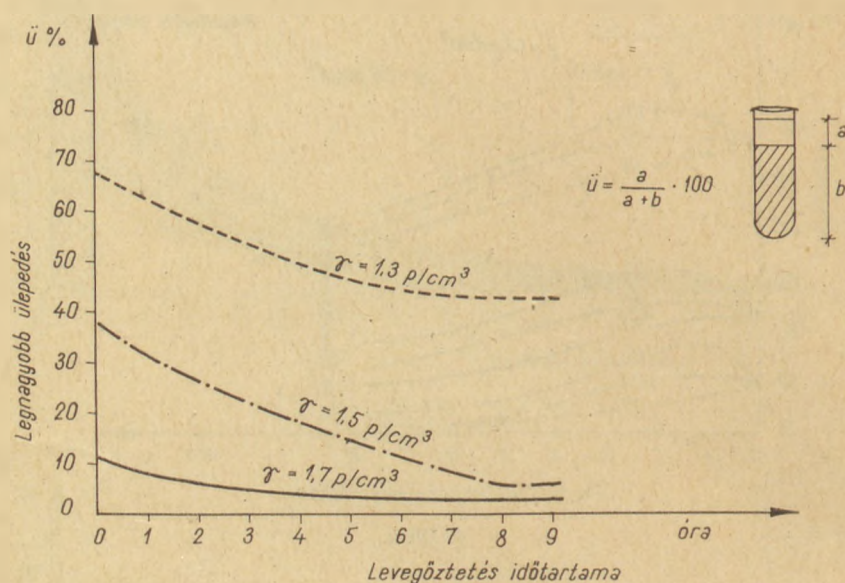
gasabb szilárdságot jelző — görbe az alacsonyabb, az alsó görbe a magasabb fordulatszámot jelképezi.

Az 1 órás keverési időtartamnál valamennyi esetben maximum jelentkezik a szilárdsági görbékben. Ez a jelenség az intenzív keverés okozta fokozott hidratáció előnyét bizonyítja. (Lásd közismert nedvesörlés, vagy nyírás.) A görbe lefutása egyben megmutatja az intenzív keverés időtartamának optimumát, jelezve az optimum túllépéséből adódó negatív következményeket is, melyek okait a bevezetőben már részletesen taglaltam.

A szuszpenzió ülepedésével (vízleadás), mint folyamattal egy további kísérletsorozat kapcsán részletesen kívánok foglalkozni. Az ülepedés nagyságának mértékére az egyes folyamatok kihatnak (2. ábra).



5. ábra



6. ábra

A kísérletekből kitűnik, hogy az ülepedésre valamennyi kísérleti paraméter kihatással van.

A fordulatszám növekedése, és a szuszpenzió fajsúlyának növekedése csökkenti az ülepedés mértékét. A keverés időtartamának növekedése ugyan-csak jelentősen csökkenti az ülepedést.

#### 4.2. Periodikus keverés

Míg az állandó keverés hatása szabályos összefüggéseket eredményezett a főbb paraméterek között (keverés időtartama, a szuszpenzió térfogatsúlya és szilárdság) a periodikus keverésnél szabályszerű összefüggéseket mérsékeltebben lehet meg-

állapítani. Így a szuszpenzió térfogatsúlyának hatása ennél a zavartatásnál már alig differenciálható.

Minden esetre megállapítható, hogy a periodikus zavaró hatás következtében a szilárdság a zavarhatóság időtartamának függvényében csökken. Az állandó keverés hatásánál valamivel hosszabb időtartamú periodikus keverés mellett a szilárdság 0-ra csökken, vagyis ez esetben is bekövetkezik a kötés nélküli hidratáció. Az is megállapítható, hogy az egyes zavarási periódusok időtartama tendencia jelleggel befolyásolja az elért szilárdságot: a keverés időtartamának növekedése alacsonyabb szilárdságot eredményez (3. ábra).

Az ülepedés lefolyásánál a főbb paraméterek hatása jellegzetesen — az állandó keverés hatásához hasonlóan jelentkezik (4. ábra).

#### 4.3. Állandó levegőztetés

A levegőztetés lényegében a keveréssel azonos hatást eredményez, úgy a szilárdság, mint az ülepedés tekintetében. Az 5. ábrán az állandó levegőztetésnek a szilárdságra gyakorolt hatását, a 6. ábrán pedig az ülepedés alakulását szemléltetem.

#### 4.4. Periodikus levegőztetés

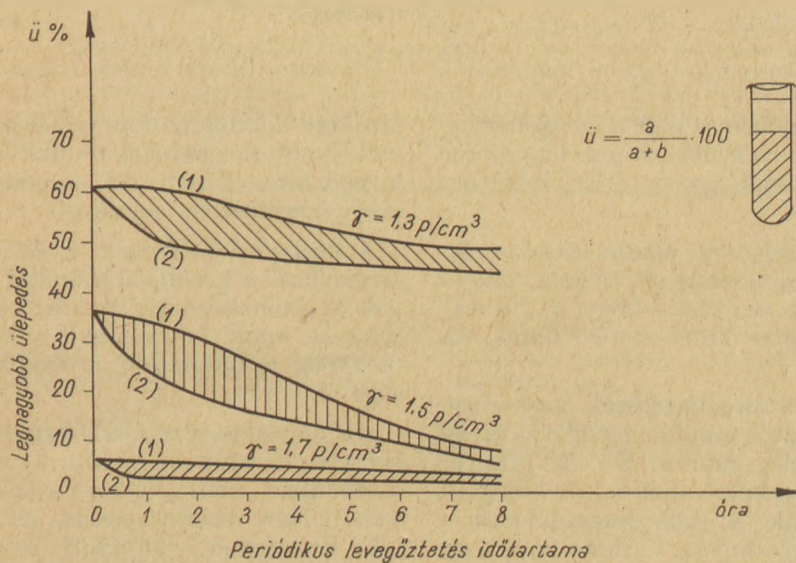
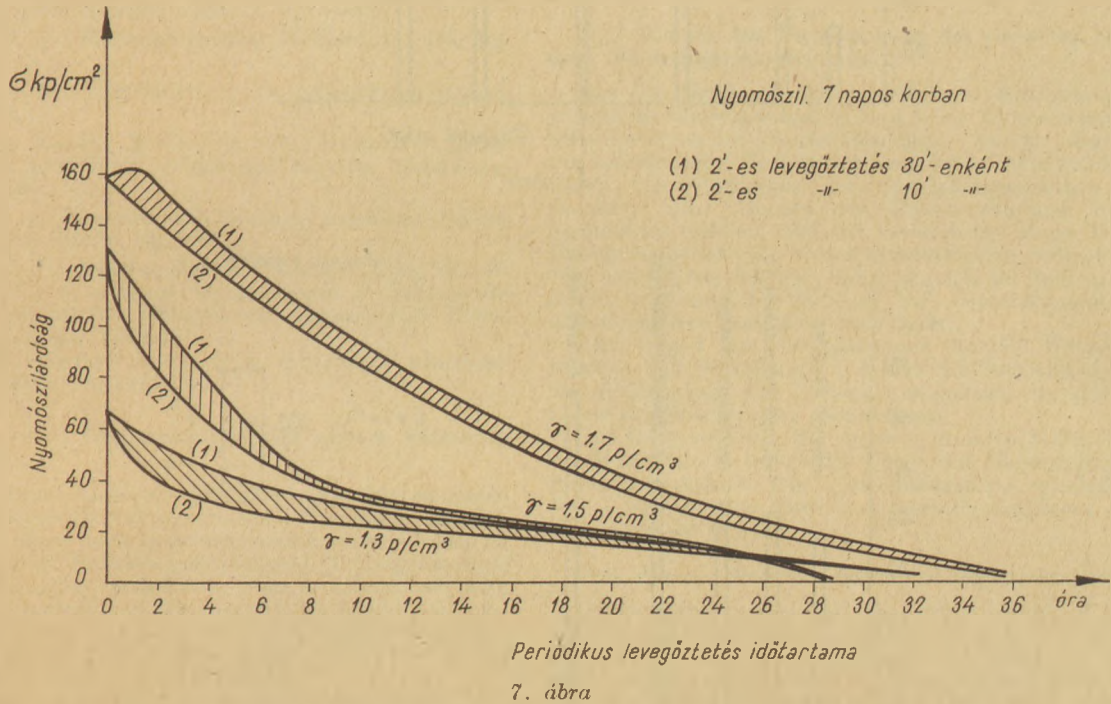
A periodikus levegőztetés hatását a 7. és 8. ábrák mutatják. Eltérően a periodikus keveréstől, a szuszpenzió térfogatsúlyának differenciáló hatása erő-

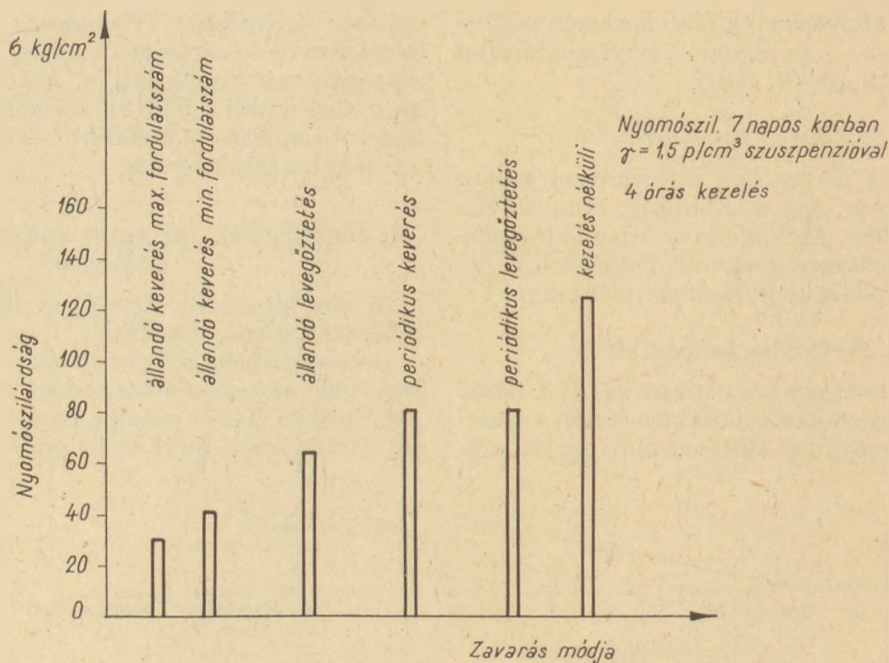
teljesen jelentkezik. Ugyancsak megállapítható, hogy a zavarás sűrűsége (a periódusok időköze) befolyással van a szilárdságra. A 8. ábrán közölt határgörbék közül a felső (1) a ritkább — 30 percenkénti — az alsó (2) a sűrűbb — 10 percenkénti — zavarás hatását mutatja.

#### 5. Összefoglalás, az egyes hatások összefoglaló értékelése

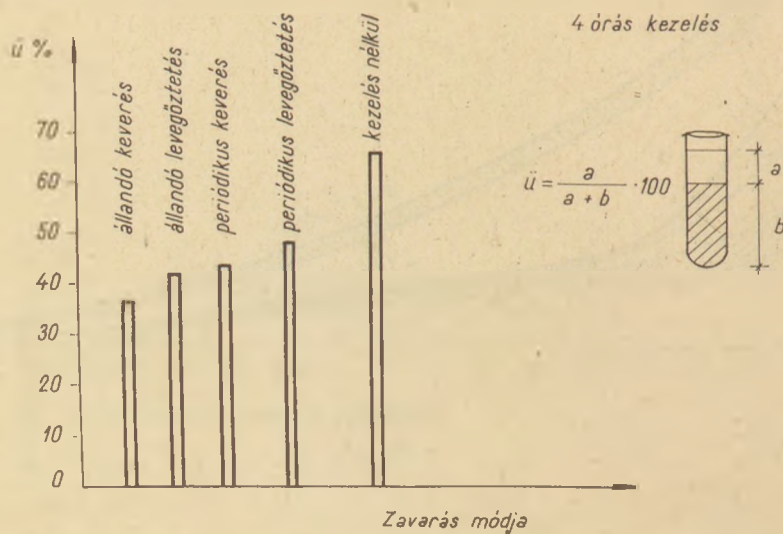
A kísérletsorozat keretében négyféle zavarási módszer hatását vizsgáltuk.

A keveréssel történő zavarás a hidratálódó cement-szemcsék mozgásban tartásával nemcsak a szemcsék közötti kötést gátolja, de az állandó ütköztetés folytán a képződő hidrátkurkot is koptatja.





9. ábra



10. ábra

A levegőztetés lényegében az előbbivel azonos hatást fejt ki, de a szemcsék ütköztetése lényegesen kisebb energiával történik, így az „örlés” effektusa mérsékeltebb.

A fenti mozgások *periódikus* alkalmazása az „örlés” effektus teljes kiküszöbölését célozta, vagyis annak megállapítását szolgálta, hogy a „tisztá” mellékhatásoktól mentes kötés-zavaró hatás milyen eredményt ad.

A vizsgálatsorozatból megállapítható, hogy a szilárdságra gyakorolt hatás mind a négyféle zavarási módnál nagyságrendileg azonos. Kb. 30 órán át tartó zavarás esetén a kötés elmarad és hidratált cementzap kéletkezik. A szilárdságcsökkenés a zavarás időtartamával arányos. Várható volt, hogy az intenzívebb effektusú zavarás — mely nedves örlésnek fogható fel — 1—2 órás kezelés alatt szilárdsági maximumot eredményez.

Ez a hatás a csekélyebb mechanikai munkával járó periodikus levegőztetésnél elmarad, a periodikus keverésnél pedig mérsékelten jelentkezik.

A közbelső szilárdsági értékek alakulásánál jól érzékelhető a közölt mechanikai munka nagyságának és intenzitásának hatása: minél intenzívebb a zavarás, annál fokozottabb a szilárdságcsökkenés (keverési fordulatszám, periodikus zavarás sűrűsége (9. ábra).

Az ülepedés vizsgálata arra nyújt támpontot, hogy a cementszuspenzióban levő szilárd fázis a mechanikai munka hatására hogyan módosult. A szilárd fázis szemmegoszlása és a hidratáció mértéke lényegesen befolyásolja a szuszpenzió ülepedését. A kísérletekből megállapítható, hogy az ülepedés mértéke a mechanikai behatás mértékének és

tartamának behatásával arányosan csökken. Az eredmények módot adnak az egyes zavarási módok hatásának ilyen értelmű összehasonlítására is (10. ábra).

#### IRODALOM

- J. Agroszkin—G. Dmitrijev—F. Pikalov: Hidraulika (Tankönyvkiadó Budapest, 1952.)  
 Dr. Boldizsár T.: Bányászati Kézikönyv, IV. (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.)  
 Dr. Jávör A.: A közönséges aknamélyítés korszerű módszerei (MTI jegyzet, Tankönyvkiadó, Bp. 1964.)  
 Dr. Karsai F.: Mélyfúrások (MTI jegyzet, Tankönyvkiadó, Bp. 1962.)  
 Lamp H.: A cementhabarcs besajtolási eljárás (MTI jegyzet, Tankönyvkiadó, Bp. 1947.)  
 Lútvai E.: Válogatott fejezetek az áramlástan köréből (MTI jegyzet, Tankönyvkiadó Bp. 1965.)  
 Nagypál S.: Mélyépítési betonozás különleges kérdései (MTI jegyzet, Tankönyvkiadó, Bp. 1965.)  
 Dr. Németh E.: Hidromechanika (Tankönyvkiadó, Bp. 1962.)  
 Dr. Palotás L.: Építőanyagok II. (Akadémiai Kiadó, Bp. 1961.)  
 Dr. Palotás L.—Dr. Balázs Gy.—Dr. Kilián J.: Építőanyagok praktikum (Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Bp. 1965.)  
 Trupak N. A.: Repedezett kőzetek cementálása (Nehézipari Könyvkiadó, Bp. 1963.)  
 Dr. Zámbo J.: Bányaművelés (Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1957.) A magyar aknamélyítés és bányászati mélyépítés 10 éve (Bányászati Aknamélyítő Tröszt kiadványa, Bp. 1962.)  
 Műszaki előírások betonok és habarcsok készítéséhez (ÉDOK. Bp. 1962.)

Gróf Ferenc: Cementszuspenziók zavart kötésének vizsgálata

A bányászati építésnél előforduló aknátalp-cementálás során előforduló káros jelenségek vizsgálata ráirányította a figyelmet a cementszuspenziók kötése közben lejátszódó zavaró hatások jelentőségére. A vizsgálatoknál olyan jelenségeket észleltünk, hogy a különböző ideig mozgásban tartott cementszuspenziók különböző vég-szilárdságokat adtak, sőt a cementhidratáció hosszabb időtartamú mechanikai zavarásának hatására nem is alakult ki mérhető értékű szilárdság.

A vizsgálat sorozat eredményeiről megállapítható, hogy a szilárdságra gyakorolt hatás nagyságrendileg és tendenciában azonos. A szilárdságcsökkenés a zavarás időtartamával arányos.

Az ülepedés vizsgálata arra nyújtott támpontot, hogy a cementszuspenzióban levő szilárd fázis a mechanikai munka hatására hogyan módosult. A kísérletek módot nyújtanak az egyes zavarási módok hatásának ilyen értelmű összehasonlítására is.

Ф. Гроф: Изучение твердения цементных суспензий в условиях механических помех.

При изучении вредных явлений, имеющих место в ходе цементирования подножья шахт в горном строительстве, было обращено внимание на влияние механических помех на твердение цементных суспензий. Во время испытаний было отмечено, что цементные суспензии, находившиеся в движении в течение различного времени дали различные конечные прочности, более того, при продолжительных механических помехах в некоторых случаях прочность совершенно отсутствовала.

Было установлено, что величина и тенденция влияния механических помех аналогична, и снижение прочности пропорционально времени этих влияний.

Испытание осаждения суспензий показало, что твердая фаза образующаяся в цементной суспензии, под влиянием механических помех значительно изменяется. Проведенные эксперименты открывают возможность сравнения отдельных типов помех с этой точки зрения.

Gróf, Ferenc: Die Untersuchung des gestörten Abbindens von Zementsuspensionen

Die Untersuchung der nachteiligen Erscheinungen, welche im bergmännischen Bau beim Zementieren von Schachtsohlen zu beobachten sind, wandte die Aufmerksamkeit der Bedeutung jener Störeffekte zu, die im Laufe des Abbindens der Zementsuspensionen auftraten. Im Rahmen der Untersuchungen konnte beobachtet werden, daß die verschieden lange Zeit in Bewegung gehaltenen Zementsuspensionen verschiedene Endfestigkeiten ergeben, daß sich sogar im Falle andauernder mechanischer Störung der Zementhydratation keine meßbare Festigkeit entwickelt.

Auf Grund der Vermessungen konnte festgestellt werden, daß Stärke und Tendenz der Störwirkung zusammenhängen: die Festigkeitsabnahme ist mit der Dauer der Störwirkung proportional.

Die Untersuchung der Setzung lieferte Stützpunkte zur Modifikation der festen Phase auf Einwirkung mechanischer Arbeit. Die Versuchsergebnisse ermöglichen den Vergleich des Einflusses verschiedentlich der Störwirkungen. (S. G.)

Gróf, Ferenc: Disturbed Setting of Cement Suspensions

Deteriorating effects in the cementation of shaft bottoms during mining operations showed the importance of disturbances during setting. Cement suspensions which were agitated during setting gave very different final strengths; a long lasting mechanical disturbance reduced strength to zero. The effect of mechanical agitation on strength showed similar trends in all examination. The reduction of strength and the period of mechanical agitation are proportional. The sedimentation of the suspension clearly showed the agitation-induced change of the solid phase and at the same time enabled the comparison of different disturbing methods.

## Értesítjük

a szakágazat szakembereit, hogy a KGM Ipargazdasági, Szervezési és Számítástechnikai Intézet megjelentette a

### „VÁLLALAT VEZETÉS, SZERVEZÉS”

című időszakos szaklapot.

Az új szaklap

- az üzem, az ipar, a közgazdaság,
- az üzem, a vállalat-, az ügyvitelszervezés-gépesítés,
- a gépi adatfeldolgozás,
- hálós tervezés, programozás,

- a műszaki-gazdasági-matematika, számítástechnika,
  - az elektronika,
  - a vezetés elmélet és gyakorlat
- legújabb eredményeinek — a felsorolt szakágazatok közötti, fontos összefüggések — komplex bemutatásával foglalkozik.

Az érdeklődő szakemberek az új szaklapot a

Posta Központi Hírlap Irodánál

(Budapest V., József nádor tér 1. szám alatt)

és bármely postahivatalnál fizethetik elő.

Előfizetési díj: fél évre: 90,— Ft. egy évre: 180,— Ft.

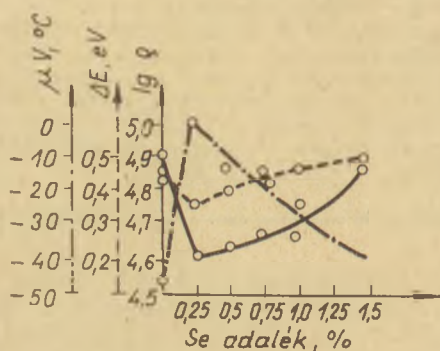
# Kén-, szelén- és tellurszennyeződések hatása a $V_2O_5$ alapú üvegek tulajdonságaira

P. BALTA — M. BILAI  
A Román Tudományos Akadémia Szervetlen Kémiai Intézete,  
Bukarest; Bukaresti Politechnikai Intézet

A félvezető üvegek tanulmányozása — különleges tulajdonságaik következtében — mind elméleti, mind gyakorlati szempontból nagyon fontos. Jelenleg tényként könyvelhető el, hogy a polikristályos félvezetők helyett ezek az üvegek felhasználhatók termisztorok előállítására [1]. Egy nemrégiben közzétett munka [2] egyéb alkalmazási lehetőségekre is rámutat.

A félvezető oxidüvegek szélesebb körű felhasználását gátolja nagy fajlagos ellenállásuk, mely általában meghaladja a  $10^4$  ohm·cm értéket. A szerző és munkatársai korábbi munkáikban különböző módon kísérelték meg a  $V_2O_5$  alapú üvegek fajlagos ellenállásának csökkentését. Vizsgálták a különböző üvegösszetételeket [3] és elsősorban néhány átmenetet képező fém oxidjainak szerepét [1, 4], továbbá a karbon redukció [4] és a hőkezelések hatását [1].

Az egyik munka során részben a redukciós hatás, részben pedig az idegen anion jelenléte hatásának vizsgálata céljából adalékanyagként szelént alkalmaztak [4]. A kapott eredményekből (1. ábra) kitűnt, hogy kis mennyiségű szelén adalék jelentős mértékben csökkenti a fajlagos ellenállást, míg az adalék mennyiségének növelésével az ellenállás ismét az eredetihez közeli értékre áll vissza. Ez a korábban tudomásunk szerint még nem ismertett megfigyelés arra ösztönzött bennünket, hogy szisztematikusan vizsgáljuk a kérdést és megfelelő számú kísérleti adatot gyűjtsünk a kielégítő magyarázat megtalálásának érdekében.

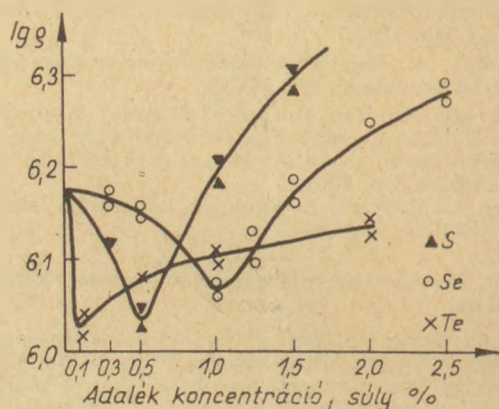


1. ábra. 75%  $V_2O_5$  + 20%  $As_2O_3$  + 5%  $TiO_2$  összetételű üveg ellenállásának változása szelén hatására

## A munka módszere

Kiindulási anyagként 80%  $V_2O_5$ -ből és 20%  $As_2O_3$ -ból álló kétkomponensű üveget választottunk, melybe 0,1—2,5% mennyiségű kén-, szelén-, illetve tellur adalékot kevertünk. Az olvasztást elektromos fűtésű kemencében, 800°C-on végeztük, fedővel lezárt porcelántégelyben, 15 percig. Az

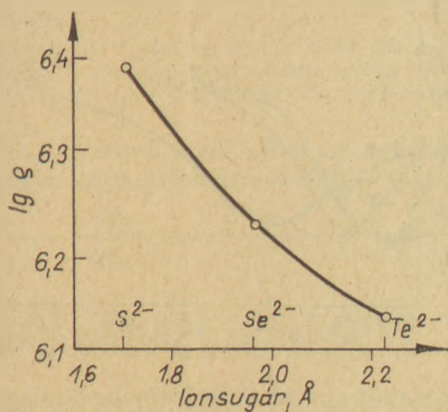
olvadékot acél formába kiöntve 0,8 cm átmérőjű, kb. 1 cm magas henger alakú próbatesteket nyertünk, melyeket kb. 1 óra hosszat 230—250°C-on hőkezeltünk. A hengerek véglapjait csiszolás után a megfelelő elektromos érintkezés biztosítására grafithevonattal láttunk el. A mintákkal az alábbi vizsgálatokat végeztük: fajlagos ellenállás, aktiválási energia és differenciális hő-elektromotoros erő (HEME) meghatározás, DTA, a kristályosodási folyamat kinetikájának vizsgálata és a kristályosodott próbatestek fajlagos ellenállásának mérése.



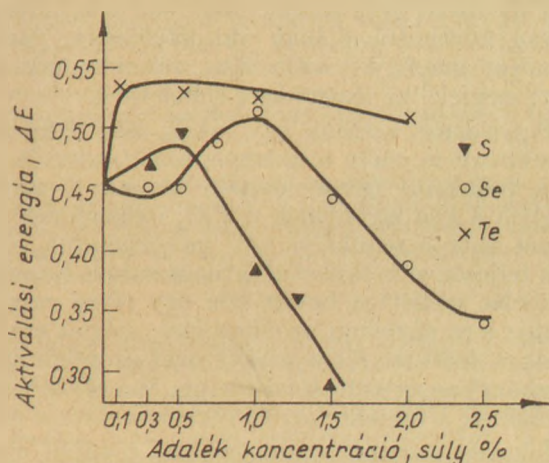
2. ábra. Az ellenállás logaritmusának változása az adalékanyag koncentrációjának függvényében

## A kísérletek eredményei

A 2. ábrán a fajlagos ellenállás logaritmusának változását tüntettük fel az adalékanyag mennyiségének függvényében. Ebből megállapítható, hogy 0,1—1% közötti mennyiségben az összes vizsgált adalékanyag gyorsan csökkenti a fajlagos ellenállást egy bizonyos minimális értékig. A szennyezőanyag koncentrációjának további növelése az ellenállás fokozatos növekedéséhez vezet, mely a kén és a szelén adalék esetében végül meg is haladja az adalék nélküli üveg ellenállását. A fajlagos ellenállás legkisebb értékei az alábbi adalékanyag koncentrációk mellett figyelhetők meg: kén — 0,5%, szelén — 1%, tellur — 0,1%. Említésre méltó tény, hogy az ionsugár növekedésének sorrendjében vizsgálva a jelenséget a tellur anomáliát mutat, mivel hatása még kisebb koncentráció mellett is, mint a kéné, vagy a szeléné, erősebb. Csak 1,5%-ot meghaladó adalékanyag koncentráció esetén találunk egyértelmű összefüggést az üvegek ellenállása és a szennyezőanyag ionsugara (vagy más atomtulajdonsága) között. Ezt illusztrálja 2% adalék mennyiség esetére a 3. ábra.



3. ábra. Összefüggés az ellenállás és a szennyező elemek ionsugara között

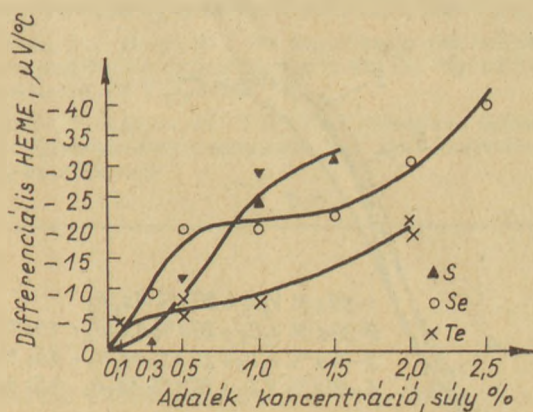


4. ábra. Az aktiválási energia változása a szennyeződések koncentrációjának függvényében

A 4. ábrán a fajlagos ellenállásnak a hőmérséklettel való változásából (amit egy korábbi munkánkban [5] leírt módszerrel mértünk) számított aktiválási energia görbék mutatjuk be. Ezek általában a 2. ábrán bemutatott görbékhez viszonyítva ellentétes lefutásúak, bár az eltérések ugyanazon koncentráció értékeknél adódnak. Az adalékanyagok hatása az aktiválási energia jelentős növekedésében mutatkozik meg. Ez a szelén és a tellur esetében 3,3%/°C feletti fajlagos ellenállási tényező értékeknek felel meg. Az adalékanyag koncentráció növelése, különösen a kén és a szelén tekintetében ismét az aktiválási energia csökkenését vonja maga után.

A differenciális HEME változását 0,01 mV érzékenységgű potenciométerrel mértük a korábbi munkánkban [3] ismertetett módszerrel. Az eredményeket az 5. ábrán tüntettük fel. A szennyezőanyag nélküli üveg HEME-je nulla, vagy gyengén pozitív, ami az elektronos vezetőképességre utal, míg az adalékanyaggal készült üvegek lyuk-vezetést mutatnak. A HEME a koncentráció növelésével növekszik.

Az adalékok koncentrációjának egy bizonyos határon túli növelését korlátozta, hogy ezzel együtt nőtt az üvegek kristályosodási hajlama és így nem volt mód tisztán üveg állapotban levő minták elő-



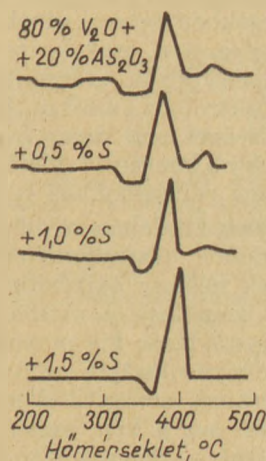
5. ábra. A differenciális HEME változása a szennyeződések koncentrációjának függvényében

állítására. Ezért az üvegek kristályosodási folyamatait DTA segítségével vizsgálták. A kén tartalmú üvegek ilyen DTA görbéinek egy részét a 6. ábra mutatja. Az adalék nélküli üveg DTA görbéjén 4 csúcsot találunk. A görbék lefutásából bizonyos szerkezeti változásokra lehet következtetni [6]. A legjelentősebb exoterm csúcs változásából olyan tendencia tűnik ki, hogy a kristályosodás sebessége a kén tartalommal együtt nő.

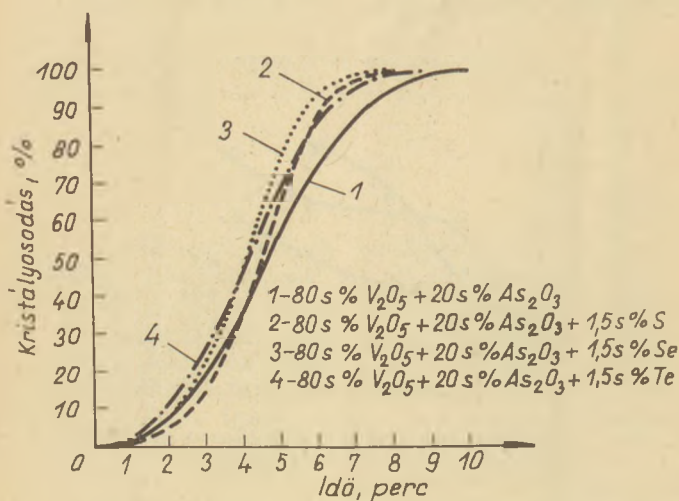
A szennyezőanyagok minőségének hatása a kristályosodási sebességre jól látható a 7. ábrán. A kristályosodás mértékét az idő függvényében egy arányossági tényezővel fejeztük ki, amit a csúcsok alatti területből számítottunk. Még matematikai feldolgozás nélkül is világosan látható, hogy a kén és a szelén gyorsítják a kristályosodást. A tellur szintén mutat kismértékű gyorsítást, de viselkedése itt is eltérő a kénhez, illetve szelénhez képest.

### Az eredmények értékelése

Mint ismeretes, a félvezető üvegek elektromos vezetőképességét általában a zóna-elmélettel magyarázzák. Az a vélemény uralkodik, hogy a kristályos félvezetőkkel ellentétben az üvegek esetében a szennyeződések nem befolyásolják lényegesen a vezetőképességet s ezt azzal indokolják, hogy



6. ábra. Különböző mennyiségű kén-szennyezőst tartalmazó üvegek DTA görbéi



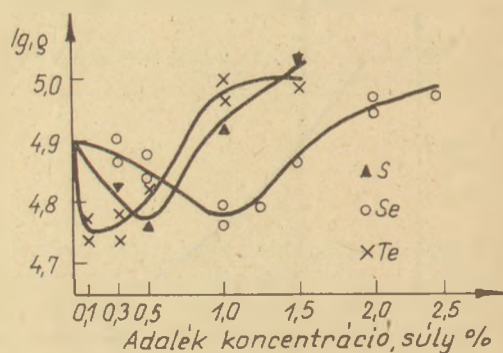
7. ábra. Különböző szennyezőanyagokat tartalmazó üvegek kristályosodási sebesség görbéi

az üveg szerkezetében nem lehet fel az elektromos mezők szakaszossága. Az alapatomok energetikai szintjeinek fluktuációja következtében a tilos zóna határai diffúzabbakká válnak és átfedik a szennyeződések energiaszintjeit [7]. A félvezető üvegek elektromos vezetőképességét befolyásoló tényezőket elemezve Kolomiet [8] utal a szennyezőanyagokra is, melyek hatása, véleménye szerint, a szerkezet változtatásán keresztül érvényesül. Tehát az adalékanyag növekvő mennyiségben való hozzáadásával arányosan lassan változik a vezetőképeség is.

A 80%  $V_2O_5$  és 20%  $As_2O_3$  keverékéből álló, valamint egyéb, bonyolultabb összetételű üvegeken végzett kísérleteink kén-, szelén- és tellur szennyezések esetében a fentieknek ellentmondó eredményeket adtak s ezért más magyarázatot igyekeztünk találni a jelenségre.

Az első feltételezésünkönél figyelembe vettük a szennyezésnek az üveg szerkezetét módosító szerepét. Véleményünk szerint az üvegben megkülönböztethetők olyan ionok, melyek a rács kialakításában vesznek részt, és olyanok, melyek az üveg rácsszerkezetének üregeiben helyezkednek el. Várható, hogy a szennyező anyagok ionjai, melyek ezekben az üregekben helyezkednek el, s így kívül esnek a rácsszerkezeten, csak kevés hatást gyakorolnak az áramhordozók mozgásának mikéntjét meghatározó elektromos mezőkre. Hatásuk a koncentráció növelésével csak lassan fokozódik, annak arányában, ahogy a koncentráció növekedése jelentősebb szerkezeti változásokhoz is vezet.

Így viselkednek általában mind a mono-, mind a bivalens kationok. Az anionoknál viszont várható, hogy ezek néhány oxigéniont helyettesítve közvetlenül is beépülnek a rácsba. Ilyen módon az anion-szennyeződések kis mennyiségben is jelentősen befolyásolhatják az üveg rendszertelen kristályrácsának energetikai mezőit — mint ahogyan például azt a kén, szelén, illetve tellur esetében láthattuk — de csak bizonyos határig. E határon túl a szennyeződés már megszűnik pusztán szennyezőanyag lenni és sajátos tulajdonságokkal



8. ábra. Kristályos üvegek ellenállásának változása a szennyezőanyag koncentrációjának függvényében

rendelkező saját szerkezeti elemeket alkot. A vizsgált félvezető üveg tulajdonságainak a szennyezőanyag koncentrációjának változtatásával párhuzamosan megfigyelt változása, véleményünk szerint, megfelel az ismertett elméletnek.

Figyelembe vettünk egy másik lehetséges magyarázatot is, mely a szennyezésként adagolt elemek redukciós tulajdonságain alapul. E szerint például a kén elvonhatja a  $V_2O_5$  oxigénjének egy részét  $V_2O_4$ -é redukálva azt, miközben  $SO_2$  alakban teljesen el is távozik a rendszerből. Nagyobb adagolás mellett a bevitt kén egy része megmaradhat s ez növelheti az ellenállást, még az eredeti értéken felül is. Ez a magyarázat azonban nincs összhangban az aktiválási energia és a HEME változásának a fentebb közölt görbéivel.

Jelenleg mindkét munkaelmélet további ellenőrzés alatt van.

A szennyeződésnek az üvegek kristályosodásának sebességére gyakorolt hatását könnyen megérthetjük, ha szem előtt tartjuk, hogy a S, Se és Te ionok ionsugara és polarizálhatósága nagyobb, mint az oxigéné. Ilyen módon ezek rácshibákat váltanak ki ami, mint ismeretes, megkönnyíti a kristályosodást [9]. Az, hogy a kristályos próbatetek ellenállása, mint ez a 8. ábrából kitűnik, egy nagyságrenddel kisebb, mint az üveges mintáké, összhangban van egyéb munkáink során kapott eredményeinkkel [1, 10]. Fentiek alátámasztják annak lehetőségét, hogy az ilyen anyagokból előállított félvezetők ellenállását a szennyezőanyagok megfelelő megválasztásával tudatosan befolyásoljuk.

#### IRODALOM

- [1] Baltă P.: Rev. Roumaine de Chimie, 1967. 12, Nr. 1. p. 83—85.
- [2] Baltă P. i Baltă Eugenia: Rev. Roumaine de Chimie, Omagialini Nomer, Acad. C. Drăgulescu 1967.
- [3] Baltă P. i Velea V.: Rev. de Chimie 1963 a) Nr. 6. 315—317.
- [4] Baltă P., i Velea V.: Bul. Inst. Polit. București, tom XXV. 1963, b) iul.-avg., 55—64.
- [5] Gubanov A. I.: „Kvanto-electronnaja teorija amorfnyh provodnikov” Moszkva, 1963.
- [6] Janakirama Rao, Bh. V. J. Amer. Ceram. Soc. 1965, 48. 311—319.
- [7] Kolomiet B. T.: Doklad na mezsdunarodnom kolokvii ob amorfnyh poluprovodnikah. București, oct. 1967.
- [8] Mamblen D. O., Weidel R. H., Blair G. E.: J. Amer. Ceram. Soc., 1963, 499.

- [9] Solacolu S. i Baltă P.: Rev. De Chimie, 1967. Nr. 4, 203—207.
- [10] Weyl W. A. i Marboe E. C.: „The Constitution of Glasses — A dynamic interpretation” Vol. 1, 2. John Wiley and Son, New York, 1962—1964.

P. Balta—N. Biala: Kén-, szelén-, és tellurszennyeződések hatása a  $V_2O_5$  alapú üvegek tulajdonságaira

П. Балта—М. Биала: Влияние примесей серы, селена и теллура на свойства стекол на основе  $V_2O_5$ .

Balta, P.—Biala, M.: Die Einwirkung von Schwefel-, Selen- und Tellurverunreinigungen auf die Eigenschaften von Gläsern mit  $V_2O_5$ -Basis

Balta, P.—Biala, M.: The Effect of Sulfur-, Selenium- and Tellurium-Contaminations on the Properties of  $V_2O_5$ -base Glasses

## A világ szilikátiparából

A P. W. Spencer Ltd. swindeni kőbányájában (Anglia) a mészkőkitermelés és az égetés teljesen automatizált és gépesített. A lerobbantott kőzetet nagy teljesítményű Euclid 72—31 traktororakodókkal vagy 54-RB exkavátorokkal rakják a dőmperekre. A robbantáshoz „Gelignite” robbanóanyagot használnak, melyből egy robbantólyukba 750 font (340 kg) kerül, s ezzel egyszerre 4 ezer tonna követ tudnak lerobbantani. A háromszoros törés és az osztályozás után az 5—10 hüvelyk (12—25 cm) nagyságú mészkődarabok a mészégető kemencébe kerülnek. Az égetett meszet a kemence aljából előre meghatározott időközönként elszállítják. A kemence a mészkőberakástól a kész égetett mészt elszállításáig teljesen automatizált. A gépesoportok, a törőművek és az égetőkemence ellenőrzése is automatikus megoldású. A vezérlés és az ellenőrzés az üzem egész területén a központi vezérlőteremből történik.

\*

Az angol kőbányászatban igen megnövekedett az igény nagy teljesítményű front-rakodó berendezések iránt. A gyártó cégek igen nagy figyelmet fordítottak ilyen berendezések gyártására. A tervezett markoló berendezések szintén nagy rakodási sebességűek, és igen nagy mennyiségű átrakási munkát tudnak elvégezni. Erre a célra számos kisebb gépet is terveztek. A kőbányászatban jelenleg alkalmazott hidraulikus exkavátorok még meglehetősen tökéletlenek, de néhány előállító cég és exkavátor tulajdonos új elgondolásokkal tökéletesíti ezeket a gépeket.

\*

Az utóbbi néhány év jelentős fejlődést hozott a magas alumíniumoxid-tartalmú kerámiáknak az elektronikus ipar egy újonnan kifejlődött ágában (az ún. „integrált elektronikák” terén) való alkalmazása. Ezek az ún. „mikroelektronikák” (ellenállások, vezetők, tranzisztorok, diódák stb.) egyetlen ún. integrált rendszerre vannak összekapcsolva. Ezáltal csökkenhet a méret, költség, nő a teljesítmény és a megbízhatóság. Angliában ilyen célokra a 85%-nál magasabb alumíniumoxid-tartalmú kerámiák jó hővezető képességük, szilárdságuk, elektromos tulajdonságaik és alacsony árak miatt kiválóan megfelelnek. Az integrált elektronikák céljaira szolgáló kerámiákat száraz préseléssel, öntéssel és extrudálással formázzák, 3050F° hőfokon égetik, majd csiszolják vagy mázazzák.

\*

A nagyméretű kemencékben, különösen az alagút-típusúaknál igen lényeges szempont az égők, az ellenőrző berendezések megfelelő elhelyezése. Az angol gyártmányú „Foster” nevű vízhűtésű periszkóp lehetővé teszi a magas hőmérsékletű kemencék belsejének vizuális megfigyelését működés közben. Így vizsgálható a kemence béléseinek meghibásodása, az égők korróziója, illetve a gázcirkuláció megfelelő színes gáz, ill. füst áramol-

tatásával. Ellenőrizhető a tégláru repedezése, ill. a fűtőláng mérete és iránya. A kemence hőmérséklete több helyen mérhető termoelemek segítségével, az adatok regisztrálása is megoldott. A hőmérsékletmérés optikai pirométerrel is történhet.

\*

A kerámiai iparban jelenleg használatban levő gipszből készült munkaformák a teljesen automatizált termelési eljárások bevezetésénél jelentős nehézségeket jelentenek, tekintettel arra, hogy a gipsznek elég alacsony a szilárdsága, és a termikus terhelhetősége. Ezért a C. M. Hutschenreuther Porzellan AG gyár (NSZK) fejlesztési részlegében hosszas kutatómunka eredményeként új poroplaszt formaalanyagot kísérleteztek ki, mely a cél-nak nagymértékben megfelel, és gyakorlatilag korlátlan élettartammal rendelkezik. Várható, hogy a kerámiai ipar minden ágazatában a termelési eljárások fejlesztésénél jelentős szerepet fog játszani.

\*

A Shelley Kemenceépítő Társaság (Anglia) falburkoló csempe és edényáruk égetéséhez új kemence típust fejlesztett ki. A „Hover” kemencék egysoros égetési rendszerrel igen gazdaságos és gyors égetést tesznek lehetővé. A „Hover” kemencéknek az égetendő áruk fajtájától függően több változata van. A fejlesztési program keretében elektromos és gázfűtésű kemencéket alakítottak ki. 1000 C° hőmérsékletig elektromos, e felett gázfűtést használnak. Legújabbán 8 égetési zónából álló, 2 m hosszú elektromos kemencét alakítottak ki teás csészék mázas égetéséhez.

A Hover-féle égetőkemencét már 49 országban alkalmazták kedvező tulajdonságai miatt. Előnyei: kerámia-égető alkalmaság maximális égetési sebességgel és viszonylag igen csekély tüzelőanyag-felhasználással. Díszített kínai csészék égetési ideje alagút-kemencében 12 óra, míg a Hover-féle égetőkemencében 15 perc. A kemence berendezésének kivitele lehetővé teszi a legkülönbözőbb áru-féleségek gyártását. Gyors légcirkulációt, modulszerkezetet, megfelelő szellőztetőket alkalmaztak.

\*

1968 szeptemberében tartották Madridban a XI. Nemzetközi Kerámiai Kongresszust, melyen 32 ország közel 800 delegátusa vett részt. Az előadásokra és a vitára 3 szekcióban került sor: a durvakerámiai, a finomkerámiai, és a tűzálló szekcióban. A tűzállóipari szekcióban kiemelkedő volt Konopieczky „A tűzálló anyagok tegnapi, ma és holnap” c. előadása. A durvakerámiai szekcióban N. Barbsi a Gibbons LTD cégtől tartotta az egyik előadást: „Jövőbeni irányzatok a folyamatos égetésben” címmel. A további előadások a kerámiai nyersgyártással, a nyersanyagok, valamint késztermékek egyes vizsgálati módszereivel, valamint új termékekkel foglalkoztak.

# Téglaagyagok szemcseösszetétel-meghatározási módszereinek összehasonlítása

CSÁKI IDA  
Tégla- és Cserépipari ES Központi Laboratóriuma

## I. Bevezetés

Téglaanyagok szemcseösszetételének vizsgálatát eddig csak az ANDREASEN-féle eljárás szerint végeztük.

A közelmúlthban SARTORIUS-féle automatikus ülepitőmérleget vásároltunk. Feladatom ennek beállítása, ill. az agyagoknál elérhető maximális mérési pontosság megállapítása, továbbá a két módszer eredményeinek összehasonlítása volt.

## II. A két módszer rövid ismertetése

Folyékony közegben végbemenő ülepedésre (ülepitő analízis) a Stokes-féle ülepedési képlet alkalmazható:

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{\eta} \cdot r^2 \cdot g$$

$v$  a részecskék ülepedési sebessége, cm/sec,

$\rho_1$  a szilárd (diszpergált) anyag fajsúlya, g/cm<sup>3</sup>,

$\rho_2$  a folyékony (diszperziós) közeg fajsúlya, g/cm<sup>3</sup>,

$\eta$  a közeg abszolút viszkozitása (Poise), g/cm sec,

$r$  a részecske sugara, cm,

$g$  a gravitációs gyorsulás, cm/sec<sup>2</sup>.

Ennek alapján lehet kiszámítani a különböző részecskeméreteknél megfelelő esési időket [2].

A szemcseeloszlási vizsgálat célja az agyagot alkotó szemcsék nagyságának, valamint egyes kiválasztott szemcsehatárok közötti szemcsék súlyszázalékának a meghatározása, a teljes száraz súlyhoz viszonyítva.

### 1. Az ANDREASEN-pipettamódszer elve

A szuszpenziót hengerben ülepitjük, a térfogat és a koncentráció ismert. Bizonyos idő múltán a szuszpenzió felszínétől számított adott mélységhől pipetta segítségével aliquot részt leszívunk. Az ebben foglalt részecskék mennyiségét bepárlással és méréssel határozzuk meg.

### 2. SARTORIUS-mérleg

Az ülepitő mérlegek és hasonló berendezések azon alapulnak, hogy az üledéket automatikus mérleggel folyamatosan mérik. Az értékelés grafikus úton történik. A kapott ülepedési görbéből érintőszerkesztéssel kiszámítható a szemcseméret-megoszlás.

A SARTORIUS szedimentációs berendezés regisztrálja a mérlegtányérra ülepedett anyag súly-növekedését az idő függvényében. Az így nyert görbe adja kétszeres differenciálás után az üledék szemcseeloszlás görbét. Mérési tartománya magába foglalja az 1–60  $\mu$  nagyságú szemcséket.

A módszer alkalmazkodik a Stokes-féle egyenlet feltételeihez, melynek érvényességi határait az ülepitőmérleg kísérleti feltételei figyelembe veszik.

A módszer matematikai alapja Odén-től származik [1].

## III. Felhasznált anyagok

1. Zettlitz kaolin.

2. Kétféle hazai téglanyag.

A téglagyagok zömmel 0,2–200  $\mu$  méretű ásványi alkatrészek halmazából állanak. Ezek az ásványok általában 2  $\mu$ -nál kisebb, lemez-, cső-, vagy tű alakú kristályokból épülnek fel, az agyagokban azonban részben aggregált állapotban fordulnak elő és csak nehezen, de gyakran egyáltalán nem bonthatók szét egyedi alkatrészeikre. Ezt újabban a röntgendiffrakciós vizsgálattal igazolni lehet [5].

A téglagyagok minőségének jellemzésénél nagy szerepe van a szemcseösszetételnek, mert számos anyag- és technológiai tulajdonsággal összefüggésbe hozható. Pl. fajlagos felület, kationcserélő képesség, vízgőzadszorpció, képlékenységi, száraz hajlítószilárdság, száradási érzékenység és zsugorodás, tetőcserepek fagyállósága stb.

Tehát a szemcseeloszlás minél pontosabb meghatározása gyakorlati szempontból is jelentős feladat.

## IV. Anyagelőkészítés — Mérési körülmények

### 1. ANDREASEN-módszernél

Lényegében a DIN 51033 sz. szabvány szerint készítettem elő a szuszpenziót [3].

A bemért agyagot desztillált vízzel és a diszpergálóanyaggal feliszapoltam s egy éjszakán át duzzasztottam. Ezután elektromos keverővel 30 percig intenzív mechanikai diszpergálást végeztem. A 63  $\mu$ -nál durvább részeket szitán átmostam, a finomabbakat pedig ülepitéssel szétfrakcionáltam.

A szuszpenzió koncentráció: 1%.

A diszpergáló anyag: Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> · 10 H<sub>2</sub>O.

A diszpergáló anyag koncentráció: 9% a bemért száraz agyagra számítva (0,002 mol/l Na-pirofoszfát oldat).

Esési magasság: 20 cm.

Hőmérséklet: szobahőmérséklet, 20–25°C között.

### 2. SARTORIUS mérlegnél

Szuszenzió koncentráció: 820 mg/500 ml.

Ettől eltekintve az előkészítés megegyezett az ANDREASEN-módszernél leírtakkal.

1. táblázat

| Szemcsenagyság-intervallum | Andreasen-módszer |      |         |            | Sartorius-m.<br>átlag % |      |
|----------------------------|-------------------|------|---------|------------|-------------------------|------|
|                            | egyedi érték %    |      | átlag % | szórás ± % |                         |      |
| $d > 19,3 \mu$             | 1,2               | 1,5  | 0,8     | 1,1        | 0,6                     | 1,8  |
| $19,3-10 \mu \dots$        | 6,1               | 4,7  | 4,2     | 5,0        | 0,98                    | 4,4  |
| $10-5 \mu \dots$           | 12,5              | 13,3 | 15,5    | 13,7       | 1,6                     | 11,7 |
| $d < 5 \mu \dots$          | 80,2              | 80,5 | 79,5    | 80,0       | 0,52                    | 82,1 |

## V. Mérési eredmények

Az 1. táblázat a zettlitz kaolin mérési eredményeit tünteti fel.

Meg kell jegyezni, hogy minden anyag SARTORIUS-módszerrel kapott átlagértékének három, egymást teljesen fedő ülepedési görbe egyikének számszerű kiértékeléséből kapott eredményt tekintettem.

A 2. táblázat veresegyházi (VH) és bátaszéki (B) agyagok ANDREASEN-módszerrel nyert egyedi értékeit tünteti fel.

A 3. táblázatban ugyanezen agyagok átlagértékeit, valamint az ANDREASEN-féle mérések szórásait foglaltam össze. A szórás az alábbi képletek alapján számítottam:

$$A_k = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - A_k)^2}{n-1}}$$

$A_k$  az egyes mérési adatok ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) számtani középértéke,  
 $\sigma$  a szórás.

## VI. Összefoglalás

Számszerű következtetést a 4. táblázatból vonhatunk le. A két eljárással kapott átlagértékek között a maximális különbséget — 4,1%-ot — a legdurvább, vagyis 63—25 μ közötti szemcsefrakciónál kaptam. A finomabb szemcsemérettartományok felé ez a különbség-átlag 2,1—2,3%-ra csökkent.

A maximális egyedi hiba — ha eltekintek az egyetlen esetben előforduló 8% eltéréstől — 5% volt.

Tehát a durva részecskéket tartalmazó téglagyagoknál a kétféle módszert egymás mellett alkalmazva, max. 5% hibával kell számolni.

Ez a maximális eltérés finomabb szemcsés anyagoknál, pl. a kaolinnál, 2,1% volt (1. táblázat).

A 3. táblázatból látható, hogy az ANDREASEN-módszer legnagyobb szórása:  $\pm 3,5\%$ , a durva diszperz agyagoknál van, míg a zettlitz kaolin esetében ez az érték 1,6% (1. táblázat).

A SARTORIUS-módszer eredményei alapján kapott görbe szinte mindenütt belesik az ANDREASEN-eljárás szórási tartományába, sőt a kaolinnál majdnem fedi egymást a két görbe (1. ábra).

Ezen eredmények alapján meg lehet állapítani, hogy mindkét módszer jól használható agyagok szemcseméret-eloszlásának vizsgálatára.

A mérések — adott és ismert hibahatárok között — megbízhatóan reprodukálhatók. Minél finomabb szemcseeloszlású az agyag, a két módszer eredményei annál közelebb esnek egymáshoz (1—7. ábra).

2. táblázat

| Szemcsenagyság-<br>intervallum | Andreasen-módszer |    |    |    |    |        |    |    |    |    |        |    |    |    |    |        |    |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |  |
|--------------------------------|-------------------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|--|
|                                | egyedi érték, %   |    |    |    |    |        |    |    |    |    |        |    |    |    |    |        |    |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |  |
|                                | VH 9/1            |    |    |    |    | VH 9/2 |    |    |    |    | VH 9/3 |    |    |    |    | VH 9/4 |    |    |    |    | B 1—4 |    |    |    | B 2—3 |    |    |  |
| d > 63 μ                       | 10                | 12 | 13 | 13 | 13 | 17     | 18 | 16 | 19 | 18 | 16     | 17 | 18 | 20 | 12 | 13     | 12 | 14 | 16 | 3  | 4     | 4  | 4  | 6  | 6     | 7  | 6  |  |
| 63—25 μ                        | 21                | 19 | 15 | 14 | 18 | 16     | 16 | 17 | 15 | 12 | 17     | 17 | 17 | 15 | 11 | 14     | 15 | 14 | 15 | 9  | 9     | 5  | 6  | 12 | 11    | 10 | 10 |  |
| 25—10 μ                        | 11                | 18 | 16 | 18 | 14 | 16     | 13 | 13 | 13 | 13 | 15     | 14 | 7  | 13 | 12 | 15     | 12 | 15 | 14 | 19 | 16    | 16 | 15 | 18 | 17    | 17 | 16 |  |
| 10—5 μ                         | 15                | 7  | 12 | 10 | 9  | 6      | 11 | 11 | 10 | 16 | 7      | 10 | 16 | 10 | 15 | 11     | 11 | 11 | 11 | 11 | 14    | 16 | 15 | 12 | 11    | 14 | 14 |  |
| d < 5 μ                        | 43                | 44 | 44 | 45 | 46 | 45     | 42 | 43 | 43 | 41 | 45     | 42 | 45 | 42 | 50 | 47     | 50 | 46 | 45 | 58 | 57    | 59 | 60 | 52 | 55    | 52 | 54 |  |

3. táblázat

| Minta jele | VH 9/1 |      |          | VH 9/2 |      |          | VH 9/3 |      |          | VH 9/4 |      |          | B 1—4 |      |          | B 2—3 |      |          |
|------------|--------|------|----------|--------|------|----------|--------|------|----------|--------|------|----------|-------|------|----------|-------|------|----------|
|            | %      |      |          | %      |      |          | %      |      |          | %      |      |          | %     |      |          | %     |      |          |
|            | S      |      |          | S      |      |          | S      |      |          | S      |      |          | S     |      |          | S     |      |          |
|            | Andr.  |      |          | Andr.  |      |          | Andr.  |      |          | Andr.  |      |          | Andr. |      |          | Andr. |      |          |
|            | átl.   | átl. | szórás ± | átl.   | átl. | szórás ± | átl.   | átl. | szórás ± | átl.   | átl. | szórás ± | átl.  | átl. | szórás ± | átl.  | átl. | szórás ± |
| d > 53 μ   | 12     | 12   | 1,3      | 17     | 17   | 1,4      | 16     | 18   | 1,5      | 12     | 13   | 1,7      | 4     | 4    | 0,6      | 6     | 6    | 0,6      |
| 63—25 μ    | 15     | 17   | 2,9      | 18     | 16   | 0,8      | 23     | 15   | 2,1      | 18     | 14   | 1,6      | 11    | 7    | 2,1      | 16    | 11   | 1,0      |
| 25—10 μ    | 18     | 15   | 3,0      | 12     | 14   | 1,5      | 9      | 12   | 3,2      | 11     | 13   | 1,8      | 14    | 17   | 1,8      | 16    | 17   | 1,8      |
| 10—5 μ     | 10     | 11   | 3,1      | 8      | 10   | 2,5      | 8      | 12   | 3,5      | 8      | 12   | 1,8      | 15    | 14   | 2,2      | 14    | 13   | 1,5      |
| d < 5 μ    | 45     | 45   | 1,3      | 45     | 43   | 1,3      | 44     | 43   | 2,2      | 51     | 48   | 2,3      | 56    | 58   | 1,4      | 48    | 53   | 1,5      |

S = Sartorius-módszerrel.

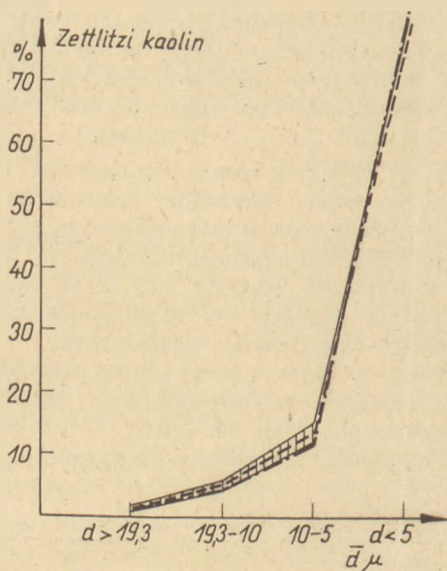
A = Andreasen-módszerrel.

4. táblázat

| Szemesenagyság-<br>intervallum | Minták jele |           |           |           |          |          |                 |
|--------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------------|
|                                | VH<br>9/1   | VH<br>9/2 | VH<br>9/3 | VH<br>9/4 | B<br>1-4 | B<br>2-3 | át-<br>lag<br>% |
| $d > 63 \mu$ .....             | 0           | 0         | 2         | 1         | 0        | 0        | 0,5             |
| $63-25 \mu$ .....              | 2           | 2         | 8         | 4         | 4        | 5        | 4,1             |
| $25-10 \mu$ .....              | 3           | 2         | 3         | 2         | 3        | 1        | 2,3             |
| $10-5 \mu$ .....               | 1           | 2         | 4         | 4         | 1        | 1        | 2,1             |
| $d < 5 \mu$ .....              | 0           | 2         | 1         | 3         | 2        | 5        | 2,1             |

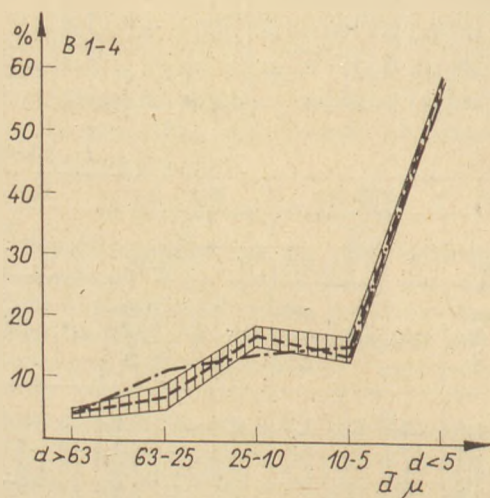
A Sartorius- és Andreasen-módszerrel kapott átlagérték különbségek.

Ebből arra is következtethetünk, hogy a hibaforrás elsősorban nem a módszerekben van, hanem a vizsgálati anyag tulajdonságai lényeges szerepet játszanak.



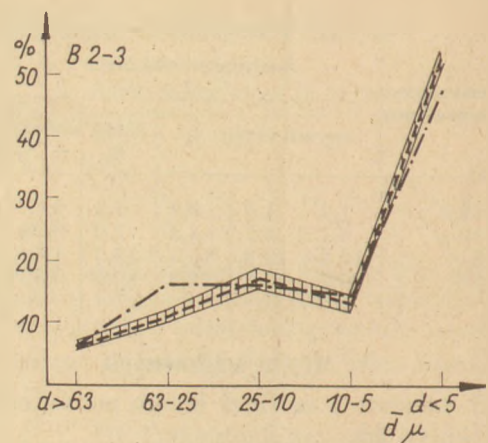
1. ábra

Zettiltzi kaolin. — Andreasen-m., - - - Sartorius-m.  
A bevonalmazott sáv az Andreasen-m. szórási intervalluma



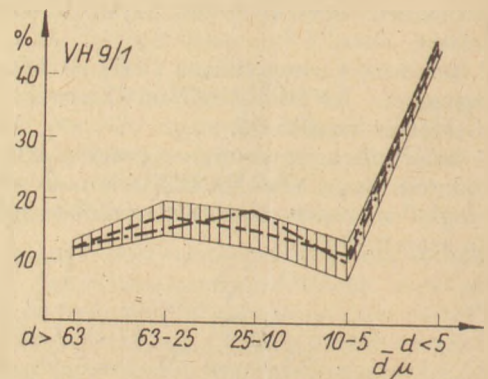
2. ábra

Bátaszéki agyag. — Andreasen-m., - - - Sartorius-m.  
A bevonalmazott sáv az Andreasen-m. szórási intervalluma



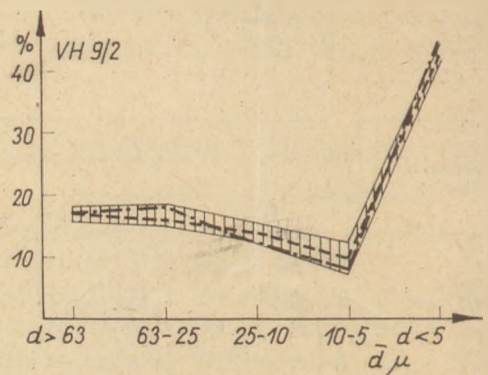
3. ábra

Bátaszéki agyag. — Andreasen-m., - - - Sartorius-m.  
A bevonalmazott sáv az Andreasen-m. szórási intervalluma



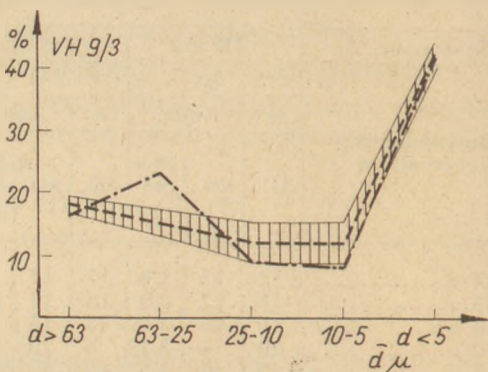
4. ábra

Veregyházi agyag. — Andreasen-m., - - - Sartorius-m.  
A bevonalmazott sáv az Andreasen-m. szórási intervalluma



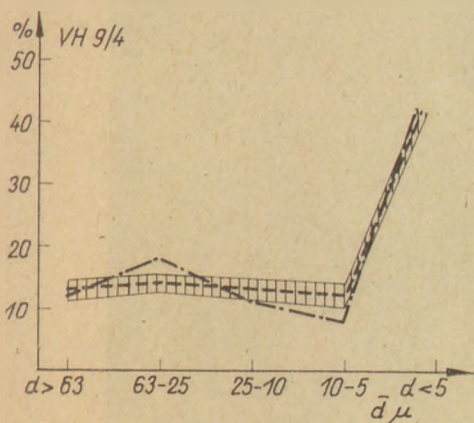
5. ábra

Veregyházi agyag. — Andreasen-m., - - - Sartorius-m.  
A bevonalmazott sáv az Andreasen-m. szórási intervalluma



6. ábra

Veregyházi agyag. — Andreasen-m., - - - Sartorius-m.  
A bevonalmazott sáv az Andreasen-m. szórási intervalluma



7. ábra

Veresegyházi agyag. — Andreassen-m., ..... Sartorius-m.  
A bevonalmazott sáv az Andreassen-m. szórási intervalluma

Az agyagok vizes szuszpenzióinál az alábbi tényezőket említem meg:

1. Peptizáció.
2. Anizometria.

Agyagásványtartalmú anyagok előzetes kezelése szemcseanalízishez, befolyással van a kvantitatív eredményekre s jelentőséggel bír az alkalmazott vizsgálati módszerekre is [4].

Az ülepedés csak akkor alkalmazható sikeresen diszperz rendszerek szemcseméret-eloszlásának meghatározására, ha a rendszer az ülepedés kezdetén (a kiindulási állapotban) az ülepedő térben egyenletesen és egyedi szemcsékre oszolva foglal helyet és az ülepedés során sem következik be a részecskék kölcsönhatása koagulálás révén. Ha ez a feltétel teljesül, akkor a polidiszperz rendszer ülepedését az jellemzi, hogy minden egyes részecske méretétől függő sebességgel ülepszik [2].

Tehát igen fontos, hogy a vizsgált szuszpenzió-nál lehetőleg optimális peptizációt érjünk el, mert így pontosabb eredményeket kapunk.

A Stokes-féle egyenletben, melynek alapján az esési időket számítjuk, ekvivalens sugárértékeket adunk meg, gömb alakú részecskéket tételezve fel.

A kerámiai anyagok azonban, mint már említetttem, anizodimenziós, tű, lemez, cső stb. alakú részecskékből állnak. Ezeknek a kristályoknak a méretei még egyazon ásványnál is esetenként változhatnak [2].

Például:

|  | Átmérő-<br>középértékek | Vastagság-<br>középértékek |
|--|-------------------------|----------------------------|
|  | Å                       | Å                          |

|                            |        |      |
|----------------------------|--------|------|
| Kolloidkaolin Chodauból    | 4 000  | 300  |
| Schnaittenbachi OF. kaolin | 12 000 | 1350 |
| Zettlitz kaolin            | 4 800  | 410  |
| 10. sz. porcelánföld       | 5 900  | 680  |

Ezekkel a hibaforrásokkal mindkét eljárásnál számolni kell, ha agyagok vizes szuszpenzióit vizsgáljuk.

Ezenkívül a SARTORIUS-módszernél figyelembe kell venni a mérlegtányér alá kiülepedett anyag mennyiségét, mely két részből tevődik össze:

a) A mérlegtányér s a mérőhenger belső átmérője között mintegy 1,2 mm különbség van. Így a részecskék egy része nem a tányérra, hanem az edény aljára ülepedik.

b) A mérlegtányér kb. 5 mm távolságban van az edény aljától s a szuszpenzióknak ebben a térfogatban levő részecskéi eleve kiesnek a mérésből.

A fenti körülményekből származó hibát a műszer prospektusa 6%-ra becsüli. Méréseim szerint ez az érték a vizsgálati anyagtól függően változik és ezért minden anyagfajtára külön-külön meg kell határozni.

Zettlitz kaolinnál 8,6—10,9%,

Téglaagyagoknál 7,4—11,1% között ingadozott.

Befejezésül, az eddigieket figyelembe véve, azt lehet mondani, hogy bár a két módszernél kb. azonos a hibahatár (agyagszuszpenziók esetében), mégis a SARTORIUS-módszert kell előnyben részesíteni, a következő szempontok miatt:

1. Az ülepedési görbét automatikusan regisztrálja s a szubjektív hibát kizárja.
2. Munkaidő- és anyagigénye kisebb, mint az ANDREASEN-eljárásnál.
3. A mérések reprodukálhatóságát, mivel a papír áttetsző, egyszerűen a felvett görbék egymásra helyezésével ellenőrizni lehet.

## IRODALOM

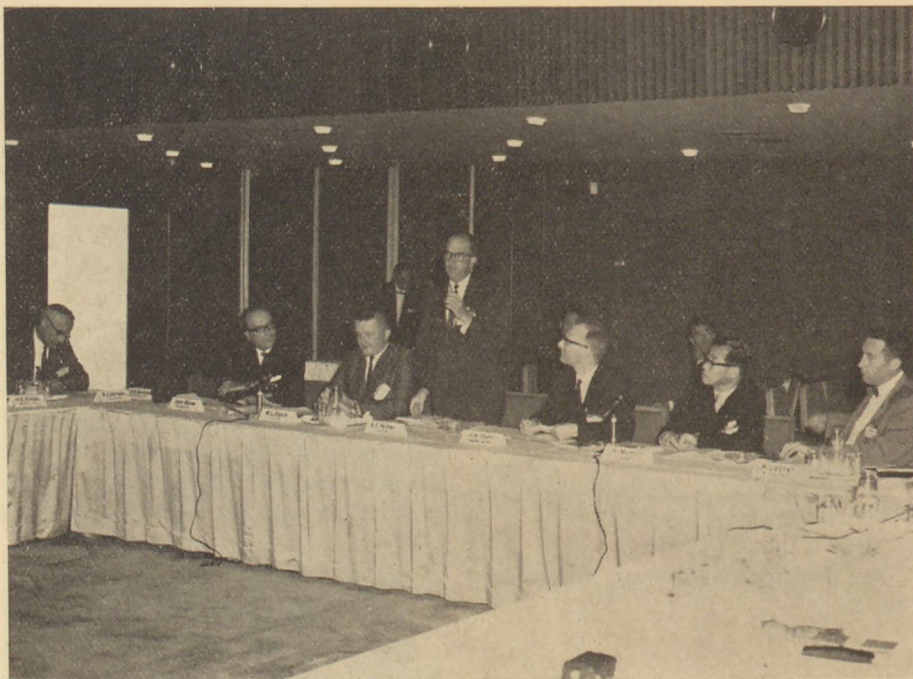
- [1] Adolf Weber: Ziegelinindustrie 12 (1960), 427—429.
- [2] Alfred Kuhn: Kolloidkémiai zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1963.
- [3] DIN 51033. Ber. Dtsch. Keram. Ges. 35 (1958), 150—152.
- [4] Langier—Kuzniarowa, A.: Tonind.-Ztg. 87 (1963), 93—98.
- [5] Albert János: Téglaagyagok és felhasználásuk a durva-kerámiaiparban. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.

Csáki Ida: Téglaagyagok szemeseösszetétel-meghatározási módszereinek összehasonlítása

И. Чаку: Сравнение различных методов определения гранулометрического состава кирпичных глин.

Csáki, Ida: Vergleich der Bestimmungsverfahren für Korngröße bei Ziegeltonen

Csáki, Ida: Comparison of Methods Used for Particle Size Distribution Determination of Brick Clays



1. kép. Az V. Cementkémiai Szimpozion Nemzetközi Bizottságának ülése Tokióban.  
(Vivian — Ausztrália, Biczók — Magyarország, Dolch, Palmer — USA, Mori —  
Japán, Locher — Német Szövetségi Köztársaság)

## Az V. Nemzetközi Cementkémiai Szimpozion, Tokió, 1968

A Nemzetközi Cementkémiai Szimpozion központi vezetősége, elfogadva a The Cement Association of Japan meghívását, Japán fővárosában, Tokióban, 1968. október 6. és 12. között rendezte meg a résztvevő országok ABC sorrendjében felsorakoztatott nemzeti zászlóival díszített „Tokyo Festival Hall”-ban az V. Nemzetközi Cementkémiai Szimpozionot (The Fifth International Symposium on the Chemistry of Cement; jelzése V—ISCC), melyen 42 állam 850 küldöttje vett részt. Több ország küldöttségei, amelyek részvételüket nem jelentették be előzetesen, közvetlenül a megnyitásra érkeztek (Törökország, Filippi-szigetek stb.), így az előzetesen kiadott névsorban már nem szerepelhettek.

Az V—ISCC Organizing Committee Magyarországról Biczók Imrét hívta meg és kérte fel, hogy a „Durability of Concrete” szekcióban a vezető előadást tartsa meg. Biczók Imre a Szimpozion Nemzetközi Bizottságába is meghívást kapott; így képviselőnk a Bizottság munkájában is tevékenyen részt vehetett.

A szervezés munkáját a „The Cement Association of Japan” vállalta magára, ebben segítségére volt a „Science and Technology Agency” és a „The Ministry of International Trade and Industry” is. A Rendező Bizottság elnöke Hidehiro Inouye, főtájkára Tatsuhide Nakao volt. Támogatta még a

Szimpozion és a Rendező Bizottság munkáját a „Science Council of Japan”, a „The Ceramic Association of Japan”, a „Japan Society of Civil Engineers”, az „Architectural Institute of Japan” és a The Chemical Society of Japan” is.

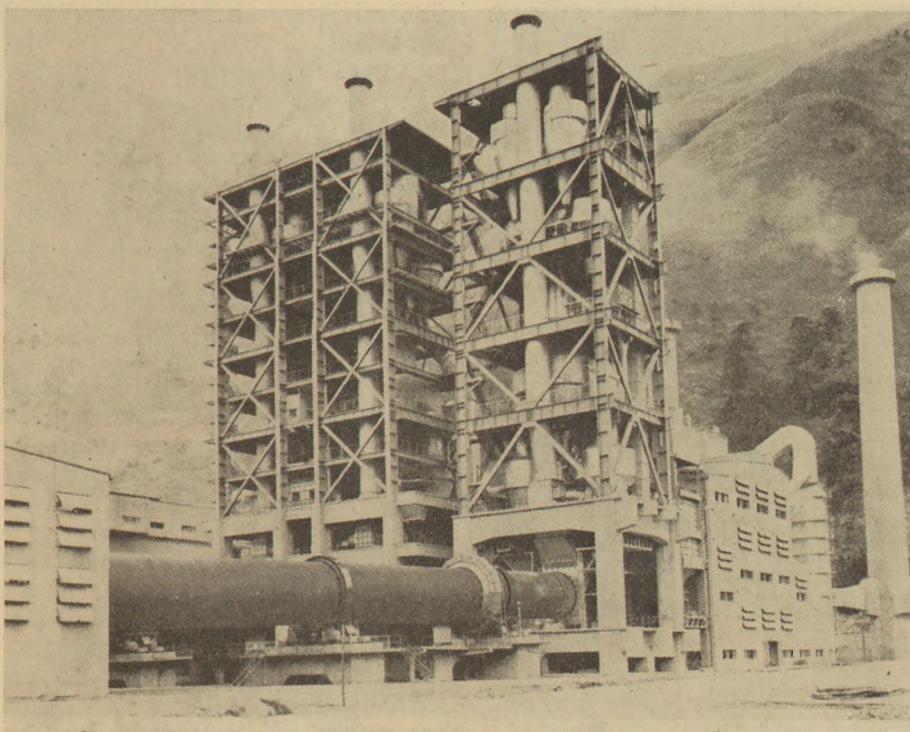
A megnyitóünnepség díszelményén a kormány képviselői, a japán és nemzetközi díszelnökség tagjai foglaltak helyet és nyitották meg ünnepi beszédekkel a szimpozionot.

A rendezés példás alapossággal történt. A résztvevőknek rendelkezésre álltak, a szimpozion közvetlen munkáját elősegítő szolgáltatásokon kívül, az információ, a posta, névre szóló postafiókok, amelyek segítségével bárki bárkivel érintkezésbe léphetett, a sajtó, a segélyhely, számos ülésterem, a fotószolgálat stb. A gyors eligazodást a Nőszövetség tagjai segítették elő.

A konferencia egyedüli hivatalos nyelve az angol volt. A japán résztvevők számára lehetővé tették, hogy fülhallgatók segítségével japán nyelven szinkronban követhessék az előadásokat és a feltett kérdésekre adott válaszokat.

Az Előkészítő Bizottság négy csoportba osztotta be a megtárgyalandó kérdéseket:

- I. A cementklinker kémiaja.
- II. A cement hidratációja.
- III. A cementpép és a beton tulajdonságai.
- IV. Adalékok és különleges cementek.



2. kép. Nagyteljesítményű hővisszanyerő berendezésekkel ellátott klinkerégető kemencék Japánban

E négy kérdéscsoporthoz 155 elfogadott dolgozat érkezett be. Magyarországról Tamás Ferenc „Az amorf fázis a  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaCl}_2-\text{H}_2\text{O}$  rendszerben” címmel küldött be tanulmányt.

Az Előkészítő Bizottság a négy kérdéscsoporton belül 20 szekcióba osztotta a dolgozatokat:

I-1. A portlandcement-klinker ásványainak szerkezete.

I-2. A klinkerásványok fázisegyensúlya és morfológiája.

I-3. A portlandcement-klinker elemzése.

I-4. A kalciumaluminátok kémiája és a velük rokon vegyületek.

II-1. A cement-hidratációs termékek kristályszerkezetei és tulajdonságai (kalciumszilikát-hidrátok).

II-2. A cement-hidratációs termékek kristályszerkezetei és tulajdonságai (hidratált kalciumaluminátok és ferritek).

II-3. A vízcement-rendszer fázisegyensúlya.

II-4. A cement hidratációjának kinetikája.

II-5. A portlandcement hidratációja.

III-1. A cementpép szerkezete és fizikai tulajdonságai.

III-2. A beton tartóssága.

III-3. A beton karbonizációja.

III-4a. A portlandcementpép hidratációja nagy hőmérsékleten, légkörnyomáson.

III-4b. A beton nagy hőmérsékletű érlelése légkörnyomáson.

III-5. A beton nagy hőmérsékletű érlelése nagy nyomáson.

IV-1. Felületaktív anyagok használata a betonban.

IV-2. Pernye és pernyecement.

IV-3. Kohósalak és kohósalakcement.

IV-4. Duzzadó cement.

IV-5. Különböző vegyiüzemek gipsz-mellékterméke, mint a cementkötés késleltetője.

Tekintettel a beérkezett dolgozatok nagy számára, az Előkészítő Bizottság úgy határozott, hogy a beküldött tanulmányok — amelyek a résztvevők számára már amúgyis rendelkezésre állottak — ne kerüljenek előadásra, hanem szekcióként egy főelőadót kér fel, aki a szekció tárgyát képező anyag területén folyó kutatásokat értékeli, a megoldatlan kérdésekre rávilágít és kritikailag tárgyalja a szekcióba tartozó tanulmányokat.

A főelőadói szerepre a következőket kérték fel:

I-1. Hahn, Th., Német Szövetségi Köztársaság.

I-2. Suzukava, Y., Japan,

I-3. Moore, A. E., Egyesült Királyság.

I-4. Halstead, P. H., Egyesült Királyság.

II-1. ———

II-2. Locher, W., Német Szövetségi Köztársaság.

Roberts, M. H., Egyesült Királyság

II-3. ———

II-4. Mori, H., Japan, Stein, H. N., Hollandia.

II-5. zur Strassen, H., Német Szövetségi Köztársaság.

III-1. Hansen, W. C., USA, Doleh, W. L., USA.

III-2. Biczók, I., Magyarország.

III-3. Smolezyk, H. G., Német Szövetségi Köztársaság.

III-4a, 4b. Sereda, P. Y., Kanada.

III-5. Vivian, H. E. Ausztrália.

IV-1. Odaka, K., Japán.

IV-2. Joisel, A., Franciaország.

IV-3. Sersale, R., Olaszország. Chopra, S. K., India.



3. kép. Onoda — fehércementtel helyredállított műemlékkas-tély Nagoyában.

IV-4. Verbeck, G. J., USA.

IV-5. ———

A II-1, II-3 és IV-5 szekció ülését nem tartotta meg. A beküldött tanulmányok és vezető előadások — egy részük rövidítve — a szimposium kiadványaiban, Biczkó I. (Magyarország) vezető-előadása pedig az „Építőanyag” 1969. évi 3. számában magyar nyelven is megjelent, így a cementkémiával foglalkozó szakemberek részére a megtárgyalt anyag teljes terjedelmében rendelkezésre áll.

A szimposiumot fogadás és estély tette a résztvevők számára még emlékezetesebbé.

A szimposium résztvevői számára a japán Szervező Bizottság tanulmányutakat is rendezett. Ezek keretében cementgyárak, kutató- és vizsgáló intézetek, így a „Kajima Institute of Construction Technology”, „To Research Laboratory of Engineering Materials”, „Onoda Cement Co. LTD.

Central Research Laboratory” megtekintésére is sor került.

A japán cementiparról már jelentek meg közlemények a magyar szaksajtóban. Az elsőnek említett két intézet az építőipar igényeit szolgálja, ki kell azonban emelni a hét éve működő Onoda Cement Co, LTD központi cementlaboratóriumában (Central Research Laboratory) tett látogatást. Itt a felszerelés a legkorszerűbb, s minden japán és külföldi műszeripar által gyártott különleges cementvizsgáló készülék megtalálható. Egyebek között röntgen-analizátor, spektro-analizátor, láng-spektrométer, fajlagos felületmeghatározó-készülék (Blaine, Wagner szerint, továbbá szélosztályozás útján), spektrofotométer automatikus jelzéssel, atomic-absorptio-spectro-analizátor; polarograf, ultrahanggal működő műszerek, gázchromatograf, thermoanalitikai műszerek, infravörös spektrofotométer automatikus jelzéssel, fotoelektromos-spektrofotométer automatikus jelzéssel, röntgen-difrakciós és röntgen-fluoreszcencia alapján működő gyors-analitikai készülék stb. A laboratóriumban hét klímaterem található. E központi cementlaboratórium, a cement minőségi ellenőrzésén kívül, a Társulat bázis-kutatóállomása, amely a cementelőállítás technikájának fejlesztésén dolgozik, így irányelveket ad a japán cement-gépipar számára és kikísérletezője az egyes cementipari gyártmányoknak is.

A szimposium végeztével a résztvevők meglátogatták Japán történelmi, kulturális és gazdasági jelentőségű helyeit, Kiotót, Narát, Oszakát, Hirosimát, ahol a különböző cementekkel épült műtárgyak és építmények is megtekinthetők voltak. A tanulmányutak alkalmat adtak arra is, hogy a világ minden részéből összegyülekezett szakemberek között a rendelkezésre álló hosszabb idő alatt közvetlen beszélgetések folytán gyümölcsözőbb együttműködés alakulhasson ki.

London, Stockholm, Washington, Róma, Tokió után a következő VI. szimposium a Szovjetunióban, Moszkvában lesz, 6—7 év múlva.

Biczkó Imre

## Kitüntetettjeink

A Szilikátipari Tudományos Egyesület tagsága és vezetősége, valamint az „Építőanyag” olvasótáborra köszönti hazánk felszabadulásának 24. évfordulója alkalmából, jó és eredményes munkájuk elismeréséül a „MUNKA ÉRDEMREND” kormánykitüntetésben részesült Tagtársait.

### Arany fokozatot kapott:

Farkas Ödön, Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium főosztályvezető-helyettese.

### Ezüst fokozatot kapott:

Andrasovszky György, Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium osztályvezetője.

Andrejko Gyula, Cement- és Mészművek vezérigazgatója.

### Bronz fokozatot kapott:

Dr. Felek Béla, Finomkerámiaipari Művek Herendi Porcelángyár igazgatója.

Dr. Mátrai József, Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet tudományos munkatársa.

Dr. Mihócs Ferenc, Cement- és Mészművek Lábattani Gyára igazgatója.

Richter Vladimír, Finomkerámiaipari Művek műszaki igazgatója.

Dr. Sobor Ede, Téglá- és Cserépipari Egyesülés osztályvezetője.

További, sikeres és eredményekben gazdag munkát kívánunk.

Szerkesztőbizottság

## A világ szilikátiparából

Az USA-ban a kereskedelmi alumíniumoxid kerámia testek maratását, megmunkálását és újraégetését vizsgálták. A maratás gyengíti az alumíniumoxid szemcsék közötti kötéseket és ezáltal könnyebben megmunkálhatóvá teszi a darabot. Marató szerként az 52%-os fluor-savat ajánlják. A magnéziumoxid tartalmú intergranuláris fázissal rendelkező alumíniumoxid kerámia könnyebben maratható, mint a kalciumoxid tartalmú. A maratott alumíniumoxid kerámia idomok újraégetése a porozitás csökkentése érdekében történik. A 96% alumíniumoxid tartalmú kerámiát 1690°C-on égették ki újra. A kisebb darabok zsugorodása elkerülhető, és a szilárdság növelhető az intergranuláris fázisnak mázzal történő pótlásával. Az ajánlott módszerek segítségével bonyolult alakú, megfelelő mechanikai és elektromos sajátosságokkal rendelkező alumíniumoxid testeket lehet előállítani.

Az USA-ban a meleg préselést és a különleges szinterelhető porok együttes alkalmazását vizsgálták a jobb minőségű magnéziumoxid tűzálló anyagok előállítására céljából. Gazdaságos körülmények között véghezvitt meleg-préselés esetén csak nagy tisztaságú magnéziumoxid nyersanyag alkalmazásával nyertek jobb minőségű terméket, és ez a nyersanyag igen drága. Az olcsóbb nyersanyagban levő szennyezések, melyek a vizsgálatok szerint főleg  $\text{SiO}_2$  és  $\text{CaO}$  okozzák a magnéziumoxid nem kielégítő mértékű szinterelhetőségét. Nem kaptak megfelelő szinterelhetőségű nyersanyagot, drága, nagy tisztaságú, és olcsóbb, szennyezett magnéziumoxid porok keverésével sem.

A berilliumoxid kerámiáknak elektromos szigetelőként való alkalmazása egyre elterjedtebb lévén, szükségessé válik azok fémbevonatának hővezetőképességi vizsgálata. 78 és 89% molybdén tartalmú bevonatokat

vizsgáltak 1260 és 1370°C hőmérsékleten történt szinterelés után. A hővezetőképességi érték  $0,05 \text{ cal/sec/}^\circ\text{C/cm}^2$ -nek adódott 60 és 130°C vizsgálati hőmérsékleten, függetlenül a hőfoktól ebben a tartományban. Nagyobb szinterelési hőmérséklet magasabb hővezetőképességi értékeket eredményezett, de a növekedés csak kismértékű. Magasabb molybdén tartalom is valószínűleg növeli a hővezetőképességet.

Az ún. „valószínűségi” osztályozás jól alkalmazható és agyagiparban, különösen a téglagyártás területén, állapították meg az USA-ban. A módszer igen precízen különíti el a különböző méretű anyagszemcséket, még abban az esetben is, ha azok sokkal kisebbek a szita lyukbőségénél. Az eljárásnak nagy a termelékenysége, még nedves agyagoknál is. Lényege: öt darab, azonos lyukméretű szitát egymás alatt helyeznek el, egyre növekvő szögben. A függőlegesen adagolt szemcsék számára ilyen elrendezésben az azonos lyukméretű sziták ún. „látszólagos” lyukbősége különböző, és az osztályozandó anyag minőségének, ill. a berendezésnek megfelelően szabályozható. Az osztályozás hatásfokát, ill. sebességét a sziták rázásával lehet növelni.

A Brit Agyagipari Intézet Nyugat-Yorkshire-i Csoportja Hollandia és Belgium téglaiiparának tanulmányozása céljából 1968 őszén látogatást szervezett. Ennek keretében két téglagyárat és egy csőgyárat tekintettek meg. A két téglagyárban blokkteglákat állítanak elő modern megmunkáló gépsorral. A Belgiumi Rumsti Téglagyárban KEMA vákuumprések vannak, a kamrás szárító és az alagút-kemence Lingl rendszerű. A kemence gázfűtésű, az égetési hőmérséklet 960°C. A szárítási idő 72 óra, az égetési idő viszont 50 óra.

## HABARCS SZÁLLÍTÓ KOCSI (Japánér)

Vas-és gumikerekes kivitelben kapható



Budapest VIII., Üllői út 32., vagy

a V A S É R T 2. számú boltjában

BUDAPEST VII., MAJAKOVSZKIJ UTCA 53. TELEFON: 221-007

A vállalati gazdálkodás eredményessége, a termelékenység emelése  
és az önköltség csökkentése szempontjából alapvető fontosságú  
az anyagmozgatás és csomagolás fejlesztése

A különböző ágazatok sokrétű igényeinek megfelelő

## **legfrissebb szakmai információkat**

szolgáltatja e téren a MTESZ Központi Anyagmozgatási Bizottsága  
és az Anyagmozgatási és Csomagolási Intézet közös gondozásában megjelenő  
műszaki-gazdasági folyóirat, az

# ***Anyagmozgatás — Csomagolás***

**Nélkülözhetetlen minden érdekelt gazdálkodó szerv számára!**

Megjelenik kéthavonta, 48 oldal terjedelemben

|                  |                 |         |
|------------------|-----------------|---------|
| Előfizetési ára: | fél évre        | 30,— Ft |
|                  | egy évre        | 60,— Ft |
|                  | egy példány ára | 10,— Ft |

Előfizethető a Posta Központi Hírlap Iroda 61066 közületi csekkszámán vagy átutalható  
az MNB 8. egyszámlálára