

30 29 35

2



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**7**

**XXVI. ÉVFOLYAM**  
**BUDAPEST 1974. JÚLIUS**  
**EPITAA 26 (7) 241-280 (1974)**

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

Szerkesztő bizottság:

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

## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Kacsalova L.—Sirvinskaja A.</i> : Az $Al_2O_3$ — $MnTiO_3$ rendszer kutatása . . . . .	241
SZOT-díjasaink . . . . .	244
<i>Lőcsei Béla</i> : Adatok a metakaolinit-alumínium-fluorid reakció mechanizmusához . . . . .	245
<i>Csizi Béla</i> : A téglagyártmányok mérettűrőse . . . . .	250
<i>Därr, G. M.—Ludwig, U.</i> : A fázishatárok befolyása a cementszilárdulásra . . . . .	254
<i>Kausay Tibor</i> : Útbetonok hajlító-húzószilárdsága . . . . .	264
Egyesületi élet . . . . .	249, 271
<i>Koós János</i> : Impregnált cementkötésű rendszerek előállítására és néhány tulajdon- sága . . . . .	272
<i>Berkovics, T. M.</i> : Fázishatárok jelentősége az azbesztcement termékek technoló- giájában . . . . .	276
Lapszemle . . . . .	280
Konferencia hírek . . . . .	13/3

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Качалова, Л.—Ширвинская, А.</i> : Исследование системы $Al_2O_3$ — $MnTiO_3$ . . . . .	241
<i>Лечай, Б.</i> : Данные, касающиеся механизма реакции метаклоинита — фтори- стого алюминия . . . . .	245
<i>Чизи, Б.</i> : Допустимые отклонения от размеров кирпичных изделий . . . . .	250
<i>Дэрт, Г. М.—Лудвиг, У.</i> : Влияние фазовых границ в твердении цемента . . . . .	254
<i>Каушай, Т.</i> : Прочность при изгибе-растяжении дорожных бетонов . . . . .	264
<i>Коос, Я.</i> : Получение и свойства импрегнированных систем на цементной связке . . . . .	272
<i>Беркович, Т. М.</i> : Значение межфазовых границ в технологии асбестоцементных изделий . . . . .	276

## INHALT

<i>Katschalowa, L.—Schirwinskaja, A.</i> : Erforschung des $Al_2O_3$ — $MnTiO_3$ -Systems . . . . .	241
<i>Lőcsei, Béla</i> : Angaben zum Mechanismus der Reaktion Metakaolinit-Aluminium- fluorid . . . . .	245
<i>Csizi, Béla</i> : Meßtoleranzen von Ziegelwaren . . . . .	250
<i>Därr, G. M.—Ludwig, U.</i> : Einfluß der Phasengrenzen auf die Zementerhärtung . . . . .	254
<i>Kausay, Tibor</i> : Biegezugfestigkeit von Straßenbetons . . . . .	264
<i>Koós, János</i> : Erstellung und einige Eigenschaften impregnierter, zementgebunde- ner Systeme . . . . .	272
<i>Berkovics, T. M.</i> : Die Rolle der Phasengrenzen in der Asbest-Zement Technologie . . . . .	276

## CONTENTS

<i>Kachalova, L.—Shirvinskaya, A.</i> : Investigation of the $Al_2O_3$ — $MnTiO_3$ System . . . . .	241
<i>Lőcsei, Béla</i> : Data on the Mechanism of the Metakaolinite—Aluminium Fluoride Reaction . . . . .	245
<i>Csizi, Béla</i> : Dimensional Tolerances of Brick Products . . . . .	250
<i>Därr, G. M.—Ludwig, U.</i> : The effect of phase boundaries on the hardening of ce- ments . . . . .	254
<i>Kausay, Tibor</i> : Flexural Strengths of Road Concretes . . . . .	264
<i>Koós, János</i> : Productions and some Properties of Polymer-impregnated Cementiti- ous Systems . . . . .	272
<i>Berkovich, T. M.</i> : The Role of Phase Boundaries in Asbestos Cement Manufacture . . . . .	276

## Az $\text{Al}_2\text{O}_3$ — $\text{MnTiO}_3$ rendszer kutatása

K A C S A L O V A L.

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest  
S I R V I N S Z K A J A, A.

Insztitut Himii Szilikatov, Leningrád

### 1. Bevezetés

Korábban megállapították, hogy az alumínium-oxid viszonylag alacsony hőmérsékletű zsugorítása  $\text{MnO}$  és  $\text{TiO}_2$  egyidejű jelenlétében képződő olvadékfázis következménye [1]. Továbbá megállapítást nyert, hogy az olvadékfázis  $1320^\circ\text{C}$ -on keletkezik az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{MnTiO}_3$  közötti reakció következtében [2]. Az olvadékfázis kialakulásának körülményeit azonban nem tisztázták.

Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ — $\text{MnO}$ — $\text{TiO}_2$  rendszerhez tartozó összetételek alacsony hőmérsékletű zsugorítási mechanizmusának tanulmányozásához az olvadékfázis természetének és összetételének meghatározása szükséges.

Jelen kutatásban egyrészt a fenti kérdéseket, ezenkívül az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ — $\text{MnTiO}_3$  rendszer fázisviszonyainak alakulását tanulmányoztuk.

### 2. Kiindulási anyagok és vizsgálati módszerek

Kiindulási anyagként 99,99%-os tisztaságú és egy mikronnál kisebb szemcseméretű  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot, anatóz módosulatú  $\text{TiO}_2$ -ot és  $\text{MnCO}_3$ -ot használtunk. Az utóbbit mangánklorid oldatból ammonium karbonáttal választottuk le.

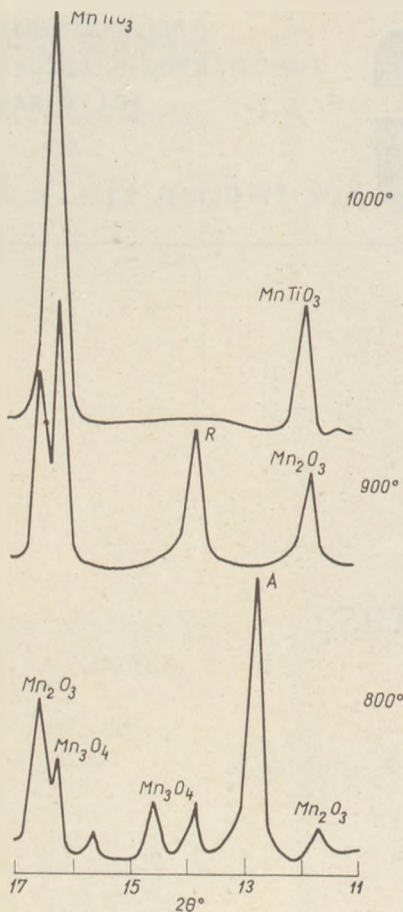
Az alumínium-oxid és mangánmetatitanátból álló keverékekből készült próbatesteket különböző hőmérsékleten égettük, egy órás hőfoktartással, ezt követően pedig befagyasztottuk. A kutatás során termikus (hevítő mikroszkóp, DTG) röntgenográfias és mikroszkópos módszert alkalmaztunk.

Röntgenfelvételeket szobahőmérsékleten „Rigaku” gyártmányú, magashőmérsékleteken „DRON-1” típusú készüléken készítettük. A keverékek olvadáspontját  $1550^\circ\text{C}$ -ig „Leitz” típusú hevítési mikroszkóppal,  $1550^\circ\text{C}$  fölött pedig magashőmérsékletű mikroszkóppal határoztuk meg. Az utóbbinál a mintatartó és egyben fűtőelem irridiumhuzalból készült hurok volt. Valamennyi termikus vizsgálatot oxidáló közegben (levegő) végeztük.

### 3. Eredmények

#### 3.1. Mangánmetatitanát előállítás

A mangánmetatitanát összetételnek (47 s%  $\text{MnO}$  és 53 s%  $\text{TiO}_2$ ) megfelelő  $\text{MnCO}_3$ -ot és  $\text{TiO}_2$ -ot tartalmazó és a különböző hőmérsékleten égetett keverékek az 1. ábrán látható fázisösszetétellel rendelkeznek. A  $\text{MnTiO}_3$  keletkezése a következőkép-



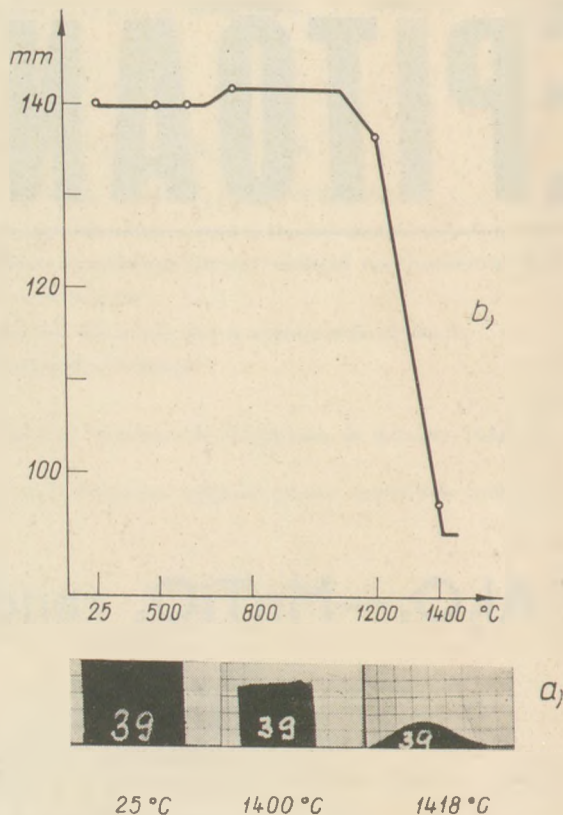
1. ábra. A mangánmetatitanát keletkezése a röntgendiffrakciós vizsgálat alapján. R = rutil, A = anatóz

pen megy végbe. A mangánkarbonát termikus bomlásakor különböző vegyértékű mangán-oxidok keletkeznek, amelyek jelenléte a 800 °C-on égetett keverékben kimutatható. A magashőmérsékletű mangán-oxid módosulata,  $Mn_2O_3$  900 °C-on az anatózzal reagál, ami a  $MnTiO_3$  keletkezését eredményezi. Ezen a hőfokon a még nem reagált anatóz átalakul rutillá. A mangánmetatitanát keletkezésének folyamata a  $Mn_2O_3$  és a  $TiO_2$  (rutil) közötti további reakcióval 1000 °C-on fejeződik be.

### 3.2. A mangánmetatitanát viselkedése hevítéskor

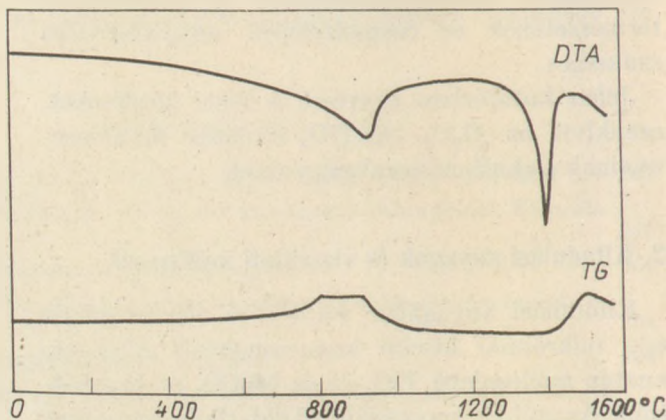
A mangánmetatitanát viselkedését hő hatására hevítő mikroszkóppal követtük. Megállapítottuk, hogy 650–750 °C hőmérséklet-tartományban a próbatest térfogata jelentősen megnő, majd 1100 °C-ig változatlanul marad. Ezt követően a próbatest folyamatosan zsugorodik olvadásig. Az olvadás 1418 °C-on következik be. (2. ábra).

A térfogatnövekedés okának tisztázásával már foglalkoztunk [2]. Mangánmetatitanáttal magashőmérsékleten végzett röntgen és DTG vizsgálatunk a korábbi megállapításainkat megerősítik.



2. ábra. Mangánmetatitanátból készült próbatest alak (a) és méretváltozása (b) a hevítő mikroszkópi adatok alapján

A hevítés hatására a mangánmetatitanát 680 °C-on szabad oxidokra kezd bomlani. Az  $MnO$  azonnal  $Mn_2O_3$ -ra oxidálódik és  $TiO_2$ -vel (rutil) 1000 °C-on reagálva újra  $MnTiO_3$  vegyületté alakul át. A hevítő mikroszkópi felvételen és TG görbén látható térfogatnövekedés tehát a  $MnO$ -nak  $Mn_2O_3$ -ra történő oxidációját tükrözi. A DTA görbén 940 °C-on levő endoterm effektus pedig a  $MnTiO_3$  összetevő oxidjaira való termikus bomlásával függ össze (2., 3. ábrák).



3. ábra. A mangánmetatitanát derivatogramja

Az 1420 °C-on jelentkező második endoterm effektus a mangánmetatitanát olvadását jelzi. A felvételen látható éles és mély minimum azt mutatja, hogy az olvadás teljes. A mangánmetatitanát teljes megolvadását 1420 °C-on megerősítik a röntgenvizsgálatok is, melyeket 1420 °C, 1430 °C és 1450 °C-on megolvasztott és befagyasztott mintákról készítettünk. Mind a három röntgenfelvételen csak egy kristályfázis —  $MnTiO_3$  — jelent meg.

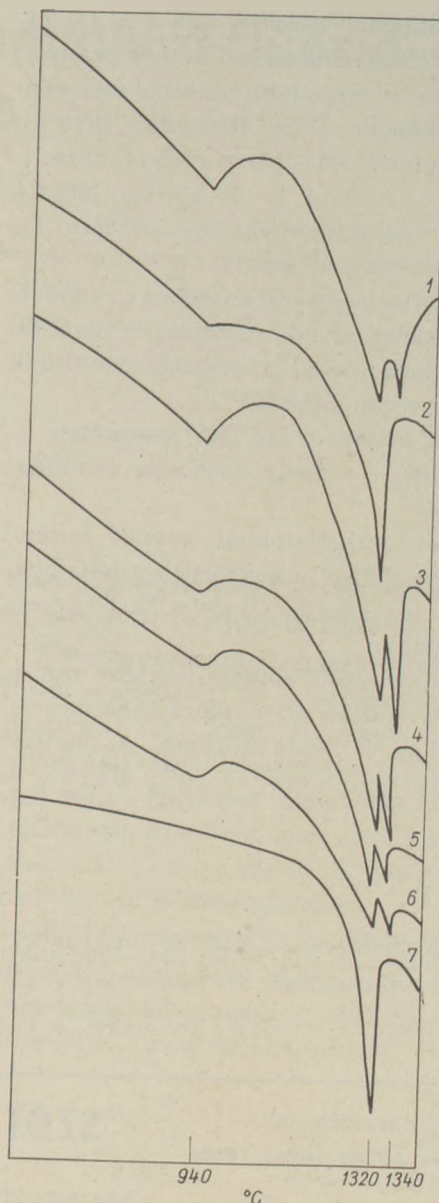
Az általunk végzett kísérletek eredményeiből az a következtetés vonható le, hogy a mangánmetatitanát 1420 °C-on kongruensen olvad. Ezek a megállapítások különböznek az irodalomból ismert adatoktól, amely szerint a mangánmetatitanát vegyület 1360 °C-on inkongruensen olvad. Valószínű ez azzal függ össze, hogy a kísérletek nem azonos körülmények között folytak le: a mi eredményeink az oxidáló atmoszférára, az irodalmiak pedig a vakuumra, illetve nitrogén atmoszférára vonatkoznak [3].

### 3.3. $Al_2O_3$ — $MnTiO_3$ rendszer vizsgálata

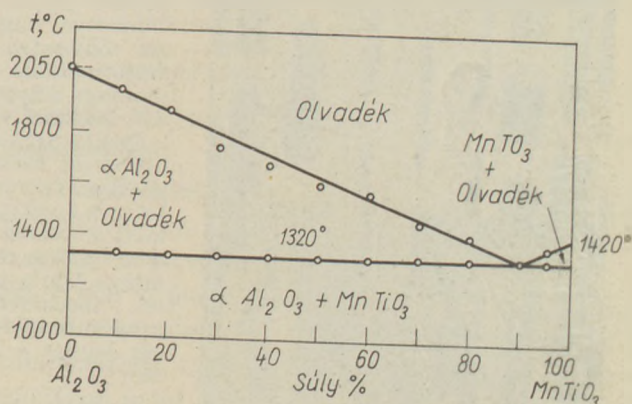
Az  $Al_2O_3$ — $MnTiO_3$  rendszerhez tartozó összetételekben a  $MnTiO_3$ -ot 10 s%-onként emeltük, és egy — 95 s%  $MnTiO_3$ -ot és 5 s%  $Al_2O_3$ -ot tartalmazó keveréket készítettünk.

1000 °C—1500 °C között égetett minták röntgenvizsgálati eredményei azt mutatják, hogy minden keverék két kristályfázisból —  $Al_2O_3$  és  $MnTiO_3$  — áll. Tehát, a  $MnTiO_3$ — $Al_2O_3$  rendszerben a kiindulási komponensek nem lépnek reakcióba egymással. Ez arra utal, hogy a rendszer eutektikus típusú.

Ezt a feltételezést megerősítik a differenciális termikus analízis adatai is. A 4. ábra a rendszerbe tartozó összetételű keverékek DTA felvételeit mutatja. Valamennyi DTA görbén ugyanazon hőmérsékleten, 1320 °C-on, az endoterm effektus látható. Ez a hőmérséklet az eutektikus összetétel olvadáspontja. A DTA görbéken az 1340 °C-on jelentkező, súlynövekedéssel járó endoterm effektus másodlagos olvadással magyarázható, ami az elsődleges, 1320 °C-on képződő eutektikus olvadék mangán komponensének oxidációjával kapcsolatos összetétel változás következménye. Ebben az esetben várható volt, hogy az 1320 °C-on eutektikus olvadás után a fázis összetételekben az  $\alpha$   $Al_2O_3$ -on kívül új fázisként a  $Mn_2O_3$  meg fog jelenni. Ennek a feltételezésnek bizonyítására 70 s%  $MnTiO_3$  és 30 s%  $Al_2O_3$  összetételű mintából 1300 °, 1330 °, 1360 °C-on magashőmérsékletű röntgenfelvételeket készítettünk. Megállapítottuk, hogy az olvadás előtt 1300 °C-on a mintában két fázis — a  $MnTiO_3$  és  $Al_2O_3$  — van jelen. Olvadás után 1330 °C, illetve



4. ábra. Az  $Al_2O_3$ — $MnTiO_3$  rendszerbe tartozó összetételek differenciális termikus görbéi. (1—6 görbékre vonatkozó  $MnTiO_3$  tartalom: 95, 90, 70, 40, 20, 10 s%, az utolsó felvétel  $N_2$  atmoszférában készült)



5. ábra. Az  $Al_2O_3$ — $MnTiO_3$  rendszer állapotábrája

1360 °C-on a röntgenfelvételeken csak  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  látható, tehát új fázis a rendszerben nem képződött. Ugyanakkor a fenti összetételű mintából nitrogén-atmoszférában készült DTA felvételen 1325 °C-on egyetlen endoterm csúcs jelent meg (4. ábra, 7. görbe). Tehát a 4. ábra 3—6. görbén látható 1340 °C-on levő endoterm effektus az oxidáció folyamatainak a következménye.

Az olvadási görbe megszerkesztéséhez az 1450 °C fölötti hőmérsékleten olvadó összetételek olvadási hőfokának meghatározását a magashőmérsékletű mikroszkópon levegőn végeztük.

Az olvadékok lehűtés utáni fázis összetétele —  $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{MnTiO}_3$  —, amely azonos a kiindulási fázis összetétellel.

Az immerziós vizsgálatoknál kapott korund kristályok törésmutatói megegyeznek a katalógus adatokkal, ami azt igazolja, hogy a  $\text{MnTiO}_3$  nem oldódik a korundban.

Kísérleti eredményeink alapján lehetővé vált az  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3$  rendszer állapotábrájának megrajzolása, melyet az 5. ábrán közlünk. A rendszer eutektikumának összetétele — 90%  $\text{MnTiO}_3$  és 10  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

## IRODALOM

- [1] Cutler, B., Bradshaw, C., Christensen, D. I., Hyatt, E. P.: J. AmCeram. Soc. 40 [4] 134—139. (1957).
- [2] Kacsalova, L., Sirvinszkaja, A.: Építőanyag, XXVI [5] 1974.
- [3] Grieve, J., White, J.: J. Roy. Tech. Coll. 4, 661. (1940).

## Kacsalova, L., Sirvinszkaja, A.: Az $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3$ rendszer kutatása

A mangánmetatitanátot  $\text{MnCO}_3$ -ból és  $\text{TiO}_2$ -ből (anataz) 1000 °C-on szintetizáltuk. Megállapítottuk, hogy a  $\text{MnTiO}_3$  1420 °C-on kongruensen olvad.

Kísérleti eredményeink alapján megszerkesztettük az  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3$  rendszer állapotábráját.

## Качалова, Л.—Ширвинская, А.: Исследование системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3$

Из  $\text{MnCO}_3$  и  $\text{TiO}_2$  (анатаз) был синтезирован при температуре 1000 °C метатитанат марганца. Было установлено, что  $\text{MnTiO}_3$  при температуре 1420 °C плавится конгруентно.

На основе экспериментальных данных была построена диаграмма состояния системы  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3$ .

## Kacsalova, L.—Schirvinskaja, A.: Erforschung des $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3$ -Systems

Manganmetatitanat wurde aus  $\text{MnCO}_3$  und  $\text{TiO}_2$  (Anatas) bei 1000 °C synthetisiert. Es wurde festgestellt, daß  $\text{MnTiO}_3$  bei 1420 °C kongruent schmilzt.

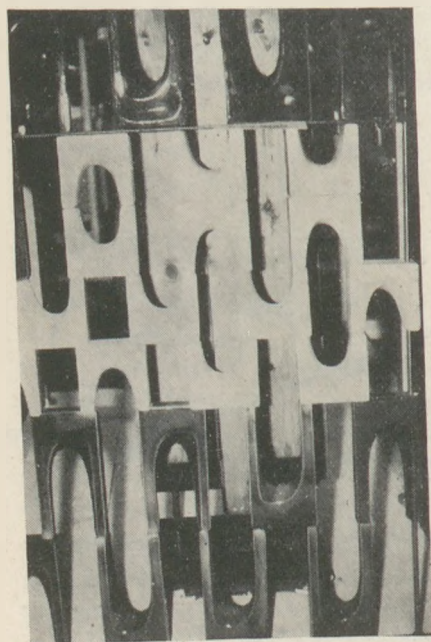
Aufgrund der Versuchsergebnisse wurde das Zustandschaubild des  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3\text{—Systems}$  erarbeitet.

## Kachalova, L.—Shirvinskaya, A.: Investigation of the $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3$ System

Manganese metatitanate was synthesized of  $\text{MnCO}_3$  and  $\text{TiO}_2$  (anatase) at 1000 °C.  $\text{MnTiO}_3$  melts congruently at 1420 °C. The phase diagram of the  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—MnTiO}_3$  is outlined according to the research results.

## Variálható térelválasztóelemek.

Tervező: Minya Mária (foto: Nagy Albert).



## SZOT-díjasaink

Egyesületünk Iparművész szakcsoportjának három tagját SZOT-díjjal tüntették ki. Gratulálunk a kitüntetett iparművész kollegáknak, Minya Máriának a „Gránit” gyár tervező művészenek, Ambrus Évának az „Alföldi” porcelángyár tervezőjének és Szekeres Károlynak a „Városlódi” majolika gyár iparművészenek. Örömmel, hogy ez évben sor kerülhetett üzemi tervező csoport kitüntetésére; nyilvánvalóvá válik a nagyüzemi tervezés fontossága és nagy jelentőségű kulturpolitikai szükségessége. A kitüntetett alkotók széles tömegek között végeznek izlésformáló munkát.

Önálló kiállításai egy-egy újabb ostrom az izlésformáló feladat teljesítésére. Tervezői feladataikon kívül aktívan tevékenykednek: Ambrus Éva mint művészeti vezető helyettes, Szekeres Károly, mint művészeti vezető, Minya Mária pedig mint az Egyesület Iparművész szakcsoportjának titkára rendkívül aktív tevékenységet folytat a szakcsoport munkájában.

Gratulálunk és további sikereket kívánunk.



Fűszertartók, levesestál, tálca és „serpenyő”.

Tervezte: Ambrus Éva (foto: Nagy Albert).



Háztartási edények, világos matt máz, kobalt díszítés.

Tervező: Szekeres Károly.

# Adatok a metakaolinit-alumínium-fluorid reakció mechanizmusához

LŐCSEI BÉLA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

Számos munkában foglalkoztunk a kaolinit és  $\text{AlF}_3$  közti reakcióval, annak mechanizmusával és kinetikai viszonyaival. Megállapítottuk, hogy az  $\text{AlF}_3$  a zettlitz kaolin-alumínium-fluorid rendszerben mennyiségétől függően három különböző szerepet tölthet be a reakciómechanizmusra gyakorolt hatása és a reakció végterméke alapján:

- mineralizációs hatást fejthet ki,
- elősegítheti a mullit, vagy
- a korund képződését.

A kaolinit mennyiségére vonatkoztatott 10—12 %-nyi  $\text{AlF}_3$  tartalom a kaolinit-mullit átalakulás mechanizmusát jellegében nem változtatja meg, csak a kinetikai viszonyokat módosítja; a dehidroxilációs folyamat aktiválási energiájának növekedése közvetett bizonyítékot szolgáltat arra, hogy az  $\text{AlF}_3$  és kaolin között kémiai kötésnek kell kialakulnia.

A kaolinit és  $\text{AlF}_3$  reakciója a diffrakciós röntgenvizsgálatok igazolása szerint egyenlőre definiálatlan összetételű, változó fluortartalmú metafázis képződésével indul.

A kaolinit- $\text{AlF}_3$  reakció mechanizmusában jelentős szerepet játszik az  $\text{AlF}_3$  hidrolízise és a kaolinit- $\text{AlF}_3$  hidrolízisanalóg reakciója.

A kaolinit-alumínium-fluorid rendszerben a mullit szintézis mechanizmusára jellemző, hogy egyrészt a kaolinit és az  $\text{AlF}_3$  közvetlen reakciójából, másrészt az  $\text{AlF}_3$  és a  $\text{SiO}_2$  reakciójából tevődik össze.

A kaolinit-alumínium-fluorid rendszerben az egyensúlyi helyzet jobban megközelíthető, mint a kaolinit-alumínium-oxid rendszerben, 95%-ig 85% helyett: az egyensúlyi helyzet 250—450 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten érhető el; a reakciósebesség azonos egyensúlyi helyzetig hatszoros,

maximális egyensúlyi helyzet eléréséig négyszeres az  $\text{AlF}_3$ -at tartalmazó rendszerben.

A reakciómechanizmus nagymértékben függ a felületi sebességtől, és az alapanyagok előkészítési módjától, (pl. őrlésétől) vagyis attól, hogy az egyes aktiválási hőmérséklet-tartományokban az egyensúlyi helyzetek kialakulására milyen mértékben van lehetőség, mert ettől függően képződik csak mullit, vagy mullit és korund 1150 °C-on, illetve a feletti hőmérsékleten.

A kaolinit és az  $\text{AlF}_3$  reakciója során a mullitképződés aktiválási energiája kisebb (kb. fele), mint a kaolinit-alumínium-oxid rendszerben. Ezt a Freeman—Caroll összefüggésnek:

$$\frac{\Delta \lg \frac{dw}{dt}}{\Delta \lg w_r} = -\frac{E}{2,3R} \frac{\Delta \frac{1}{T}}{\Delta \lg w_r} + b,$$

ahol  $T$  a hőmérséklet K°-ban,

$\frac{dw}{dt}$  a súlyvesztés sebessége,

$w_r$  súlykülönbség a végállapothoz viszonyítva,

$E$  aktiválási energia,  $R$ : egyetemes gázállandó,

$b$  reakciórend,

a kaolinit- $\text{AlF}_3$  reakcióra való alkalmazásával nyert megállapítást.

A mullitképződés 450—500 °C között indul meg minimálisan kb. 39% alumínium-fluorid tartalom esetében. A termogradienstől is függ: ha ez kicsi, akkor 600 °C felett fluortartalmú amorf metafázis és mullit képződésére, ha nagy, topáz képződésére van lehetőség. 12%-nál kisebb  $\text{AlF}_3$  esetében csak 650 °C-on indul meg az amorf, fluortartalmú, metakaolinit jellegű fázis átalakulása mullittá; 850 °C-

felett megindul az alumínium-fluor-szilikát fázis dekompozíciója mullittá; a folyamat végső egyensúlyi állapotát 1000—1100 °C között éri el. Ha 700 °C alatt a közbenső egyensúlyok elérésére nem volt lehetőség, a rendszerben topáz és (a röntgendiffrakciós felvételek alapgörbéjének alakja alapján feltételezhetően) amorf fázis képződik. Ebben az esetben a mullit 800 °C felett egyrészt az amorf, fluortartalmú fázisból és topázból képződik; a folyamat tehát bonyolult, több reakció közbenső egyensúlyától függ [1, 2, 3, 4]. A reakció bonyolultságára jellemző az is, hogy a közbenső egyensúlyoktól és kinetikai viszonyoktól függően változnak a közbenső és a végállapotban kialakuló fázisok [5, 6, 7]. A reakciómechanizmus követésére kialakítottunk egy P-vel jelzett reakciókoordinátát, amely mutatja, hogy a reakció során felszabaduló fluornak milyen hányada távozik SiF<sub>4</sub> alakban. A P-koordináta segítségével meghatározható a reakcióban fejlődő gáz SiF<sub>4</sub> tartalma, a távozó SiO<sub>2</sub> mennyisége, s végül a reakciótermék összetétele [8—11].

Az ismertetésre kerülő munka célja az, hogy összehasonlítást adjon a kaolinit-AlF<sub>3</sub> és a meta-kaolinit-AlF<sub>3</sub> reakció mechanizmusbeli és sztöchiometriai eltéréseiről. Elsősorban arról kívántunk felvilágosítást kapni, hogyan alakul azonos viszonyok között az egyensúly a fejlődő HF és SiF<sub>4</sub> között.

Kérdés volt, hogyan befolyásolja a kaolinit hidroxiltartalma egyrészt az egyensúlyt, másrészt a kinetikai viszonyokat.

### A kísérleti módszer

Különböző arányú nyers és égetett zettlitzi kaolin és vízmentes AlF<sub>3</sub> keverékekből kb. 2 g súlyú, henger alakú próbatesteket préseltünk 50 kp/cm<sup>2</sup> nyomással. A kísérleti keverékeket vidia bélésű malomban 30 percen át őröltük, 1%-os karboximetil-cellulóz oldattal nedvesítettük az anyagot. A préselt pasztillákat 105 °C-on egy órán át szárítottuk.

### Kísérleti alapanyag összeállítások és összetételük

	1	2	3	4	5	6	7	8
Égetett zettlitzi kaolin	48,2	64	—	90	80	70	60	50
Nyers zettlitzi kaolin	—	—	64	—	—	—	—	—
Vízmentes AlF <sub>3</sub>	51,8	36	36	10	20	30	40	50
α SiO <sub>2</sub>	26,37	35,01	30,4	49,25	43,78	38,30	32,83	27,36
β Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,39	27,07	23,48	38,03	33,82	29,59	25,36	21,13
C egyéb oxidok	1,30	1,73	1,49	2,43	2,17	1,89	1,63	1,36
D H <sub>2</sub> O-hidroxilból	0,19	0,24	8,68	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20
A AlF <sub>3</sub>	51,75	35,95	35,95	9,95	19,95	29,95	39,95	49,95

1. táblázat

### A kísérlethez használt alapanyagok

	1	2
Izz. veszt.	13,49	0,29
SiO <sub>2</sub>	47,50	54,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,68	42,26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,86	0,99
TiO <sub>2</sub>	0,11	0,13
CaO	0,61	0,70
MgO	0,10	0,12
K <sub>2</sub> O	0,55	0,63
Na <sub>2</sub> O	0,10	0,12
Egyéb oxidok összesen	2,33	2,69

1 Zettlitzi kaolin,  
2 égetett zettlitzi kaolin.

tuk. A hőkezelés előtt és után mértük a pasztilla tömegét és meghatároztuk az égetett anyag fluortartalmát, valamint egyes esetekben (a röntgendiffrakciós mérés eredményétől függően) meghatároztuk a SiO<sub>2</sub>, illetve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalmát. A kísérlethez használt zettlitzi kaolin összetételét nyers és égetett állapotban az 1. táblázat tünteti fel. A 2. táblázatban találjuk a kísérleti anyagok összetételét. Az AlF<sub>3</sub> 0,1% H<sub>2</sub>O-t, 66,8% fluort tartalmaz.

### A kísérletek leírása

Előbb megvizsgáltuk a kísérleti összetétel (2. táblázat 7. sz.) izzítási vizsgálatának reprodukálhatóságát. A hét tételből álló vizsgálat eredménye az alábbi. A minták kiegészítése 1300 °C-on történt. A vizsgálat alapján meghatároztuk a hét súlyvesztési eredmény átlagát, szórását és átlaghibáját.

35,01

36,79

36,97

35,94

36,83

35,03

34,43

$N = 7, \bar{X} = 35,86, s = 1,04, s\% (\bar{X}) = 2,90$

2. táblázat

A termogradiens hatását vizsgáltuk metakaolin-nal, fokozatosan növekvő  $AlF_3$  tartalom mellett. (2. táblázat 4—8. sz. bemérések.)

Összehasonlítottuk a metakaolin és a nyers kaolin viselkedését 36%-os  $AlF_3$  mellett (2—3 sz. bemérések). Vizsgáltuk továbbá a reakciómechanizmus változását 560 és 1300 °C közötti tartományban. Hasonlóképpen vizsgáltuk, hogy a felfűtési sebesség változása miként befolyásolja az izzítási veszteség nagyságát metakaolin esetében.

### A kísérleti eredmények elemzése

A II. táblázat 1. sz. keveréke elsősorban arra szolgált, hogy a termogradiens szerepét vizsgáljuk szilícium-tetrafluorid és a hidrogén-fluorid egyensúlyának alakulásában.

A keveréket háromféle módon égettük ki:

1. A vizsgált anyagot közvetlenül 1300 °C-os hőmérsékletre juttattuk és 90 percig tartottuk ezen a hőmérsékleten.

Az izzítási veszteség ( $\Delta S_{\Sigma}$ ) 45,84%

2. A vizsgált anyagot 1150 °C-on juttattuk a kemencetérbe, 30 perces hőkezelés után a kemence hőmérsékletét 15 perc alatt 1300 °C-ra növeltük, majd ezen a hőmérsékleten tartottuk 90 percig.

Az izzítási veszteség ( $\Delta S_{\Sigma}$ ) 45,84%.

3. A vizsgált anyagot hideg kemencébe helyeztük és 4 óra alatt fűtöttük fel 1300 °C-ra. Ezután 90 percig hőtartás következett. Az izzítási veszteség ( $\Delta S_{\Sigma}$ ) 45,49%.

A közölt izzítási veszteségek 6—6 egyedi minta vizsgálatának átlagértékei. Ez a vizsgálat azt bizonyítja, hogy a súlyveszteség gyakorlatilag

nem változik a felfűtési sebességgel. Nem úgy mint egy kaolin- $AlF_3$  keverékek súlyvesztése, ahol a felfűtési sebesség függvényében az eltérés szélső esetben 10%-ot is meghaladhat.

A 2. táblázatban szereplő keverékek 1300 °C-os hőkezelés hatására végbemenő reakció mechanizmusadatait és az izzított anyag számított összetételét a 3. táblázat foglalja össze. Az összetételek szűrőpróbaszerű ellenőrzése alátámasztja a számítási módszer helyességét.

A reakciómechanizmus számításának alapja az alapanyag és az izzított anyag fluórtartalma és a mért súlyvesztés.

$F_k$  = a keverék fluórtartalma a táblázatban:

$$F_k = A \cdot H$$

$H$  = állandó, értéke 0,6786, megadja az  $AlF_3(A)$  fluórhányadát.

$A$  = a keverék (alapanyag)  $AlF_3$  tartalma %-ban.

$F_i$  = az anyag fluórtartalma izzítás után

$F_m$  = az égetett anyag fluórtartalma átszámítva a keverék %-ára.

Az izzított anyagban visszamaradt fluórmennyiséget az izzítás előtti mennyiségre kell vonatkoztatnunk, hogy meghatározhassuk a fluórtartalom változását

$$\Delta F_k = F_k - F_m$$

$L - \Delta S_{\Sigma}$  = égetés során keletkezett anyag mennyisége %-ban. A  $P$  reakciókoordináta, amely megadja, hogy a reakció során az anyagból eltávozó fluórnak mennyi hányada  $SiF_4$  alakú, az alábbi módon közvetlenül is számítható:

$$P = \frac{(\Delta S_{\Sigma} - \Delta S_{H_2O}) - [AHL - F_i(L - \Delta S_{\Sigma})]U}{(J - U)[AHL - F_i(L - \Delta S_{\Sigma})]}$$

3. táblázat

1300 °C-on égetett anyagok reakciómechanizmusbeli adatai

	1	2	3	4	5	6	7	8
$\Delta S_{\Sigma}$ .....	45,84	32,04	36,43	9,30	18,10	26,60	35,20	43,90
$\Delta H = F_k$ .....	35,12	24,40	24,40	6,75	13,54	20,32	27,11	33,90
$F_i$ .....	0,45	0,28	0,68	0,10	0,14	0,40	0,60	0,65
$L - \Delta S_{\Sigma}$ .....	54,16	67,96	63,57	90,70	81,90	73,40	64,80	56,10
$F_i \left(1 - \frac{\Delta S_{\Sigma}}{100}\right)$ .....	0,24	0,19	0,44	0,09	0,11	0,29	0,39	0,39
$\Delta F_k$ .....	34,88	24,21	23,96	6,66	13,43	20,03	26,72	33,51
$U \cdot \Delta F_k$ .....	20,20	14,02	13,87	3,86	7,78	11,60	15,47	19,40
$\Delta S_{\Sigma k}$ .....	45,65	31,80	27,75	8,99	17,82	26,35	34,98	43,71
$\Delta S_{\Sigma k} - \Delta F_k \cdot U$ .....	25,45	17,78	13,88	5,13	10,04	14,75	19,51	24,31
$\Delta F_k (J - U)$ .....	27,56	19,13	18,93	5,26	10,61	15,82	21,11	26,47
$P$ .....	0,923	0,929	0,733	0,975	0,941	0,932	0,924	0,918
$\alpha \cdot \Delta SiO_2$ .....	0,92	17,23	16,52	44,12	33,74	23,55	13,32	3,05
$SiO_2$ % .....	1,70	25,35	25,99	48,64	41,20	32,08	20,56	5,44
$Al_2O_3$ % .....	96,23	71,69	70,67	48,82	56,06	64,86	76,17	91,24
$AlF_3$ % (e) .....	0,66	0,41	1,00	0,14	0,21	0,59	0,88	1,00
Egyéb oxidok, % .....	2,40	2,55	2,34	2,40	2,53	2,47	2,39	2,32

Az  $L$  állandó értéke  $100$ ;  $U = 0,579$ ;  $J = 1,37 \Delta S_{rk} = \Delta S_{\Sigma} - \Delta S_{H_2O}$ , a redukált súlyvesztés, a kaolinit hidroxiljából számítható  $H_2O$  levonásával kapjuk az izzítási veszteségből.

$$F_m = F_i \left( 1 - \frac{\Delta S_{\Sigma}}{100} \right)$$

$\Delta SiO_2 = \Delta S_{rk} - U \Delta F_k$ , a reakció során  $SiF_4$  alakban távozó  $SiO_2$ .

$\alpha - \Delta SiO_2$  = az izzítás után visszamaradó  $SiO_2$  mennyiség, amit  $L - \Delta S_{\Sigma}$  mennyiségre vonatkoztatva kapjuk az izzított anyag  $SiO_2$  tartalmát százalékban.

A 2 és 3 összetétel a metakaolinit és a kaolinit reakciómechanizmusának, illetve reakcióparamétereinek összehasonlítására ad lehetőséget. A  $P$  reakciókoordináta a 3. táblázat adatai értelmében a metakaolinnál 19,6%-kal nagyobb, mint a kaolinnál. A távozó fluórmennyiség közel egyenlő, azonban metakaolinnál az  $AlF_3$  hidrolízisjellegű reakciója  $1300^\circ C$ -nál igen kis mértékű. Ebből arra is lehet következtetni, hogy a reakciónak vízmentes feltételeket biztosítva,  $1300^\circ C$  felett megközelíthető a  $P=1$  érték is. A  $SiO_2$  mennyiségében is megfelelő a különbség. Az  $Al_2O_3$  tartalom csak azért lehet közel egyenlő, mert a kaolinos keverékben kedvezőbb az  $SiO_2 / AlF_3$  arány és nagyobb az izzítási veszteség. Az izzított anyag mennyisége metakaolinnál 4,4%-kal nagyobb, mint a kaolinos keveréknél. Ezeknek az adatoknak a műszaki alkalmazás során is komoly jelentősége van.

A 3. táblázat további adataiból következik, hogy a  $P$  értéke annak is függvénye, hogy milyen az  $SiO_2 / AlF_3$  arány. Minél nagyobb, annál nagyobb a  $P$ .

4. táblázat

A reakciómechanizmus adatai a hőmérséklet függvényében

Közelési hőmérséklet	560° 120'	750° 120'	950° 120'	1150° 120'
$\Delta S_{\Sigma}$ , %	5,08	14,48	25,27	31,80
$A \cdot H = F_k$ , %	24,40	24,40	24,40	24,40
$F_i$ , %	18,50	12,47	1,50	0,17
$L - \Delta S_{\Sigma}$ , %	94,92	85,52	74,73	67,80
$F_i \left( 1 - \frac{\Delta S_{\Sigma}}{100} \right)$ , %	17,56	10,66	1,12	0,12
$\Delta F_k$ , %	6,84	13,74	23,28	24,28
$\Delta F_k \cdot U$	3,96	7,96	13,48	14,06
$\Delta S_{\Sigma} - \Delta S_{H_2O} = \Delta S_{rk}$ , %	4,84	14,24	25,03	31,56
$\Delta S_{rk} - \Delta F_k \cdot U$	0,88	6,28	11,55	17,50
$\Delta F_k (J - U)$	5,40	10,85	18,39	19,18
$P$	0,16	0,579	0,628	0,912
$\alpha - \Delta SiO_2$	34,13	28,73	23,46	17,51
$SiO_2$ , %	35,90	33,61	31,38	25,81
$Al_2O_3$ , %	36,49	48,65	64,65	71,46
$AlF_3$ , %	25,79	15,70	1,65	0,18
Egyéb oxidok, %	1,82	2,04	2,32	2,55

Az  $Al_2O_3$  tartalom az alábbi képlet segítségével is számítható:

$$\varrho = \frac{AL - \frac{F_i}{H} (L - \Delta S_{\Sigma}) - [AHL - F_i(L - \Delta S_{\Sigma})]U + \beta L}{L - \Delta S_{\Sigma}}$$

$\beta$ : az alapanyag  $Al_2O_3$  tartalma

Az izzított anyagok alumíniumoxid tartalmát megfigyelve könnyen belátható, hogy szintetikus mulittól maximum 97—98%  $Al_2O_3$  tartalmú anyagok állíthatók elő a metakaolinit- $AlF_3$  reakció útján.

A kísérlet során a 2. táblázat 2. összetételét  $560, 750, 950, \text{ és } 1150^\circ C$ -on 120 percen át hőkezeltük. A kísérleti adatokat, a reakciómechanizmus számítását, az izzított anyag összetételét a 4. táblázat foglalja össze. Mind az izzítási veszteség, mind a  $P$  érték annál nagyobb, minél nagyobb a hőmérséklet.

A  $P$  0,160-tól 0,912-ig növekszik. Ez a mulitt-szintézis sztöchiometriai viszonyaira érvényes nagyságrend.

#### IRODALOM

- [1] Lőcsei B. P.: Nature 190. 907 (1961)
- [2] Lőcsei B. P.: Építőanyag 13. 405 (1961)
- [3] Lőcsei B. P.: Veszprémi Vegyipari Egyetem Közleményei 6. 37 (1962)
- [4] Lőcsei B. P.: Ber. Deutsch. Keram. Ges. 40. 24. (1963)
- [5] Lőcsei B. P.: Acta Tech. Ac. Sci. Hung. 44. 11. (1964)
- [6] Lőcsei B. P.: Nature 201. 700 (1964)
- [7] Lőcsei B. P.: Interceram 13. 28 (1964)
- [8] Lőcsei B. P.: Silikattechnik. 15. 388 (1964)
- [9] Lőcsei B. P.: Keram. Ztschrift. 17. 769 (1965)
- [10] Lőcsei B. P.: Interceram 17. 27 (1968)
- [11] Lőcsei B. P.: Ber. Deutsch. Keram. Ges. 49. 229 (1972)
- [12] Lőcsei B. P.: Ber. Deutsch. Keram. Ges. 50. 369 (1973)

#### Lőcsei Béla: Adatok a metakaolinit-alumínium-fluorid reakció mechanizmusához

A metakaolinit —  $AlF_3$  rendszerben az izzítási veszteség nem függ olyan mértékben a termogradienstől, mint kaolinnál. A  $P$  érték, vagyis a  $SiF_4/HF$  egyensúly annál inkább az  $SiF_4$  irányában van eltolódva, minél jobban megközelíti a hőmérséklet az  $1300^\circ C$ -t. A  $P$  érték azonos  $SiO_2$  és  $AlF_3$  tartalom és azonos termogradiens mellett a metakaolinites rendszerben mindig nagyobb, mint a kaolinitesben. Hidroxilmentes rendszerben mindig több  $SiF_4$  keletkezik azonos  $AlF_3$ , illetve fluortartalom esetén. Metakaolinites rendszerben azonos  $AlF_3$  tartalom esetén mindig több mulitt képződik, mint kaolinnal.

#### Лечен, Б.: Данные, касающиеся механизма реакции метаклоинита — фтористого алюминия

В системе метаклоинит —  $AlF_3$  потери при прокаливании не зависят в такой мере от термоградиента, как в случае каолинита. Значение „ $P$ “, т. е. равновесие  $SiF_4/HF$  сдвинуто в сторону  $SiF_4$  тем более, чем более температура приближается к  $1300^\circ C$ . Значение „ $P$ “ — в случае одинакового содержания  $SiO_2$  и  $AlF_3$  и одинакового термоградиента — в метаклоинитовой системе всегда больше, чем в каолинитовой. В системе, не со-

держащей гидроксильной группы, всегда образуется больше  $\text{SiF}_4$  при одинаковом содержании фтора. В метакоалинитовой системе в случае одинаковых содержаний  $\text{AlF}_3$ , всегда образуется больше муллита, чем в коалинитовой.

*Lócssei, Béla: Angaben zum Mechanismus der Reaktion Metakaolinit—Aluminiumfluorid*

Im Metakaolinit —  $\text{AlF}_3$  — System ist der Glühverlust nicht in dem Maße vom Thermogradienten abhängig, wie bei Kaolinit. Der P-Wert, d. h. das  $\text{SiF}_4/\text{HF}$ -Gleichgewicht verschiebt sich um so mehr gegen  $\text{SiF}_4$ , je mehr die Temperatur von  $1300^\circ\text{C}$  angenähert wird. Der P-Wert ist, bei gleichem  $\text{SiO}_2$ - und  $\text{AlF}_3$ -Gehalt und bei gleichem Thermogradienten, im Metakaolinit-System immer größer als im System mit Kaolinit. In Hydroxylfreiem System entsteht, bei gleichem  $\text{AlF}_3$ -, bzw. Fluor-

gehalt, immer mehr  $\text{SiF}_4$ . Im Metakaolinit-System bildet sich, bei gleichem  $\text{AlF}_3$ -Gehalt, immer mehr Mullit als mit Kaolinit.

*Lócssei, Béla: Data on the Mechanism of the Metakaolinite — Aluminium Fluoride Reaction*

In the metakaolinite —  $\text{AlF}_3$  system the thermal gradient affects the loss on ignition to a lower extent than in the kaolinite —  $\text{AlF}_3$  system. The  $\text{SiF}_4/\text{HF}$  equilibrium is the nearer to  $\text{SiF}_4$ , the nearer the temperature to  $1300^\circ\text{C}$ . The value of this equilibrium is always higher in the metakaolinite-bearing system (an equal thermal gradient and equal  $\text{SiO}_2$  and  $\text{AlF}_3$  quantities presupposed) as contrasted to the kaolinite-bearing one. The share of  $\text{SiF}_4$  is higher in a OH-free system (equal  $\text{AlF}_3$  and F contents presupposed). In the metakaolinite-bearing system *ceteris paribus* a higher quantity of mullite is formed than in the kaolinite-bearing one.

## Egyesületi élet

### Híradástechnikai kerámiaalkatrész ankét

Egyesületünk Cementszakosztályának beremendi üzemi csoportja 1974. február 22-én tartotta megalakulását követően első klubnapját. A klubnapon *Hugyák László*, a csoport elnöke ismertette a Cementszakosztály, valamint a Csoport 1974. évi munkatervét. Ezt követően *dr. Bényei Károly* a gyár termelési osztályának vezetője tartott előadást „Cementgyártás” címmel. Az előadás célja az volt, hogy a csoport tagjai egy átfogó, de a gyár adottságait — mind a nyersanyag, mind a technológia vonatkozásában — figyelembe vevő előadás során bővítsék ismereteiket. Az előadás — a teljesség igénye nélkül — csak érintette az egyes problémaköröket, mert valamennyi kérdés részletes ismertetésére egy rövid előadás keretei között nem kerülhetett sor.

H. L.

Egyesületünk *Közgazdasági szakosztályának miskolci csoportja* április 22-én filmdélután rendezett az MTESZ miskolci székházában. A rendezvényen az alábbi filmek kerültek vetítésre:

Hódmezővásárhelyi Porcelángyár bemutatása, kíséző szöveget mondott *Ludányi László*, a gyár szervezési csoportvezetője.

A Morandó-cég által tervezett téglagyár bemutatása üzemelés közben. Művészeti kerámiák, Franciaországban készült film.

A filmdélutánon nagy számmal jelentek meg a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem szilikátgépész hallgatói. A filmdélután eredményesnek mondható. A résztvevők megelégedéssel távoztak a rendezvényről.

A rendezvény szervezői köszönetet mondanak a Hódmezővásárhelyi Porcelángyár vezetőségének, valamint az Egyesület titkárságának, amiért segítségükre voltak abban, hogy a fenti filmek rendelkezésre álljanak.

Pecze Sándor

Az elmúlt években gyors ütemben fejlődött a Kőbányai Porcelángyárban a híradástechnikai alkatrészek gyártása. Több új vidéki üzem létesítésére került sor, a meglévő üzemek közül többet korszerűsítettek. A gyár fejlesztési osztályának és a gyártó üzemek mérnökeinek, technikusainak irányításával számos korszerű és megbízható új kerámiai alkatrész fejlesztése valósult meg. A gyár neves világcégekkel kötött kooperációs megállapodásokat.

Az elektronikai ipar rendkívül gyorsütemű fejlődése megköveteli az alkatrészek, ezen belül a kerámiai alkatrészek állandó gyorsütemű fejlesztését, és a világ elektronikai iparának színvonalával lépést tartani csak úgy lehet, ha a kerámiai alkatrészeket fejlesztő és gyártó szakemberek szoros együttműködésben dolgoznak a felhasználó gyárak konstruktóereivel és szakembereivel. A Kőbányai Porcelángyár már eddig is széles körű, rendszeres együttműködést épített ki a készülék gyártókkal és fejlesztőkkel, rendszeres közös minőségellenőrző konzultációkat is tartottak.

Egyesületünk Finomkerámiai Szakosztályának *Kőbányai Porcelángyári helyi csoportja* minden évben részt vesz a Híradástechnikai Tudományos Egyesülettel közösen megtartott ankétokon, ahol ismerteti a felhasználókkal a kerámiai alkatrészek terén elért eredményeket. A helyi csoport a gyárban létrehozott *Fiatal Műszakiak és Közgazdászok Tanácsával* közösen most élére állt az alkatrész felhasználókkal kiépült együttműködés még szorosabbá tételét szolgáló törekvéseknek, és április 13-án fel-

használói ankétot rendezett a Kőbányai Porcelángyárban. Az ankétra meghívták a legnagyobb hazai felhasználók — Budapesti Rádiótechnikai Gyár, Finommechanikai Vállalat, Orion, Videoton — és több más gyár főkonstruktóereit, vezető műszaki szakembereit.

Az ankét megnyitójaként *Grofcsik Elemér* igazgatóhelyettes ismertette a megjelentekkel a gyár elmúlt időszakban végzett gyártmány- és gyártásfejlesztési tevékenységét, valamint távlati terveit. Ezután a jelenlévő alkatrész felhasználó gyárak képviselői ismertették a Kőbányai Porcelángyár termékeire vonatkozó tapasztalataikat. Elmondták távlati fejlesztési elképzeléseiket, és ezzel kapcsolatban igényeiket a kerámia alkatrészek vonatkozásában. Az elhangzottak alapján széles körű konstruktív vita bontakozott ki. Az ankét számos tapasztalatait *Bubik István*, a Kőbányai Porcelángyár híradástechnikai fejlesztési osztályának vezetője foglalta össze.

Az Egyesület helyi csoportja és a Fiatal Műszakiak és Közgazdászok Tanácsa az ankét megrendezésével segítséget adott a gyár szakemberei részére a további fejlesztési irányok kialakításához, és a felhasználókkal folytatott eszmecsere tájékoztatást nyújtott a készülékgyártó vállalatok szakembereinek perspektivikus készülékfejlesztési terveik elkészítéséhez. A rendkívül hasznos ankét tovább mélyítette a Kőbányai Porcelángyár és a termékeit felhasználó vállalatok szakembereinek szoros együttműködését.

dr. Zombory Etelka

# A téglagyártmányok mérettűrése

CSIZI BÉLA

Tégla-Cserépipari Egyesülés, Budapest

A téglaiipar korszerű gyártmányainál, de különösen az előregyártáshoz felhasznált téglatermékeknel fokozott igényt támasztanak a méretpontossággal szemben. Ez a körülmény teszi aktuálissá annak vizsgálatát, hogy

- a méretpontosságot a gyártás során milyen tényezők és mennyire befolyásolják,
- az üzemekkel szemben milyen tűrési előírásokat lehet reális követelményként felállítani.

A méretingadozások elemzése egyben arra is választ ad, hogy milyen módon lehet azokat csökkenteni a technológia egyes fázisaiban.

A méretek változása — eltekintve egyes, gyakorlatilag elhanyagolható tényezőktől — alapvetően három fő okra vezethető vissza:

1. a száradási és égetési zsugorodás mértékének ingadozására,
2. a formázási méretpontatlanságokra,
3. a kezelési hibákból adódó méreteltérésekre.

Az egyes hibák természetesen többféle okból is származhatnak. Ezeknek az okoknak elemzése részben az agyagokra vonatkozó nagyszámú, gyakorlatilag valamennyi fontosabb üzemre kiterjedő vizsgálati adat, részben pedig tapasztalati megfontolások alapján történt.

## 1. A száradási és égetési zsugorodás ingadozása

A zsugorodás ingadozását elsősorban

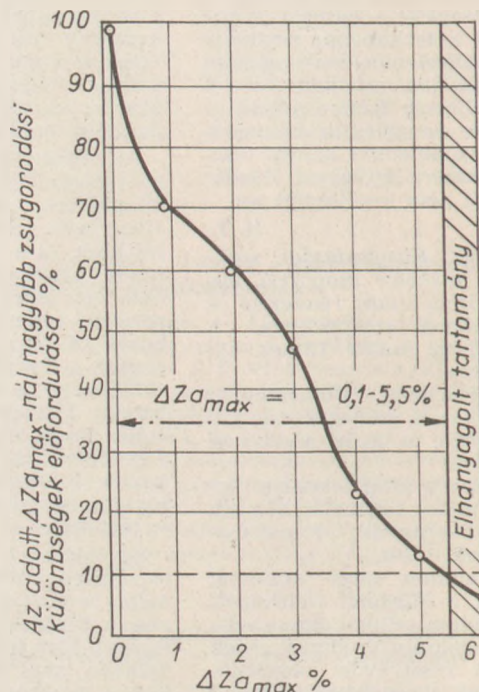
- a nyersanyag minőségének változása,
- a megmunkáláshoz adagolt víz mennyiségének változása és
- az égetési hőmérséklet egyenlőtlensége okozza.

### 1.1. A nyersanyag minőségének változása

Egyetlen téglagyári agyagbánya sem tartalmaz csak egyetlen, azonos minőségű nyersanyagot.

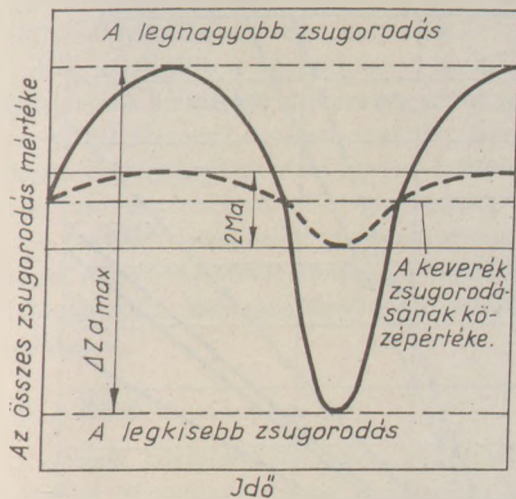
Rendszerint többféle, különböző tulajdonságú agyag alkotja a nyersanyag települést és pedig helyileg is változó arányban. A helyesen kialakított bányaművelés, valamint az agyagtárolás és feldolgozás keverő, homogenizáló hatása kedvező esetben lényegesen csökkentheti a minőségi ingadozásokat, a tökéletes megszüntetésük azonban gazdaságosan megoldhatatlan.

Egy-egy bánya heterogenitását az ott előforduló legkisebb és legnagyobb összes zsugorodású agyagtípus zsugorodási mértékszámának különb-



Az anyagok zsugorodásának legnagyobb különbsége egy agyagbányán belül.

1. ábra. Az egy bányában előforduló agyagok legnagyobb zsugorodás-különbségének gyakorisági eloszlása a vizsgált bányákban



2. ábra. A zsugorodás különbségből adódó méretingadozás csökkentése a helyesen megválasztott technológia következtében

ségével jellemezve, nagyszámú gyárra a heterogenitási értékek eloszlásának összeggörbéje az 1. ábrán látható.

Az ábrából látható, hogy  $\Delta Z_{a_{max}}$  eloszlása igen tág, a szélső értékek egyébként 0,1 és 9,3% között vannak. Ha figyelmen kívül hagyjuk az extrém nagy értékeket, és csak azokat az értékeket vesszük számításba, amelyek az összes esetek 90%-ában előfordulnak, úgy azt kapjuk, hogy  $\Delta Z_{a_{max}}$  0,1—5,5% között lehetséges.

A technológiai feltételektől függően ezek a különbségek jelentősen csökkenthetők (2. ábra). Feltételezve, hogy a csillapítás mértéke igen jó technológiai feltételeknél 0,1, kevésbé jó feltételeknél pedig 0,2, úgy a termékek méretingadozásának  $Ma$ -nak várható legnagyobb értéke az első esetben gyakorlatilag

$$Ma_1 = 0 - \pm 0,28\%$$

másodikban pedig

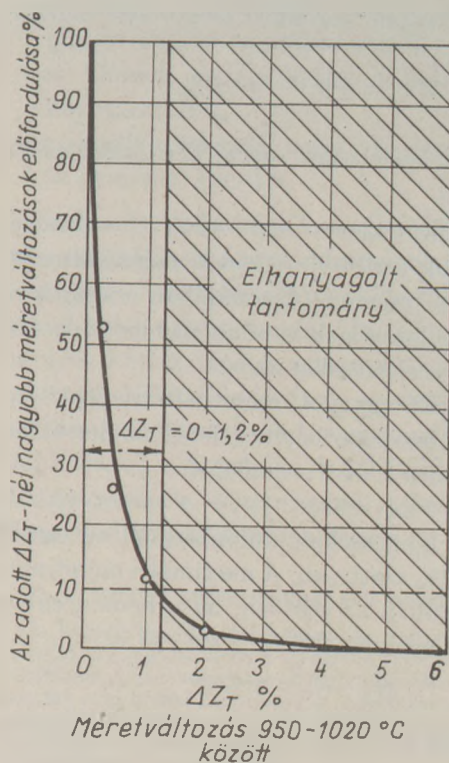
$$Ma_2 = 0 - \pm 0,55\%$$

A legkorszerűbb üzemekben végzett mérések adatai az így kiszámított értéket valószínűsítik.

A zsugorodás változásából adódó méretingadozások

1. táblázat

A méretváltozás jele	Kedvező homogenizálás <sup>1</sup>		Kevésbé jó homogenizálás	
	kézi nedvesítés	automatikus nedvesítés	kézi nedvesítés	automatikus nedvesítés
$Ma$	$\pm(0-0,28)\%$		$\pm(0-0,55)\%$	
$Mw$	$\pm(0,2-1,2)\%$	$\pm(0,1-0,3)\%$	$\pm(0,2-1,2)\%$	$\pm(0,1-0,3)\%$
$MT$	$0 - \pm 0,6\%$			
$M = Ma + Mw + MT$	$\pm(0,20-2,08)\%$	$\pm(0,10-1,18)\%$	$\pm(0,20-2,35)\%$	$\pm(0,10-1,45)\%$



3. ábra. A 950—1020 °C hőmérséklet-tartományban bekövetkező %-os méretváltozások gyakorisági eloszlása a vizsgált agyagoknál

## 1.2. A megmunkálási víz változásából adódó méretingadozás

A megmunkálási víz szabályozását általában kézzel végzik az üzemekben. A legtöbb téglagyagnál egyébként azonos agyagminőségűnél 1% nedvességkülönbség kb. 0,2—0,6% zsugorodásváltozást idéz elő.

A nedvességingadozás az eddigi mérések adatai szerint  $\pm 1-2\%$ -ot tesz ki kézi szabályozásnál. Ennek megfelelően az ebből adódó méretváltozás  $Mw_k$  értéke

$$Mw_k = \pm 0,2 - \pm 1,2\%$$

Automatikus nedvesítésnél a nedvességingadozás  $\pm 0,5\%$  körüli értékre csökkenthető, így a követ-

kezményeként adódó száradási zsugorodás ingadozása

$$M_{w_a} = \pm 0,1 - \pm 0,3\%$$

### 1.3. Az égetési hőmérséklet egyenlőtlenségéből adódó méreteingadozás

Az égetési hőmérséklet — 950—1000 °C — közelében az agyagok legtöbbje jelentős méretváltozást szenved. Ha a kemence tűzzónájában számottevő hőmérséklet különbségek vannak, úgy ez az égetési zsugorodásban is eltéréseket okoz.

A megvizsgált agyagok méretváltozásának  $Z_T$ -nek eloszlási összeggörbéjét a fenti hőmérséklet-intervallumban a 3. ábra szemlélteti.

Az ábráról leolvasható, hogy a méretváltozás 70 °C égetési hőmérséklet különbségnél az esetek 90%-ában 1,2% alatt van. A maximális méreteingadozás tehát abban az esetben, ha a kemencékben az égetési hőmérséklet eltérés  $\pm 30-40$  °C

$$M_T = 0 - \pm 0,6\%$$

Ha a zsugorodás ingadozásának hatását együtt vizsgáljuk úgy az 1. táblázatban szereplő adatokat kapjuk. A táblázat adatai szerint még igen gondos munka és kedvező technológiai berendezések esetén is meghaladhatja a méretek ingadozása a  $\pm 1\%$  értéket, kedvezőtlenebb körülmények között pedig a zsugorodásból adódó méretszórás elérheti a  $\pm 2\%$ -ot is.

## 2. A formázási méretepontatlanságok

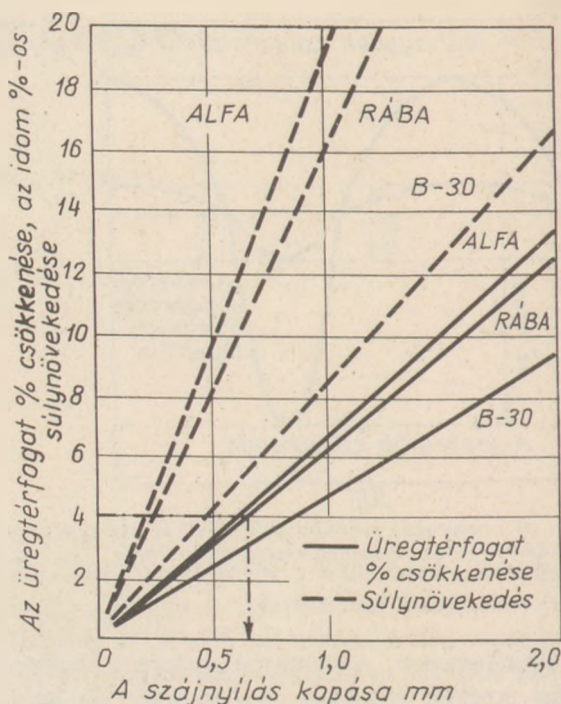
A zsugorodás változása valamennyi idomméretnél nagyjából azonos mértékben, arányos méretváltozást idéz elő. A formázási pontatlanságok ettől eltérően, az egyes méreteket eltérő módon és eltérő mértékben változtatják meg. Két fő csoportjuk:

- a szájnnyílás kopásából és
- a levágás pontatlanságából adódó méretváltozás.

### 2.1. A szájnnyílás kopásának hatása

Feltételezve, hogy a szájnnyílás kivitelezésénél fellépő pontatlanságok — szerszámkészítési munkákról lévén szó — a téglaiipari mérettűrésekhez képest elhanyagolhatóak, valamint azt, hogy a szájnnyílás egésze azonos kopási szilárdságú anyagból készült, az egyes felületeknél közel azonos kopási sebességgel lehet számolni. A kopás következtében

- a szájnnyílás külső mérete, így a kilépő agyag-szalag keresztmetszete nő,
- az üregképző dugók és így az üregek keresztmetszete csökken,



4. ábra. Az ALFA, RÁBA és B-30 blokkok súlynövekedése és üregtérfogatának csökkenése a szájnnyílás kopási vastagságának függvényében

— az üreget elválasztó falak, bordák vastagsága nő.

A fentiekkel összhangban csökken az üregtérfogat és növekszik a gyártott áru súlya. A 4. ábrán két vékonyfalú vázkerámia falazóelem és a B-30 falazóblokk üregtérfogatának csökkenése és súlyának növekedése látható a kopási vastagság függvényében. A megengedett értékek túllépése esetén szájnnyílást kell cserélni. Kérdés azonban, hogy melyik méretet vegyük alapul az ellenőrzésnél, hiszen azonos abszolút méretváltozás százalékosan igen eltérő lehet az egyes méreteknél (2. táblázat).

A szájnnyílás kopásra legérzékenyebben a nagy üregtérfogatú, vékonyfalú idomok bordáinak mérettűrése reagál. Az 1,0 mm-es kopásnál, amely az idom külső méretéhez képest alig okoz még problémát, a 8—10 mm vastag bordák 2 mm-es, azaz

2. táblázat

A szájnnyíláskopás következménye a RÁBA falazóidom méreteire

Méretek	A méretváltozás %-ban		
	0,5 mm	1,0 mm	2,0 mm
	kopási vastagság esetén		
250 mm-es szélességi méretnél . . . . .	0,4	0,8	1,6
140 mm-es magassági méretnél . . . . .	0,7	1,4	2,8
10 mm-es vastag bordánál . . . . .	10,0	20,0	40,0

20—25%-os méretnövekedése áll elő, ami a szigorú előírásoknál már alig engedhető meg.

Még szigorúbb a követelmény, ha az üregtérfogatnál csak kisméretű eltérést engedünk meg. Ha pl. az ALFA idomnál összesen csak 4% üregtérfogatingadozást engedünk meg, úgy a 4. ábra szerint a a kopást max. 0,6 mm-ben szabhatjuk meg.

A bordák vastagságát megváltoztatja az üregképző dugók tartóívek elhajlása a sajtolási nyomás hatására. Ez ellen megfelelő konstrukcióval lehet védekezni.

## 2.2. A levágási pontatlanságok

Az idomok hossz méretét nem a szájnyílás, hanem a levágó berendezés vágási pontossága határozza meg. A vágógépeknél ebből a szempontból két fő típust különböztetünk meg:

- egyidejűleg két, vagy több egymástól meghatározott, állandó távolságban rögzített vágódróttal működő és
- egy, vagy váltakozva több vágódróttal működő gépek.

Az első csoportnál elvileg méretpontatlanság nincs, mivel a rögzített vágódrótok helyzete által meghatározott távolság állandó. Nem így van a legelterjedtebb, egy vágódróttal működő gépeknél. Ezeknél a vágási sebességet közvetve maga a présből kilépő agyagszalag vezérli. A szalag nem kellő súlya, súrlódások és egyéb tényezők miatt a vágási távolságot itt csak bizonyos eltéréssel lehet betartani. Ez az eltérés korszerű berendezéseknél,  $\pm 0,8$ — $1,0$  mm, a vágási hosszúságtól nagyrészt függetlenül. Természetesen ennek a vágási pontosságának a betartása rendkívül gondos gépkezelést és karbantartást, valamint egyenletes szalagsebességet tételez fel. Kopott, rosszul karbantartott gépeknél a méretszórás a fenti érték tízszeresét is meghaladhatja.

## 3. Kezelési deformálódások

Ide tartoznak azok a méretváltozások, amelyek a nem eléggé kíméletes kezelés, a túlságosan puha massa, vagy az alkalmazott gépi berendezések együttes hatására deformálódásként jönnek létre a még nyers idomokon. A fontosabb deformálódási helyek az egyes technológiai műveleteknél:

— a nagyméretű idomok roskadása saját súlyuk következtében,

- az idomok talpasodása, alsó részük kiszélesedése görgős szállító-berendezéseknél,
- az idomok papucsosodása, a kíméletlen lerakás következtében,
- pontatlan rakásnál a szállító berendezés villája az idomokat torzítja.

Ezeknek a deformációknak létrejötte rendszerint nem szükségszerű, de az adottságok következtében — sajnos — legtöbbször alig elkerülhetők. A hatásokra bekövetkező méretváltozás pedig igen tág határok között mozog, gyakorlatilag meg sem becsülhető. Kiküszöbölésük a massa nedvességtartalmának csökkentésével, a szájnnyílás célszerű kialakításával, a megfelelő és jól beállított nyersáru mozgó gépek, berendezések alkalmazásával és főleg gondos munkával lehetséges.

### Csizi Béla: A téglagyártmányok mérettűrése

A korszerű téglagyártmányok mérettűrési követelményei a hagyományos gyártmányokénál sokkal szigorúbbak. A durvakerámia gyártmányok méreteinek változását a gyártási technológia, valamint az alkalmazott nyersanyag minőségi ingadozása befolyásolja. A befolyásoló tényezők elemzése lehetővé teszi a reális követelményszintek kialakítását, valamint a méreteltérések csökkentésére a legmegfelelőbb intézkedések megtételét.

### Чизи, Б.: Допустимые отклонения от размеров кирпичных изделий

Требования в отношении допустимых отклонений от размеров для современных кирпичных изделий являются более строгими, чем в случае традиционных кирпичных изделий. Изменение размеров изделий грубой керамики зависит от технологии производства а также от колебания качества применяемого для их производства сырьевого материала. Анализ факторов, оказывающих влияние на размеры изделий, открывает возможность для создания реальной системы требований, а также проведения мероприятий, направленных на снижение отклонений от размеров.

### Csizi, Béla: Maßtoleranzen von Ziegelwaren

Die Forderungen bzgl. der Maßtoleranzen moderner Ziegelwaren sind wesentlich strenger als die gegenüber den herkömmlichen Erzeugnissen gestellten. Die Maßänderungen der grobkeramischen Erzeugnisse werden durch die Fertigungstechnologie, sowie der schwankenden Qualität der verwendeten Rohstoffe beeinflusst. Die Analyse der beeinflussenden Faktoren ermöglicht die Festlegung der reell stellbaren Forderungen, sowie der zur Verringerung der Maßabweichungen einzuleitenden entsprechenden Maßnahmen.

### Csizi, Béla: Dimensional Tolerances of Brick Products

The dimensional tolerances of up-to-date brick products are more close than those of conventional ones. The dimensional changes of fired clays are jointly affected by the quality of the raw materials and by shaping and firing processes. A detailed analysis of these factors is given which enables to fix realistic tolerances as well as the measures to be done in order to reduce dimensional changes.

# A fázishatárok befolyása a cementszilárdulásra\*

D Ä R R, G. M.—L U D W I G, U.

Institut für Gesteinhüttenkunde, Rhein.-Westf. der Techn. Hochschule, Aachen

## Bevezetés és helyzetismertetés

Jelen közleményben a fázishatároknak a cement szilárdulására gyakorolt hatását tárgyaljuk. Ennek folyamán a kiindulási cement szemcseméret-eloszlását és finomságát figyelmen kívül hagyjuk, és csak azokra a hatásokra szorítkozunk, melyeket az újonnan képződött hidratációs termékek a cement szilárdulására kifejtenek. A közleményben a legújabb irodalmi adatokat és az Institut für Gesteinhüttenkunde-ban végzett saját kísérleteink eredményeit ismertetjük.

Abból indulunk ki, hogy a hidraulikus, latens-hidraulikus és puccolán kötőanyagok szilárdsága az adhéziós erők következménye. Ezek az adhéziós erők azáltal képződnek, hogy a kötőanyag szilárdulásánál a víz nélküli alkotórészeknek hidrolízissel és hidratációval hidratációs termékekké való alakulása többszörös felületnövekedéssel jár.

Teljesen egyértelmű, hogy ezek a reakciók a nem-kívánatos topokémiai reakciókkal ellentétben (pl. a szabad MgO és CaO, valamint a szulfátok hatása) oldatfázison keresztül mennek végbe.

A fázishatárok szilárdulási folyamatra kifejtett hatásának ilyen megfigyelési módja esetén szükséges, hogy az egyes fázisokat, a képződési hőmérsékletet, kiegészítésként pedig a fázisoknak az adalékanyaggal való kölcsönhatását figyelembe vegyük.

## A szilárdulás reakciói

### Portlandcement

A portlandcementek hidratációjánál keletkező hidratációs termékek az 1. táblázatban találhatók. Megadtuk továbbá a reakciótermékek sűrűségét.

\* A XI. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

Ezekből —  $3,10 \text{ g/cm}^3$ -es közepes portlandcement-sűrűség figyelembevételével — a szilárd fázisok hidratáció során fellépő térfogatnövekedését ki-számíthatjuk.

*Swiete* és *Niel* (1964) és (1966) megállapították, hogy közvetlenül a portlandcement keverése után, a  $C_3A$ -nak, ill. kalciumaluminátferriteknek kalciumhidroxid jelenlétében lejátszódó reakciója hexagonális ettringit — vagy *Smolczyk* (1961) szerint Aft-fázisok — keletkezését eredményezi. Ha az oldatban a szulfátkoncentráció már nem kielégítő az ettringitképződéshez, akkor a maradék  $C_3A$ , ill. kalciumaluminátferritek feloldják az előzőleg képződött ettringitet és trigonális monoszulfáthidrátok ill. ezeknek trigonális tetrakalciumalumináthidrátokkal való elegykristályai képződnek, végül trigonális kalciumaluminátferrit-hidrátokká alakulnak. (ld. *Schwiete, Ludwig és Jäger* (1964.).

Itt az 1. táblázatban figyelmen kívül hagytuk, hogy ezek a fázisok 16, ill. 19 mól vízzel is reagálhatnak. Keletkeznek ezeken kívül szabályos rendszerben kristályosodó hidratációs termékek is; a hidrogranátok elegykristályai, melyek általános összetétele a  $C_3(A, F)S_nH_{(6-2n)}$  formulával ( $0 \leq n \leq 3$ ) írható le. Ezek jelentősége a portlandcementeknél sem kicsi, a bauxitcementeknél azonban lényegesen nagyobb. Erre vonatkozó utalások többek között *Schwiete, Ludwig és Müller* (1966) közleményeiben találhatók.

A kalciumszilikátok hidratációjánál mész szabadul fel és kalciumhidroszilikátok képződnek. Míg az irodalomban alig van véleménykülönbség az ettringitszerű- és monoszulfát-fázisok maximális víz-lekötésével kapcsolatban, a kalciumszilikát-hidrátok víz-kötésének problémája úgyszólván megoldatlan.

$C_3A + 3CS + 32H$ $C_2(A, F) + C_{3n} + CH_{(4-n)} + 31H$	$C_3AC_3S_3H_{32}$ $C_3(A, F)C_{3n}CH_{(3-n)}H_{32}$	*1,72 („Ettringit” hexagonális — (hexagonális, $n = 0-3$ -ig)	} $CaCO_3, CaCl_2, CaS$ stb. beépülése a $CaSO_4$ , ill. $Ca(OH)_2$ helyett lehetséges
$C_3A + CS + 12H$ $C_2(A, F) + C_{3n} + CH_{(2-n)} + 11H$	$\rightarrow C_3AC_3S_3H_{12}$ $\rightarrow C_3(A, F)C_{3n}CH_{(1-n)}H_{12}$	1,95 („Monoszulfát”, trigonális) — ( $n = 0-1$ -ig)	
$C_3A + CH + 12H$ $C_2(A, F) + 2CH + 11H$	$\rightarrow C_4AH_{13}$ $\rightarrow C_4(A, F)H_{13}$	2,02 (trigonális)	
$C_3A + 6H$ $C_2(A, F) + CH + 5H$ $C_2(A, F) + CH + S_n + H_{(5-2n)}$	$\rightarrow C_3AH_6$ $\rightarrow C_2(A, F)H_6$ $\rightarrow C_3(A, F)S_nH_{(6-2n)}$	2,25 (köbös) — (köbös) — (Hidrogranátok elegykristályai, köbös, $n = 0-3$ -ig)	
$C_3S + 3,87H$ $C_2S + 2,87H$	$\rightarrow C_3SH_{n+0,87} + (3-n)CH \sim$ $\rightarrow C_3SH_{n+0,87} + (2-n)CH$	2,15 ( $n = 0,8-3$ -ig) } CSH-fázisok, $Mg^{++}Al^{+++}Fe^{+++}$ ( $n = 0,8-2$ -ig) } $Cl^-$ , $SO_4^{--}$ beépülése lehetséges	
$C_2AS + 8H$ $C_2AS + CH + 3H$ $C_2AS + xCH + yH$ $C_2AS + mCH + nCS + yH$ $C_2AS + mCH + nCS + yH$	$\rightarrow C_2ASH_8$ $\rightarrow C_2ASH_4$ $\rightarrow C_2AH_{13} + CSH$ $\rightarrow C_2AC_{3n}(CH)_{1-n}H_{12} + CSH$ $\rightarrow C_2AC_{3n}(CH)_{3-n}H_{32} + CSH$	— (monoklin) — (hidrogranát, köbös) — ( $x = 3-4$ -ig) — ( $m = 2-4$ -ig; $n = 0-1$ -ig) — ( $m = 2-6$ -ig; $n = 0-3$ -ig)	
$C_2MS_2 + yH$	$\rightarrow C_2MS_2 \cdot nq$ -fázis	*) Sűrűség $g/cm^3$ -ben	

Feldman és Seredu (1968) munkáival egyetértésben azon a nézeten vagyunk, hogy a CSH-fázisok víz-lekötése — az amerikai Kantro, Weise és Brunauer (1965) megállapításával ellentétben — nem határozható meg helyesen —79 °C-on,  $5 \cdot 10^{-4}$  Torr parciális vízgőznyomásnál, mivel a módszerrel a rétegek közötti víz eltávozik, melyet a szilárd hidratációs termékek tömegéhez és térfogatához hozzá kell számolni. A  $\beta$ - $C_2S$  és  $C_3S$  hidratációjánál 90%-os kénsav felett való szárítás után,  $5 \cdot 10^{-3}$  Torr parc. vízgőznyomásnál az 1. táblázatban megadott képleteket határoztuk meg, melyek nem egyeznek a Kantro, Weise és Brunauer (1965) valamint Locher (1967) által megadott értékekkel.

Ezekből a képletekből egyúttal a kalciumhidroszilikátok mézstartalmára vonatkozó véleményünk is kiolvasható. Locher (1967) a  $C_3S$  hidratációjánál a kalciumhidroszilikátokban maximális C/S arányt talált (2, 3-at), mely az általunk kapott értéket (1972) megközelíti. Nézetünk szerint a fő problémát a C/S arány jelenti, mivel a termodinamikai kérdések és az analitikai eljárások problematikusak. Vizsgálataink során a szabad kalciumhidroxid meghatározására szolgáló Franke-módszer mellett az infravörös-analízist is alkalmaztuk. Ezen vizsgálatok során meg tudtuk állapítani, hogy növekvő hőmérsékletekkel kisebb fajlagos felületű, durvább kalciumhidroszilikátok képződnek, amelyekre a Franke-módszerrel is nagyobb mézskötés-értékeket találunk.

Copeland, Bodor, Chang és Weise kimutatták, hogy a kalciumhidroszilikátok rácsában az  $Si^{4+}$ , ill.  $Ca^{2+}$  ionok helyére  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  és  $SO_4^{--}$  ionok épülhetnek be, a kloridnak a  $C_3S$ -ba való beépülését pedig Richartz (1969) vizsgálta. Az általa ki-

mutatott 0,35%  $Cl^-$  ion értékkel szemben saját, Mukherjee-vel együtt (1971) végzett vizsgálataink során 1,65%—1,4%  $Cl^-$  ion beépülést sikerült kimutatni  $C_3S$ -nél ill.  $\beta$ - $C_2S$ -nél 22 °C-on. 80 és 150 °C-os hidratációs hőmérsékleteknél kezdeti kloridfelvétel után klorid-leadás volt megállapítható.

#### Reakciók a kohósalakokkal

Saját vizsgálataink során, melyeket Schwiete-vel, Ludwig-gal, Würth-el és Grieshammer-rel (1965) a melilit elegykristályok összetételének megfelelő üveges fázisokon végeztünk, az adódott, hogy a hidratációnál ugyanazon hidratációs termékek képződnek, melyek a portlandcement-klinker ásványok hidratációjából ismertek. Ezeket szintén az 1. táblázatban láthatjuk.

A kohósalak-rész minőségétől és mennyiségétől függően természetesen mézszegényebb kalciumszilikátokkal és alumínáthidrátokkal kell számolni. Monoklin gehlenithidrát képződést csak ritkán lehet a hidratált kohósalak-cementekben kimutatni.

A további vizsgálatok (1969) azt mutatták, hogy MgO épülhet be a kalciumhidroszilikátokba. A Kühle-vel együtt, a MgO-gazdag kohósalakokkal folytatott vizsgálatok során a természetben is megjelenő hidrotalkitot sikerült kimutatni, melynek összetételét  $Mg_6Al_2CO_3(OH)_{16} \cdot 4H_2O$ -val adjuk meg.

#### Reakciók a puccolánokkal

A puccolánoknak mésszel, ill. mésszel és kalciumszulfáttal való reakciójánál vizes oldatban a portlandcement hidratációjához hasonlóan ettringit,

## Puccolán reakciók

$\text{Puccolán} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_1(\text{A}, \text{F})\text{H}_{13}$	pseudo-hexagonális monofázisok monoklin gehlenit-hidrátok köbös hidrogranátok
$\text{Puccolán} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3(\text{A}, \text{F})\text{Cs}_4(\text{CH})_{3-4}\text{H}_{32}$	hexagonális trifázisok pseudo-hexagonális monofázisok köbös hidrogranátok

## VIZSGÁLT ANYAGOK

Puccolánok: rajnai, bajor és osztrák traszok, olasz puccolánföldek, dán málerföld, olvasztó-tüzelésgranulátumok, olajpala-hamuk, lávaliszt

Az agyagásványok szintén (kaolinit, montmorillonit és illit) valamint egyéb ásványok (kvarc, földpát, lencit, zeolitok) és kőzetlisztek (trachit, fonolit és bazalt) puccolán reakciót mutatnak

A szulfáttartalmú puccolánok (pl. osztrák trasz) vizes oldatban közvetlenül reagálnak mésszel, szulfáttartalmú hidrát-fázisok képződése közben

monofázisok, kalciumszilikáthidrátok és szórva-nyosan hidrogranátok képződnek.

A 2. táblázatban közlünk néhány puccolán-reakciót.

## A cement hidratációs termékei és a hidratált cementek fajlagos felülete

## A „valódi” fajlagos felület meghatározása

Hogy a fázishatároknak a cement szilárdulására gyakorolt hatását pontosan meg tudjuk ítélni, szükséges, hogy a fajlagos felületről és a hidratációban résztvevő fázisok fajlagos térfogatáról megfelelő képünk legyen.

A cementhidratációs termékek és a hidratált cementek fajlagos felületét általában a BET-módszerrel (Brunauer, Emmett és Teller, 1938) határozzák meg. A módszerrel gáznak a mérendő minta felületén való adszorpciójából számolják ki a felület értékét. Az alkalmazott gázfajta elméleti szempontból nincs befolyással a felületmeghatározásra. A tapasztalat azonban azt mutatta, hogy pl. nitrogén és vízgőz alkalmazása egy és ugyanazon anyagra nagyon különböző felületértékeket eredményezett. Így ugyanannál a cementgél-mintánál a vízgőzadszorpció esetén  $200 \text{ m}^2/\text{g}$  felületet, nitrogénadszorpcióval kb.  $70 \text{ m}^2/\text{g}$  felületet mértek.

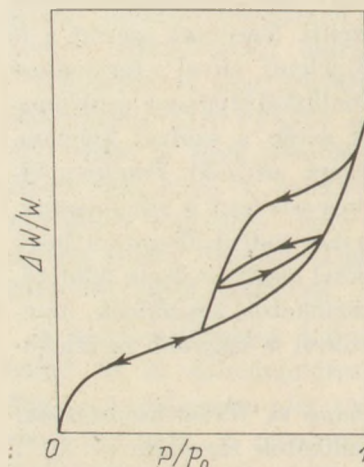
Eipeltauert, Schilcher és Czernin (1964) hidratált cement és kalciumszilikát-minták póruseloszlás-mérésével megpróbálták cáfolni a Brunauer, Kantró és Weise által megadott magyarázatot a különböző felületértékekre. Az utóbbiak a nitrogénadszorpció esetén mért alacsony értékeket a kristályok összecsomósodására vagy a rétegek felcsavarodására vezették vissza. Ezáltal a nagyobb nitrogénmolekula nem tudja a felület bizonyos részeit befedni, melyek azonban a kisebb vízmolekula számára hozzáférhetőek.

Mégis, Eipeltauert, Schilcher és Czernin (1964) vizsgálatai azt mutatták, hogy a póruseloszlás

maximuma a Powers (1948) által becsült  $20 \text{ \AA}$ — $40 \text{ \AA}$  tartományban fekszik, tehát egy olyan pórustartományban, mely a nitrogénmolekula számára hozzáférhető kell, hogy legyen.

A magasabb felületértékek tehát a vízmolekulának a rétegrács rétegei közé való behatolásával vannak kapcsolatban. Azt a feltevést, hogy a vízgőzadszorpciónál tulajdonképpen többrétegű adszorpció jelentkezhet, már Kalousek (1954) közölte. Ezt Tomes, Hunt és Blaine (1957), valamint Hunt, Tomes és Blaine (1960) különböző korú cementpépeken végzett vizsgálatai is megerősítették. Azt találták, hogy a cementkő öregedésével erősebben csökken a nitrogénnel meghatározott felület, mint a vízgőzzel meghatározott. Mivel az öregedés egyértelmű a részecskenövekedéssel, a felületnek, melyen a nitrogén adszorbeálódik, szükségszerűen csökkennie kell. A rétegek közé való vízbepérés lényegében azonban megmarad, azaz az öregedés következtében mért felületváltozás a vízgőzadszorpciónál kicsiny.

Feldman (1968) és Feldman és Sereda (1968) a víz adszorpció és deszorpció izotermáit vizsgál-



1. ábra. Az adszorpció és deszorpció izoterma vázlatos rajza, a nagyobb parciális nyomásoknál hiszterézissel, a kisebb parciális nyomásoknál reverzibilitással. (FELDMAN és SEREDA után (1968))

ták hidratált portlandcementeken. Megfontolásukban abból indultak ki, hogy egy adott gőznyomásnál egy szilárd-gáz rendszerben csak egy bizonyos egyensúlyi állapot állhat be, ha az adszorpciós izoterma erre a rendszerre reverzibilis. Kis gőznyomásoknál általában ez a helyzet, amint azt az 1. ábra sematikusan mutatja. Nagyobb nyomáson ezzel szemben hiszterézis lép fel, mely a szilárd anyag pórusszerkezetére és az adszorbeálandó gáz változására vezethető vissza.

Mivel a BET-egyenletre követelmény a reverzibilitás, csak kis gőznyomásokra érvényes.

Ha csak azt az izotermát tekintjük, melyet a hidratált cementeknél találunk és vázlatosan a 2. ábrán ábrázoltuk, megállapíthatjuk, hogy a deszorpciós izoterma csak nagyon kicsiny nyomásoknál, azaz  $p/p_0 \approx 0$ -nál esik egybe az adszorpciós izotermával. Vízgőz-adszorpciónál tehát a kis gőznyomásoknál sincs reverzibilitás.

Ezt a jelenséget az agyagásványokon és grafitokon végzett szorpciós méréseknél is észlelték, és mint Van Olphen (1965) röntgeninterferencia-analízissel kimutatta, itt egy a rétegstruktúrába történő irreverzibilis adszorbatum-beépüléséről van szó.

Feldman és Sereda (1964) szuszpenzióban hidratált cementeken és vízgőz-adszorpciós vizsgálatokkal kimutatta, hogy a kisebb nyomástartományokban Gibbs és Bangham egyenleteit figyelembe kell venni.

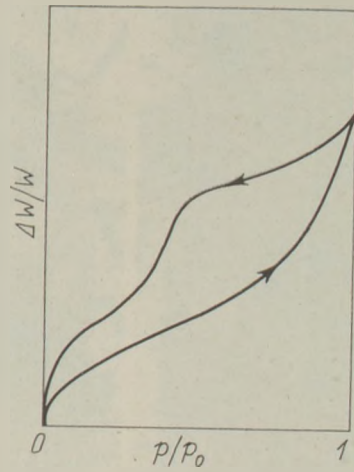
Az első szerző leírja az adszorbens szabad energiájának változását az adszorpció során, mely szilárdanyag-felület esetén felületi feszültség változásának felel meg. Ezt a feszültségváltozást az adszorbeált molekuláknak a szilárdanyag-felülettel való kölcsönhatása okozza.

A Bangham-egyenlet lehetővé teszi, hogy Gibbs egyenletét szilárd anyagokra alkalmazzuk.

Ez esetben az adszorbens reverzibilis adszorpciós folyamat során való hosszváltozását a felületi feszültség változásának függvényeként határozzák meg.

Feldman és Sereda (1968) hidratált cementpépeken és porokon különböző szárítási feltételek mellett és a fenti egyenletek figyelembevételével végzett vizsgálatait azt mutatták, hogy a vízgőz-adszorpciós izoterma a vizsgált 0,27—100%-os rel. nedvességtartalmú tartományban irreverzibilis és a BET szerinti számításhoz nem alkalmas.

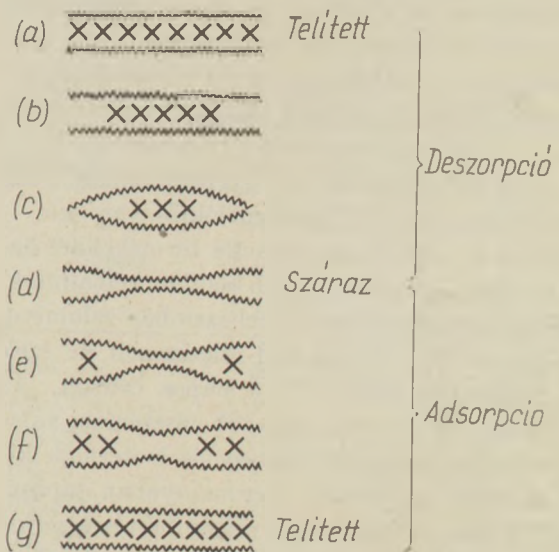
A szerzők kimutatták, hogy a víz az egész vizsgált tartományban belép a köztesrétegekbe, így a vízadszorpcióval mért felületeknek mindenképpen túl magasaknak kell lenniük.



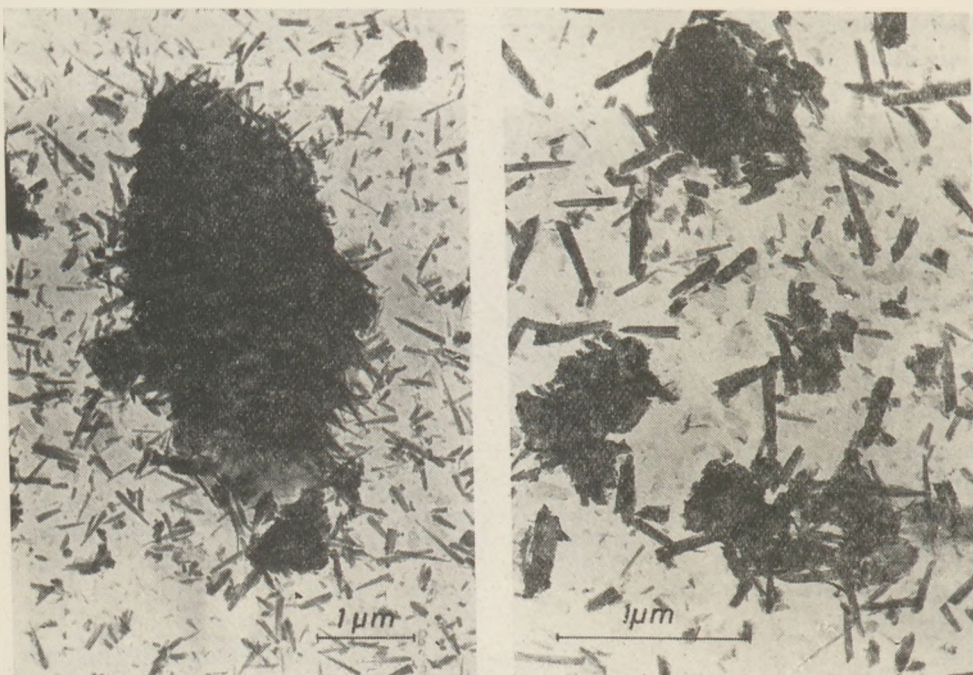
2. ábra. Reverzibilitás nélkül adszorpciós és deszorpciós izoterma vázlatos rajza (FELDMAN és SEREDA után (1968))

A mérések alapján kialakítottak egy modellt, mely a rétegek közötti víz ki- és belépését egyszerűsítve ábrázolja. A vízvesztési folyamatot a 3. ábrán (a)-(d)-ig részabrákon ábrázoltuk. Ez a 30—10% rel. nedvességtartalmú tartományban kezdődik. Itt kisebb kontrakció és rugalmassági modulus változások lépnek fel (a és b). A 10%-os nedvességtartalom alatt a rendszer (c) állapotba megy át, és egészen 2%-os rel. ned. tartalomig erős kontrakció jellemző a folyamatra.

Rugalmassági-modulus változás ebben a tartományban nem lép fel. A maradékvíz kilépése (d) nagy hossz- és 0,9% rel. nedv. tartalomnál lép fel rugalmassági modulus csökkenés kíséretében. Ebben a fázisban a rétegek átrendeződése lehetséges,



3. ábra. A rétegek közötti víz ki- és belépésének egyszerűsített modellje deszorpciónál és adszorpciónál. (FELDMAN és SEREDA után (1968)).



4. ábra. Hidratált  $C_3S$  elektronmikroszkópi felvétele  
 Hidratációidő: 25 nap;  
 $v/c = 0,5$ ; hőmérséklet:  
 $30^\circ C$

mely irreverzibilis kontrakciót okozhat. A deszorpció (*d*)-től (*g*)-ig a fizikai adszorpció és az abból következő szabad felületi energiaváltozásból következően a sarkokból indul ki (*e* és *f*). 50%-os rel. nedvességig expanziók lépnek fel a rugalmassági modulus változása nélkül. A (*g*) állapotot az 50—100%-os rel. ned. tartományban nagy hossz- és rugalmassági modulus növekedés kíséretében érhető el.

Odler (1972) és munkatársai szembeállnak Feldmannak ezzel az elméletével. Ők a hidratált cementtel,  $\beta-C_2S$ -tal és  $C_3S$ -tal végzett vizsgálatoknál azt tapasztalták, hogy az adszorpciós folyamat megfordítható. A Feldman és Sereda által nyert adszorpciós és deszorpciós izotermákat azzal magyarázzák, hogy túlságosan rövid mérési időket alkalmaztak, és így nem érték el az egyensúlyi helyzetet.

A mi nézetünk szerint, az egyensúlyoknak — ha tisztán fizikai felületi adszorpciókról van szó — legalábbis a poralakú hidratációs termékeknél nagyon gyorsan, azaz max. 1 órán belül be kell állniuk. Hidratált cementpéceknél ezzel szemben valamivel hosszabb beállási időket kell alkalmazni de ezek nem múlhatják felül a 2—3 napos értéket. Az Odler által (1972) nyert szűkebb hiszterézis valamint az adszorpciós és deszorpciós izotermák kisebb parciális nyomások tartományában tapasztalható fedése alapján talált reverzibilitás eszerint a vízmolekuláknak a hidratációs termékek rétegekébe való behatolásával, ill. onnan történő diffúziójával magyarázható. Kísérleteik során az

adszorpció esetén hetekig, a deszorpció esetén hónapokig tartó mérési idő biztosítja az egyensúlyi helyzet elérését.

Ezt a nézetet Ludwig és Höcker (1972) 30 évesnél idősebb, nem karbonátosodott útbetonokon végzett vizsgálatai megerősítették. Megállapítottuk, hogy a vízzel és nyomás alatti vízzel telített betonok  $50^\circ C$ -os konstans vízben való tárolás után egy hosszváltozáson, kb. 1 mm/m és 3—5%-os rezonanciafrekvencia-növekedésen mentek át 2 hónapos mérési időtartam alatt, jóllehet a teljes víztelítést a nyomás alatti víztelítéssel éppen elérték. Ezeket a relaxációkat úgy magyarázhatjuk, hogy az éppen rendelkezésre álló víznek pórusvízből rétegeközi vízzé történő átmenete következik be.

A következőkben a fajlagos felület valódi értékét mikroszkópi felvételek segítségével számítottuk ki, és a mért értékekkel összehasonlítottuk.

A 4. és 5. ábrák elektronmikroszkópos por-felvételeket mutatnak. A szilárdulási idő 25 nap, a hőmérséklet  $30^\circ C$  volt. A vizsgálatokat  $C_3S$ -tal,  $\beta-C_2S$ -tal végeztük.

A CSH(II)-ből álló primer-részecskék vastagsága 200—1000 Å között változik, de ezek aggregátumokat képezhetnek. Ha átlagosan 200 Å átmérőjű és 5000 Å hosszúságú hengeralakú részecskéket tételezünk fel, és átlagosan  $2,2 \text{ g/cm}^3$  sűrűséggel számolunk,  $93 \text{ m}^2/\text{g}$ -ot megközelítő fajlagos felület-értéket kapunk. Ez egyezik azzal a maximális értékkel, melyet mi fölös mennyiségű vizet tartalmazó cementtel elértünk. A cementpéceken

5. ábra. Hidratált  $\beta$ - $C_3S$  elektronmikroszkópi felvétele Hidratációidő: 25 nap; v/c = 0,5; hőmérséklet: 30 °C



3. táblázat

Cementpépek felületének meghatározása a szemcsenagyság függvényében, Sartorius-féle szorpciós mérleggel. v/c = 0,5; Hidratáció idő: 90 nap

Szemnagyság $\mu\text{m}$	Fajlagos felület $\text{m}^2/\text{g}$	Szárítás módja
1000–250	13,20	110 °C, $10^{-2}$ Torr.
63–33	18,00	110 °C, $10^{-2}$ Torr.
< 33	37,90	110 °C, $10^{-2}$ Torr.

Khan (1970) által végzett felületmérések szerint ezek felülete az aprított pépek szekunder-szemnagyságától függ, és 13–38  $\text{m}^2/\text{g}$  között változik, amint ez a 3. táblázatból látható.

Az értékekből látható, hogy a pépben hidratált és később aprított cementek kisebb fajlagos felületeket mutatnak, mint a vízfölöslegben, szuszpenzióban hidratált cementek. Ezt azzal magyarázzuk, hogy a hidratáció során a részecskék egy része olyan erősen összetapad, hogy több nitrogén nem tud adszorbeálódni.

Ha tekintetbe vesszük, hogy a cementekben a kalciumalumináthidrátok és aluminátferritek, valamint a szabad CaO láthatóan durvábban kristályosodnak, mint a kalciumhidroszilikátok, másrészt azonban a kalciumhidroszilikátok kristályosodását idegen ionok is ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) befolyásolják, a hidratációs termékeknél kisebb fajlagos felületekkel kell számolni.

A felsoroltakból azt állapíthatjuk meg, hogy a vízgőzzel mért felületek túlságosan nagyok, ami a

hidrátfázisok rétegek közti vizének felvételére ill. leadására vezethető vissza. Ezt a vízfelvételt és leadást kalciumalumináthidrátoknál Jones és Roberts (1962), Seligman és Greening (1962), Dosch és Zur Strassen (1965) Malquori és Cirilli (1940), valamint Turriziani és Schippa kimutatták, és a fellépő rácsállandó-változásokat röntgenográfiailag követték.

A nagyobb fajlagos felületű kalciumhidroszilikátokra sajnos még nincsenek hasonló munkák. Nézetünk szerint azonban az a helyes, ha a rétegek közöket nem keverjük össze a gélpórusokkal. Ezért nem helyes a vízgőzadszorpciós mérések alkalmazása.

4. táblázat

22 °C-tól, v/c = 0,5 víz-cement tényezővel hidratált  $\beta$ - $C_3S$ - és  $C_3S$ -minták fajlagos felülete 100% hidratált anyagra vonatkoztatva, a hőmérséklet és adalék függvényében. Hidratációidő: 28 nap, ill. \* 24 óra

Adalék	$\beta$ - $C_3S$			$C_3S$		
	22 °C	80 °C	150 °C	22 °C	80 °C	150 °C
nélkül	39	35		16	21	
0,5% $\text{Cl}^-$	47					
1,0% $\text{Cl}^-$	50					
2,0% $\text{Cl}^-$	63	34	22*	37	17	10*
1,0% $\text{SO}_4^{2-}$	59					
2,0% $\text{SO}_4^{2-}$	55			32		
3,0% $\text{SO}_4^{2-}$				32		
1,0% $\text{SO}_4^{2-}$				45	17	

### A hőmérséklet és az adalékok befolyása a fajlagos felületre

Mukherjee (1971) vizsgálataiból úgy tűnik, hogy az emelkedő hőmérsékletek csökkenő felületekhez vezetnek. Itt a felületet 100%-os hidratált anyagra vonatkoztatták, azaz a hidratációs fokot figyelembe vették (4. táblázat).

Szobahőmérsékleten ezenkívül az adalékoknak is egyértelmű befolyásuk van a felületre. 80 °C-nál magasabb hőmérsékleteken az adalékoknak már nincs hatásuk a felületre.



6. ábra. Hidratált anhidrit scanning-elektronmikroszkópi felvétele. (Nagyítás 1000 : 1 és 3000 : 1)

Odler és Skalny (1972) trikálciumszilikát hidratációját vizsgálták 25 °C-tól—100 °C-ig terjedő hőmérsékleteken, 0,33 víz-cement tényező mellett. Vizsgálataik során azt találták, hogy növekvő hőmérséklettel csökken a felület. Az értékek a ténylegesnél lényegesen nagyobbak, mert vízgőz-adszorbenssel dolgoztak. A kicsi víz-cement tényező miatt az hidratációs fok mindössze kb. 60% volt.

Krogbeumker és Ludwig (1972) megfigyelték, hogy a különböző őrlési finomságú és tárolási hőmérsékletű cementek hidratációjánál az előbbieken a kalcium-szilikátokkal végzett vizsgálatokkal analóg módon, a fajlagos felület csökken a hidratáció hőmérsékletének 5 °C-ról 40 °C-ra történő emelése esetén. Itt a fajlagos felületeket azonos hidratációs fokra vonatkoztatták. Ha az őrlési finomságot növeljük és a víz-cement tényezőt 0,1-ről 0,7-re növeljük, akkor a várakozásnak megfelelően fajlagos felületnövekedés következik be.

Ez tehát azt mutatja, hogy mind az adalékanyagok, mind a magas hőmérsékletek elősegítik a nagy fajlagos felületű hidratációs termékek keletkezését.

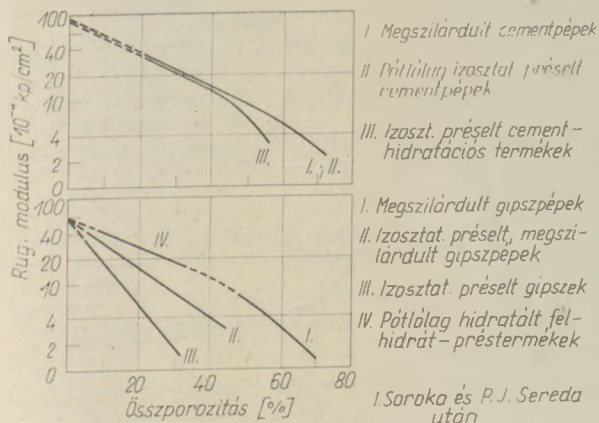
### Kötéserők a szilárdulásnál

A szilárdulás tárgyalásánál mindig felvetődik a cementek hidratációjánál képződő szilárdságok eredetének kérdése. Le Chatelier a szilárdulás eredetét egy kristályosodási folyamatban látta, melynél a szilárdság az újonnan képződött hidratációs termékek rostos átszövődésének vagy összefonódásának következtében áll elő, amint az a  $\text{CaSO}_4\text{—H}_2\text{O}$  rendszerben végbemenő szilárdulásnál ismeretes. Példaként a 6. ábra anhidrit-mintát mutat 7 napos nedves tárolás után, amely 1,16-os vízkötőanyag tényező mellett hidratálódott. A hidratációs fok 90%.

Ez az elmélet szemben állt Michaelis kolloid-elméletével, mely a hidratációnál a kötőanyagnak kolloid állapotba való átmenetével magyarázta a szilárdságnövekedést. Keil (1967) és Ludwig (1972) szerint azonban a kristályos hidratációs termékek képződése sem kizárt.

Az utóbbi idők vizsgálatai során azt a célt tűzték ki, hogy a hidratációnál az egyes fázisok között fellépő, a szilárdulást meghatározó erőket kimutassák.

A primer erőknél, a gélrészecskék között működő kémiai erőknél és szekunder erőknél vizsgálataiban a szilárdságra gyakorolt hatását vizsgálta Philleo (1966). Ezek eredményeképpen az a gondolat vetődött fel, hogy egy olyan kötésmechanizmus létezik, mely tapadást hoz létre két olyan szil-



7. ábra. Különbözőképpen előállított cement- és gipsz próbatestek rugalmassági modulusa, az összporozitás függvényében (SOROKA és SEREDA után, (1968))

lárd anyag között, amelyek felületei — külső erőhatás, vagy a végbemenő hidratációs reakciók következtében — többé-kevésbé „hibás rendeződésű” fázishatáron kapcsolatba kerülnek egymással.

Soroka és Sereda (1968) izosztatikusan tömörített gipsz- és cementhidratációs termékeken pépalakban vagy vízfelesleggel hidratálva végzett vizsgálatai arra irányultak, hogy ezt a kötésmechanizmust kísérletileg is meghatározzák. Azt tapasztalták, hogy a normál cementpép, az izosztatikusan utólag tömörített cementpép és az izosztatikusan tömörített cementhidratációs termékek rugalmassági modulusának az összporozitástól való függését a következő egyenlet írja le:

$$E = E_0 \cdot e^{-b \cdot P}$$

ahol  $E_0$  a rugalmassági modulus 0% összporozitátsáznál,  $P$  az összporozitás és  $b$  egy empirikus állandó. Ezt az összefüggést a 7. ábra tüneti fel.

Az a tény, hogy  $E_0$  valamennyi megvizsgált cementmintánál azonos és a  $b =$  konstans széles tartományban állandó a különböző módon előállított mintáknál, arra utal, hogy a részecskék között működő erők ugyanolyan típusúak valamennyi mintánál, nevezetesen adhéziós- ill. Van der Waals-erők. Ezenkívül számolni kell a hidrát-részecskék között képződő hidrogénhidakkal. A gipszekkel végzett vizsgálatok arra mutatnak, hogy a normál körülmények között hidratált félhidrát elnéletli  $E_0$ -értéke lényegesen nagyobb, mint az utólag izosztatikusan tömörített gipszpécek, vagy a főlős mennyiségű vízzel hidratált gipszekből készült próbatestek  $E_0$ -értéke. Ez azt jelenti, hogy az utólagos tömörítés kötéseket ronszol szét. Ez arra utal, hogy a gipsz szilárdulásánál a kémiai kötés — te-

hát a kristályok összenövése — elsőrendű fontosságú.

A cementhabarcsokon és pépeken végzett vizsgálatok (1972) megerősítették ezeket a véleményeket (5. táblázat).

5. táblázat  
 Habarcs tulajdonságok bedolgozás előtti pihentetési idő függvényében

Kor (nap)	Tárolási idő (perc)	Terület (cm)	Súly (g)	Húzószilárdság (kp/cm <sup>2</sup> )	Nyomószilárdság (kp/cm <sup>2</sup> )
2	0	16,7	587 ± 3	63 ± 1	343 ± 11
2	45	14,6	588 ± 6	65 ± 3	362 ± 10
2	90	13,8	587 ± 3	64 ± 2	364 ± 17
28	0	16,7	594 ± 4	77 ± 3	574 ± 20
28	45	14,7	585 ± 2	78 ± 4	570 ± 17
28	90	13,9	591 ± 3	78 ± 4	572 ± 17

A 5. táblázatban a habarcs pihentetési időt, a próbatestkészítés előtti szétterülés mértékét, a próbatest szilárdságvizsgálat időpontjában mért súlyát és a nyomó- valamint hajlító- húzószilárdságot tüntettük fel.

Az eredmények azt mutatják, hogy a habarcsok vagy pécek formázásának időpontja hatást gyakorol a kezdő- és végzilárdságra. Megfigyelték, hogy intenzív utókeverés ellenére az azon időpontig már bekövetkezett 35%-os hidratáció nem volt kimutatható befolyással a szilárdságnövekedésre.

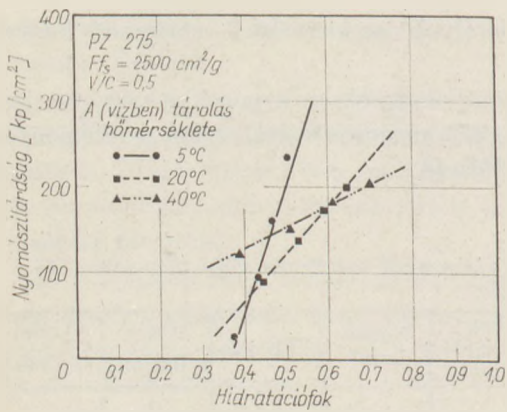
Ezek az eredmények világosan mutatják, hogy a cementek szilárdulásának hordozói nem kémiai kötések, hanem adhéziós- ill. Van der Waals-féle erők.

#### A hőmérséklet és adalékok befolyása a szilárdulásra

E nézőpontok alapján felmerül a szilárdság befolyásolás, valamint a szilárdulás kérdése. A szilárdulás, ha a betontechnológiai hatásoktól eltekintünk, túlnyomórészt a kötőanyagminőség, a szilárdulási hőmérséklet és az esetleges adalékanyag függvénye. Az említett tényezőkkel kapcsolatban ismeretes, hogy azok két tekintetben lehetnek hatásosak:

1. a hidratáció meggyorsítása által,
2. a keletkező hidratációs termékek részecskénagyságának befolyásolása által.

A részecskeméret csökkentése és ezzel a fajlagos felület növelése adalékanyagok, pl. gipsz és kalciumklorid segítségével, Kurczyk és Schwiete (1960) és Mukherjee (1971) korai munkáiból kielé-



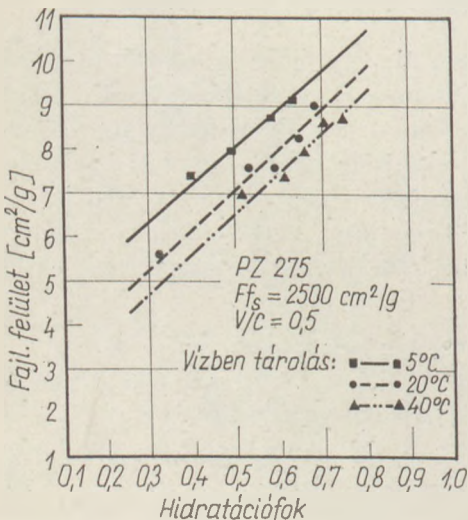
8. ábra. Az 5, 20 és 40 °C-on tárolt cementekő nyomószilárdságának növekedése  $v/c = 0,5$

gítően ismert. Ennek ellenére ezt nem egybehangozóan értelmezték. Azon a nézeten vagyunk, hogy a fajlagos felület megnövekedése mindkét esetben szilárdságnövekedéssel jár.

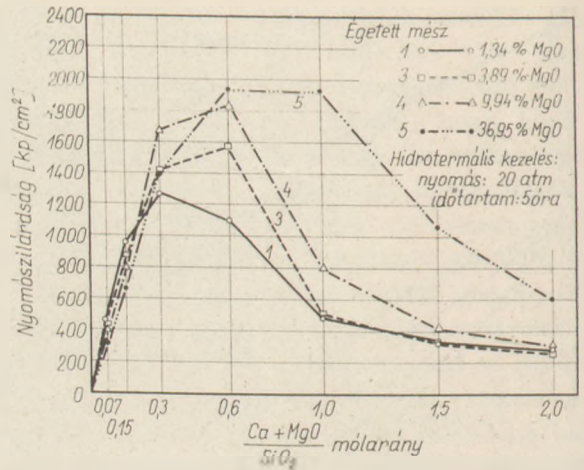
A tárolási hőmérsékletnek a szilárdulásra kifejtett hatásának okát ugyanolyan hidratációs fok mellett Krogbeumker és Ludwig (1972) vizsgálatai szerint éppen a felületnek a kisebb hidratációs hőmérsékleteknél való növekedésében kell keresni.

A 8. ábra az 5 °C-on tárolt cement meredeken emelkedő szilárdsági görbéjét mutatja a 20 °C-os és 40 °C-os szilárdsági görbékkel összehasonlítva. Kiegészítésképpen a 9. ábra a lekötött cementek növekvő fajlagos felületeit mutatja 40 °C-tól 5 °C-ig csökkenő tárolási hőmérsékleteknél.

Az 1. táblázatban feltüntettük a hidratációs termékek sűrűségeit is. A sűrűségek reciprokából adódnak a fajlagos térfogatok, melyek a fajlagos felületekkel együtt meghatározzák az adhéziós erőket.



9. ábra. Az 5, 20 és 40 °C-on tárolt cementekő fajlagos felületének változása a tárolási hőmérséklettel,  $v/c = 0,5$



10. ábra. Mészhomok-próbatestek nyomószilárdsága a  $C + M/S$  arány és  $MgO$  tartalom függvényében

A fajlagos térfogatok a mész-szilikátépítő anyagok szilárdulásánál ugyanolyan jelentősek, mint a cementszilárduláznál. Ludwig és Moldan (1972) dolomitos meszekkel végzett legújabb kutatásai alapján kimutatták (10. ábra), hogy a mész-szegény kalciumhidroszilikátok képződése (pl. CSH I és girolit) sokkal nagyobb szilárdságot eredményez, mint a mészben gazdag CSH-fázisok, vagy a xonolitok képződése. Az utóbbi fázisok sűrűsége egyértelműen nagyobb, fajlagos térfogatuk pedig kisebb.

Taylor (1964) szerint a sűrűség-értékek:

CSH I:S = 2,0 – 2,2 g/cm<sup>3</sup>; girolit: S = 2,39 g/cm<sup>3</sup>; xonolit: S = 2,7 g/cm<sup>3</sup> és  $\beta-C_2SH$ : = 2,8 g/cm<sup>3</sup>.

Összefoglalva az elmondottakat az adódik, hogy a cementek szilárdulása a hidratációnál keletkező nagy fajlagos felületű, térfogati hidratációs termékeknek tulajdonítható és a hidrátreszecskek kötését adhéziós erők és hidrogénhidkötések biztosítják. Ezek adalékokkal és a hidratáció hőmérsékletének lecsökkentésével úgy befolyásolhatók, hogy a szilárdság növekedését eredményezzék.

#### Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki a Deutsche Forschungsgemeinschaft Bonn-Bad Godesberg-nek az anyagi támogatásért, valamint az intézet korábbi és jelenlegi munkatársainak, akik munkájukkal a cement-probléma további megvilágítását tették lehetővé. Köszönetünk illeti továbbá Dr.-Ing. W. G. Burcharde-t az Aachen-i Rajna-Vesztfáliai Műegyetem Gemeinschaftslaboratorium für Elektronenmikroskopie-től, együttműködéséért.

Brunauer, S., Emmet, P. H., Teller, E. (1938): Journ. Amer. Chem. Soc. 60, S. 309.

Brunauer, S., Kanro, D. L., Weise, C. H. (1959): Can. Journ. Chem. 37, S. 714.

Copeland, L. E., Bodor, E., Chang, T. N., Weise, C. H. (1967): Journ. P. C. A. Res. and Dev. Lab. 9, S. 61.

Därr, G. M., Ludwig, U. (1972): Zement-Kalk-Gips 25, bei Fertigstellung des Manuskriptes im Druck.

Dosch, W., zur Strassen, H. (1965): Zement-Kalk-Gips 18, S. 233.

Eipelbauer, E., Schülcher, W., Czerzwin, W. (1964): Zement-Kalk-Gips 17, S. 543.

Feldman, R. F., Sereda, P. J. (1964): Journ. Appl. Chem. 14, S. 87.

Feldman, R. F. (1968): Proc. V. Intern. Symp. Chem. Cem. Tokyo 1968, Part III, S. 36.

Feldman, R. F., Sereda, P. J. (1968): Mat. Constr. 1, S. 509.

Hunt, C. M., Tomes, L. A., Blaine, G. L. (1960): Journ. Res. Nat. Bur. Stand. 64 A, S. 163.

Jones, F. E., Roberts, M. H. (1962): Proc. IV. Intern. Symp. Chem. Cem. Washington, S. 205.

Kalousek, G. L. (1954): Journ. Amer. Concr. Inst. 28, S. 233.

Kanro, D. L., Weise, C. H., Brunauer, S. (1965): Proc. Symp. Struct. Port. Cem. Paste Concr., S. 309.

Keil, F. (1967): Zement-Kalk-Gips 20, S. 201.

Khan, N. (1970): Diplomarbeit, T. H. Aachen, unveröffentlicht.

Kropbeumker, G., Ludwig, U. (1972): Vortrag Czech. Wiss. Techn. Vereinigung Prag, 14.—16—11. 1972.

Kühle, K., Ludwig, U. (1972): Sprechsaal 105, S. 421.

Kurczyk, H. G., Schwiete, H. E. (1960): Tonind. Ztg. 84, S. 585.

Locher, F. W. (1967): Zement-Kalk-Gips 20, S. 402.

Ludwig, U. (1972): Tonind. ztg. 96, S. 85.

Ludwig, U. (1972): Vortrag 5. Fachtagung der jugosl. Zementindustrie in Split vom 11. 10—13. 10. 1972.

Ludwig, U., Mukherjee, K. K. (1972): Vortrag auf der Jahresversammlung der Zementabteilung der Amer. Ceram. Soc., Washington, vom 5.—12. 5. 1972.

Ludwig, U., Höcker, W. (1972): unveröffentlichte Arbeit

Ludwig, U., Moldan, K. (1972): Veröffentlichung in Vorbereitung.

Malquori, G., Cirilli, V. (1940): Ric. Sci. 18, S. 316 und S. 434.

Mukherjee, K. K. (1971): Dissertation, T. H. Aachen.

Odler, I. (1972): Tonind. ztg. 96, S. 271.

Odler, I., Skalny, J. P. (1972): Vortrag auf der Jahresversammlung der Zementabteilung der Amer. Ceram. Soc., Washington, vom 5.—12. 5. 1972.

Olphen van, H. (1965): Journ. Coll. Sci. 20, S. 822.

Philleo, R. E. (1966): Higway Res. Board. Spec. Rep. 90, S. 175.

Powers, T. C., Brownyard, T. L. (1948): P. C. A. Bull. 22, S. 491.

Richardt, W. (1969): Zement-Kalk-Gips — 22, S. 447.

Schwiete, H. E., Ludwig, U., Jäger, P. (1964): Zement-Kalk-Gips 17, S. 229.

Schwiete, H. E., Niel, E. (1964): Forschungsbericht des Landes NRW, Nr. 1392.

Schwiete, H. E., Ludwig, U., Würth, K. E., Grieshammer, G. (1965): Vortrag Karl-Marx-Universität Leipzig, 23. 11. 1965.

Schwiete, H. E., Ludwig, U., Müller, P. (1966): Betonsteintztg. 32, S. 141 und S. 238.

Schwiete, H. E., Niel, E. (1966): Zement-Kalk-Gips 19, S. 402.

Schwiete, H. E., Ludwig, U. (1968): Proc. V. Intern. Symp. Chem. Cem. Tokyo 1968. Vol. II, S. 37.

Schwiete, H. E., Ludwig, U., Würth, K. E., Grieshammer, G. (1969): Zement-Kalk-Gips 22, S. 154.

Seligmann, P., Greening, N. R. (1962): P. C. A. Res. Dev. Lab. 4, S. 2.

Smolczyk, H. G. (1961): Zement-Kalk-Gips 14, S. 277.

Soroka, J., Sereda, P. J. (1968): Journ. Amer. Ceram. Soc. 51, S. 337. Beitrag, vorgelegt dem V. Intern. Symp. Chem. Cem. Tokyo 1968.

Taylor, H. F. W. (1964): The Chemistry of Cements, Vol. 2, Appendix 1, Academic Press, London und New York.

Tomes, L. A., Hunt, C. M., Blaine, R. L. (1957): Journ. Res. Nat. Bur. Stand. 59, S. 357.

Turriziani, T., Schippa, G. (1954): Ric. Sci. 24, S. 2356.

Turriziani, T., Schippa, G. (1955): Ric. Sci. 25, S. 2894.

#### Därr, G. M.—Ludwig, U.: A fázishatárok befolyása a cementszilárdulásra

A cementhidrációs termék „valódi” fajlagos felületének meghatározásához nem alkalmazható vízgőzadszorpció, mert a hidrátfázisok rétegekőzi vizet vesznek fel és adnak le.

A cementek kötésének és szilárdulásának adhéziós erő és hidrogénkötések.

A cementek szilárdulása a hidráció folyamán keletkező nagy fajlagos felületű, terjedelmes hidratációs termékek következménye.

Nagy fajlagos felületek képződése és ebből eredő szilárdságnövekedés adalékokkal és a hidratációs hőmérséklet csökkentésével elősegíthető.

#### Дэrr, Г. М.—Людвиг, У.: Влияние фазовых границ в твердении цемента

Для определения „истинной“ удельной поверхности продуктов гидратации цемента адсорбция водяных паров неприменима, так как гидратационные продукты поглощают и отдают межслоевую воду.

Схватывание и твердение цемента обуславливается адгезионными силами и водородными связями.

Твердение цемента является следствием образования продуктов гидратации с большой удельной поверхностью.

С помощью применения определенных добавок и путем понижения температуры можно способствовать образованию больших удельных поверхностей и получить более высокую прочность.

#### Därr, G. M.—Ludwig, U.: Einfluß der Phasengrenzen auf die Zement erhärtung

Zur Bestimmung der „wahren“ spezifischen Oberfläche von Zementhydratationsprodukten darf die Wasserdampfadsorption nicht angewendet werden, da die Hydratphasen Zwischenschichtwasser aufnehmen und abgeben.

Die Träger des Erstarrens und Erhärtens von Zementen sind Adhäsionskräfte und Wasserstoffbrückenbindungen.

Die Festigkeitsentwicklung der Zemente ist eine Folge der bei der Hydratation entstehenden voluminöseren Hydratationsprodukte mit hoher spezifischer Oberfläche.

Die Bildung hoher spezifischer Oberflächen und daraus resultierend eine Festigkeitserhöhung kann durch Zusätze und Erniedrigung der Hydratationstemperatur begünstigt werden.

#### Därr, G. M.—Ludwig, U.: The effect of phase boundaries on the hardening of cements

To determine the „real” specific surface of cement hydration products, vapour absorption cannot be applied, as the hydrate phases absorb and yield interlayer water.

The bearers of cement setting and hardening are the adhesion forces and the hydrogen bonds.

Cement hardening is a result of great volume hydration products with a large specific surface, evolving in the course of hydration.

The evolution of specific surface and the resulting growth in strength can be helped on with additives and by decreasing the hydration temperature.

# Útbetonok hajlító-húzószilárdsága

K A U S A Y T I B O R

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

Az ÉKSZ beton pályaburkolatok minőségi követelményére vonatkozó VI. k. 4. mn. E. 522.2 pontja az útburkolat rendeltetése szerinti mind az öt burkolati csoportban az I., II., III. minőségi osztályba sorolás egyik feltételként az előírt nyomó- és hajlító-húzószilárdság elérését szabja meg [6].

Az ÉKSZ a beton összetételét illetően a kivitelezőnek szabad kezét ad, csupán a VI. k. 4. mn. E. 221.1. pontban a felhasználandó cement szilárdsági osztályát és minimális mennyiségét, a VI. k. 4. mn. E. 221.2 pontban az adalékanyag legnagyobb szemmagyságát (E.221.21), és a szemeloszlási görbe elhelyezkedését (E. 221.22—25) írja elő.

Indokolt ezért megvizsgálni, hogy a finiseres bedolgozás szempontjából megfelelő konzisztenciájú betonkeverékek közül mely összetételűek azok, amelyekkel a szilárdsági előírások valamelyike kielégíthető. A gyakorlatban a nyomószilárdság követelményének elérése általában nem okoz nehézséget, míg a kellő hajlító-húzószilárdság biztosítása kényes feladat.

Ezért a *Betonútépítő Vállalat* megbízásából és segítségével foglalkoztunk a különböző összetételű útbeton keverékek hajlító-húzószilárdsága változásának meghatározásával. Ennek keretében 22 féle betonkeveréket készítettünk. Ebből a hazai útépítés alkalmazási gyakorlatának megfelelően 18 keverék kötőanyaga C600, 4 keverék kötőanyaga C500 jelű portlandcement volt. A C600-as kötőanyagú betonok közül 9 keverék 20 mm  $\varnothing$ , 9 pedig 35 mm  $\varnothing$  legnagyobb szemmagysággal készült. A C500-as kötőanyagú betonok legnagyobb szemmagysága 35 mm  $\varnothing$  volt.

## A kísérleti jellemzők

A kísérleti jellemzők egy meghatározott kísérletre vonatkozóan vagy függő változók, vagy független változók, vagy állandók. A kísérlet célja a függő változók értékének meghatározása a megválasztott állandók esetében a független változók függvényében.

Kísérletünk tulajdonképpen a hajlító-húzószilárdság, és kiegészítésként a testszilárdság, a konzisztencia, a friss és a 28 napos beton testsűrűsége meghatározását célozta, így ezek a jellemzők alkották a függő változókat.

A cement minőségét és mennyiségét, az adalékanyag szemeloszlását, a vízcementtényezőt, a tömörítési időt változtattuk, azaz ezeket a jellemzőket független változóként kezeltük.

A cementek és az adalékanyagok származás-helye, az adalékanyagok előkészítésének módja, a beton keverésének, konzisztencia mérésének, tömörítésének módja, a próbatestek mérete, alakja, tárolása, azok törésének módja és időpontja a kísérletek során állandó volt.

A hajlító-húzószilárdságot hasáb próbatestek hajlításából határoztuk meg, míg testszilárdság alatt az elhajlított félhasábok ép végének környezetében, a 20  $\times$  20 cm méretű acéllapok között elvégzett nyomószilárdság vizsgálat eredményét értjük. Konzisztencia mérőszámként a *Glanville*-féle *CF* tömörödési tényezőt és az *Abrams*-féle *R* kúproskadási értéket határoztuk meg. A friss és 28 napos beton testsűrűségét a próbatest tömegének és térfogatának hányadosaként számítottuk ki. A szilárdság, a konzisztencia és a testsűrűség mérések során az MSZ 4714—55 és az MSZ 4715—61 szabványok szerint jártunk el [15, 16]. A *Glanville*-féle konzisztencia mérést az irodalomban leírtaknak megfelelően végeztünk el [2].

Az ÉKSZ VI. k. 4. mn. E. 221.1 pontjának megfelelően C600 és C500 jelű portlandcementtel dolgoztunk, amelyet a *Cement- és Mészművek váci gyárából* szereztünk be. A váci cement kísérleti alkalmazását egyrészt a váci cementnek a gyakorlati útépitésben való kiterjedt felhasználása, másrészt az azonos gyárból származó cementek nagyobb választéka, harmadsorban a váci cement-választék és minőség távlati viszonylagos változatlansága indokolja. Az MSZ 4702—56 termékszabvány és az MSZ 4702/2 T. (72. I.) termékszabvány tervezet szerint szükséges cement vizsgálatokat az MSZ 523/1—5—71 vizsgálati szabványok szerint, illetve szilárdság vizsgálat esetén az MSZ 523—53 vizsgálati szabvány szerint is elvégeztük [12, 13, 9, 8]. A vizsgálati eredményekből kitűnik, hogy az MSZ 4702/2 T. (72. I.) szabványtervezet szerint a felhasznált C600 jelű váci cement a „450 portlandcement MSZ 4702/2”, a C500 jelű váci cement a „350 portlandcement MSZ 4702/2” minőséget kisebb eltérésekkel kielégíti [13].

A kísérletek során kétféle adalékanyag szemeloszlással dolgoztunk. A finomabb szemeloszlás legnagyobb szemnagysága  $d_{max}=20\text{ mm}\varnothing$  és *Abrams*-féle finomsági modulusa  $m=5,4$ , a durvább szemeloszlás legnagyobb szemnagysága  $d_{max}=35\text{ mm}\varnothing$  és *Abrams*-féle finomsági modulusa  $m=5,8$  volt. A kétféle szemeloszlási görbe befekszik az ÉKSZ VI. k. 4. mn. E. 221.22 pontban rögzített határgörbék közé, és finomsági modulusuk is a megadott  $m=5,14—5,84$  közé esik (1. ábra).

Az adalékanyagot zúzottkőből, folyami homokos kavicsból és homokból állítottuk össze. Az útépitési gyakorlati tapasztalatoknak és alkalmazásoknak megfelelően az  $5\text{ mm}\varnothing$ -nél nagyobb szem-

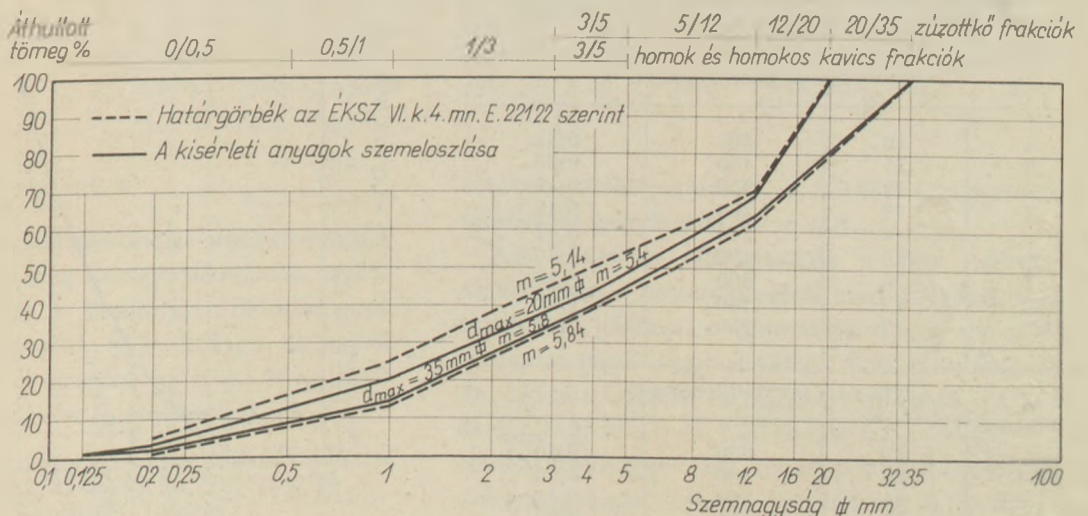
nagyságok zúzottkőből, a  $3\text{ mm}\varnothing$ -nél kisebb szemnagyságok folyami homokból, a  $3$  és  $5\text{ mm}\varnothing$  közötti szemnagyságok  $1:1$  arányban zúzottkőből és folyami homokos kavicsból álltak. Zúzottkőként a *Középdunántúli Kőbánya Vállalat uzsai üzemének* MSZ 1992—70 szabvány szerinti KZ 3/5, KZ 5/12 k, KZ 12/20 k, KZ 20/35 jelű bazalt anyaga, homokként és homokos kavicsként a *Mélyépitő Vállalat* Budapest, XIII. Cserhalom u. 6. alatti telepén előállított 0,1/1, 1/3, 3/7 jelű dunai mosott, osztályozott anyag szolgált.

Az uzsai zúzottkő frakciókat az MSZ 1992—70 szabvány szerinti vizsgálatoknak, a felhasználással előállított kísérleti anyag frakcióit szemeloszlás vizsgálatnak vetettük alá [11]. A vizsgálatokat az MSZ 1991—67 szabvány szerint végeztük el [10]. A vizsgálati eredmények szerint az uzsai zúzottkő az MSZ 1992—70 szabvány szerint az A közetcsoporthoz tartozik, és kielégíti a frakciójel szerinti követelményeket.

A dunai homokon és homokos kavicsokon az MSZ 449 J. (68. IV.) termékszabvány javaslat szerinti agyagiszaptartalom és szemeloszlási vizsgálatokat végeztük el az MSZ 4713—55 és az MSZ 1991—67 vizsgálati szabványok alapján [7, 14, 10]. A vizsgálati eredmények szerint a kísérletekhez felhasznált 0,1/1 jelű homok I. osztályú, az 1/3 jelű homok III. osztályú, a 3/7 jelű homokos kavics II. osztályú anyag az MSZ 449 J. (68. IV.) szabványjavaslat szerint. Az agyagiszaptartalom szempontjából mindhárom frakció kiváló minőségű.

A zúzottkő, homok és homokos kavics anyagokból a 0/0,5, 0,5/1, 1/3, 3/5, 5/12, 12/20, 20/35 frakciókat felhasználva, illetve előállítva — a *Rotfuchs*-féle szemeloszlás görbe szerkesztés alapján

### Az adalékanyag szemeloszlása



1. ábra. Az adalékanyag szemeloszlása

1. táblázat  
A kísérleti adalékanyag frakcióinak részaránya

Frakció jele	Tömeg %	
	$d_{\max} = 20 \text{ mm} \square$	$d_{\max} = 35 \text{ mm} \square$
0/0,5	13	9
0,5/1	7	5
1/3	19	21
3/5	10	10
5/12	20	18
12/20	31	17
20/35	—	20
Összesen .....	100	100

[1] — állítottuk össze a kívánt, és az 1. ábrán feltüntetett kétféle adalékanyag összetételt. A frakciók részarányát az 1. táblázat tartalmazza. Az adalékanyag frakciókat a betonkészítéshez kiszáritott állapotban használtuk fel.

Az egyes betonösszetételeket jellemző cementmennyiség és vízcementtényező értékpárok felvételekor döntő körülmény volt egyrészt az ÉKSZ VI. k. 4. mn. E. 221.1 pontjának cementekre vonatkozó előírása, és a gyakorlatban általánosan elterjedt  $c=350 \text{ kg/m}^3$  cementadagolás, mint középérték figyelembevétele, másrészt, hogy útbeton finiserrel csak a  $CF=0,68$  Glanville-féle tömörödési tényezőnél nagyobb tömörödési tényezőjű, azaz plasztikusabb konzisztenciájú betonok dolgozhatók be eredményesen. Az ennek megfelelő névleges cementadagolás és vízcementtényező értékpárokat a 2. táblázat tartalmazza.

A betonkeveréket 125 liter névleges térfogatú kényszerkeverőben 1 percig tartó száraz, és 3

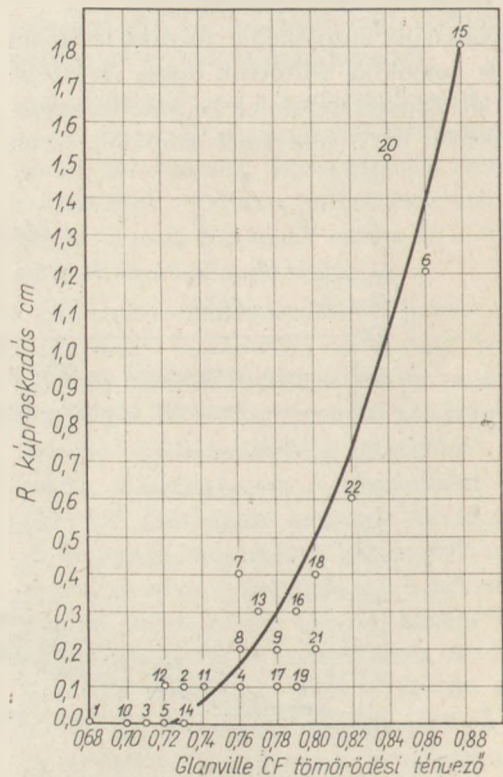
2. táblázat  
Cementmennyiség és vízcementtényező értékpárok

Jel		c névleges cementmennyiség $\text{kg/m}^3$	x vízcementtényező
$d_{\max} \square \text{ mm}$			
20	35		
C600 váci portlandcement			
1	10	300	0,34
2	11	450	0,38
3	12	350	0,38
4	13	350	0,42
5	14	250	0,42
6	15	400	0,46
7	16	300	0,46
8	17	250	0,50
9	18	250	0,54
C500 váci portlandcement			
	19	350	0,40
	20	400	0,45
	21	300	0,45
	22	350	0,50

percig tartó vizes keveréssel állítottuk elő. A próbatetek tömörítését 2800/perc rezgésszámú rázóasztalon végeztük el. A tömörítési időket a konzisztencia függvényében optimálisan választottuk meg és a 3. táblázatban tüntettük fel. Keverékeként 3 darab próbatestet készült. A próbatesteket készítésüktől törésükig végig 95% feletti relatív nedvességtartalmú, 20—22 °C hőmérsékletű klímateremben tároltuk.

A próbatetek a hajlító-húzószilárdság vizsgálatnak megfelelően az ÉKSZ VI. k. 4. mn. F. 271. 3 ponttal összhangban  $20 \times 20 \times 70 \text{ cm}$  méretű hasábok voltak [6]. A hasábokat az ÉKSZ VI. k. 4. mn. F. 55 pontja szerint 28 napos korban vetettük szilárdság vizsgálat alá. A hasábhajlítást, illetve a félhasábok törését az MSZ 4715—61 szabvány 5.55 és 5.552 pontjának megfelelő 10, illetve 500 tonna törőerejű WPM típusú törőgépeken az előírásnak megfelelően végeztük el. Az MSZ 4715—61 szabvány 5.552 pontja szerint a hasábhajlítást 60 cm támaszközön, egymástól 20 cm távolságra támadó két erővel végeztük. A törőerő iránya az MSZ 4715—61 szabvány 5.55 pontjának figyelembevételével a bedolgozás irányával párhuzamos volt [16].

Összefüggés a konzisztencia mérőszámok között



2. ábra. Összefüggés a konzisztencia mérőszámok között

Jel	C cementminőség	$d_{max}$ $\varnothing$ mm	$x$ vízcement-tényező	c cement-mennyiség kg/m <sup>3</sup>	Konzisztencia		Tömörítési idő mp	Testsűrűség kg/m <sup>3</sup>		Hajlító-húzó-szilárdság kp/cm <sup>2</sup>	Testszilárdság kp/cm <sup>2</sup>
					CF Glanville tömörödés	R kuproskadás cm		Friss beton	28 napos beton		
1	C600 váci portlandcement	20	0,34	303	0,68	0,0	180	2436	2385	43	328
2			0,38	435	0,73	0,1	70	2467	2450	51	488
3			0,38	349	0,71	0,0	110	2503	2490	53	482
4			0,42	349	0,76	0,1	60	2490	2474	51	475
5			0,42	233	0,72	0,0	100	2394	2332	41	289
6			0,46	394	0,86	1,2	30	2464	2429	45	449
7			0,46	302	0,76	0,4	50	2491	2472	48	442
8			0,50	248	0,76	0,2	60	2458	2430	44	335
9			0,54	250	0,78	0,2	45	2477	2453	41	336
10	C400 váci portlandcement	35	0,34	299	0,70	0,0	120	2408	2394	43	324
11			0,38	446	0,74	0,1	70	2515	2476	48	526
12			0,38	352	0,72	0,1	90	2512	2502	50	483
13			0,42	357	0,77	0,3	50	2530	2501	47	499
14			0,42	242	0,73	0,0	80	2428	2390	45	262
15			0,46	401	0,88	1,8	30	2487	2466	38	459
16			0,46	305	0,79	0,3	40	2509	2482	41	458
17			0,50	247	0,78	0,1	45	2467	2429	37	337
18			0,54	255	0,80	0,4	40	2476	2472	33	338
19	C500 váci pe.	35	0,40	353	0,79	0,1	45	2521	2499	40	428
20			0,45	397	0,84	1,5	30	2480	2442	43	391
21			0,45	300	0,80	0,2	40	2504	2476	42	415
22			0,50	345	0,82	0,6	35	2466	2425	31	370

A betonvizsgálati eredmények

A betonvizsgálatok konzisztencia, tömörítési idő, testsűrűség, és szilárdság középértékeit a 3. táblázatban tüntettük fel. A vizsgálati eredményeket grafikusán is feldolgoztuk. Az ábrákon az egyes vizsgálatok jellemzőit ponttal jelöltük, és az ezek melletti szám a vizsgálat 3. táblázatbeli jele.

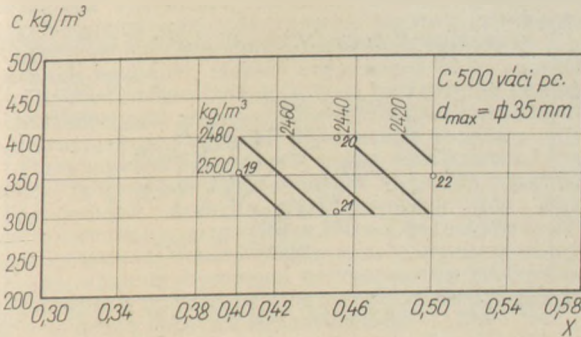
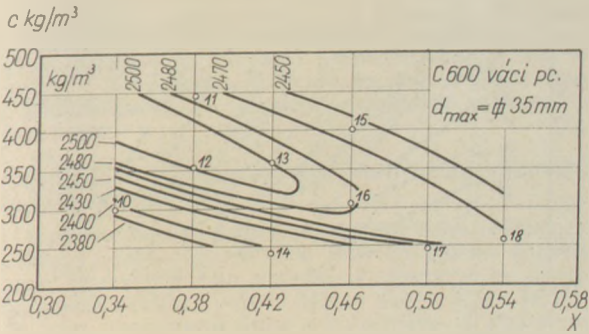
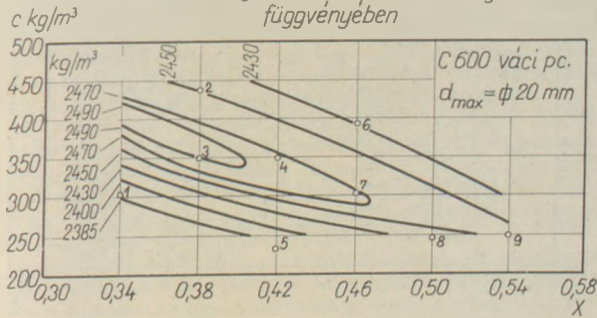
A grafikus feldolgozás első lépéseként a 2. ábrán összefüggést kerestünk a Glanville-féle CF tömörödési tényező és az Abrams-féle R kúproskadási

értékek között, miáltal a kétféle konzisztencia mérőszám helyettesíthetővé vált.

Ezt követően elkészítettük a 3–7. ábrákat, amelyekben a betonvizsgálati eredményeket a keverékeket jellemző c cementmennyiség és x vízcementtényező függvényében tüntettük fel, külön-külön a C600-as és  $d_{max} = 20$  mm  $\varnothing$ -es, C600-as és  $d_{max} = 35$  mm  $\varnothing$ -es, C500-as és  $d_{max} = 35$  mm  $\varnothing$ -es cementminőséggel és legnagyobb adalékanyag szemnagysággal készült betonokra. A 3. ábra a konzisztencia, a 4. ábra a friss beton testsűrűsége,



A 28 napos beton testsűrűsége  
a cementadagolás és a vízcementtényező  
függvényében



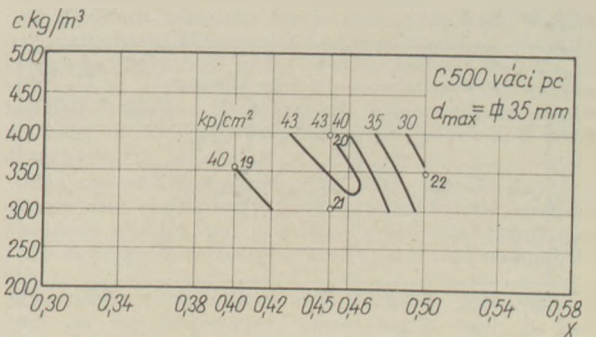
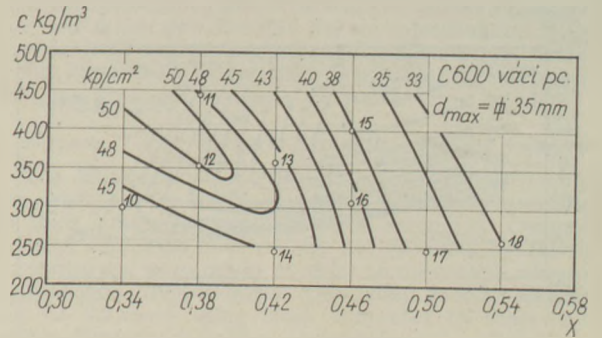
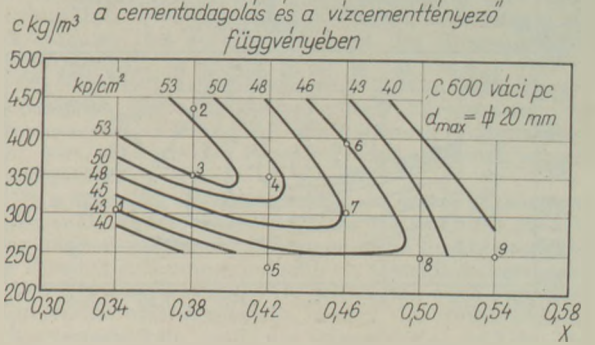
5. ábra. A 28 napos beton testsűrűsége

Nézzük ezután a 8. ábrabeli példákat, amelyeket a laboratóriumi kísérleti középértékek alapján dolgoztunk ki.

A 8. ábrának a C600-as cementminőséghez és a  $d_{max}=20$  mm  $\varnothing$  legnagyobb szemmagysághoz tartozó első részén azt a betonkeverék tartományt vonalkáztuk be, amelyen belül bizonyos valószínűséggel I. osztályú, V. burkolati csoportú, tehát  $50 \text{ kp/cm}^2$  hajlító-húzószilárdságú útbetont lehet előállítani  $0,72 \leq CF \leq 0,76$  konzisztencia esetén. Az ÉKSZ VI. k. 4. mn. E. 221.1 pontja szerint az V. burkolati csoportban a minimális cementmennyiség  $350 \text{ kg/m}^3$ .

Az ábra második része C600-as cement és  $d_{max}=35$  mm  $\varnothing$  legnagyobb szemmagyság esetére azt az tartományt tünteti fel, amely I. osztályú IV. burkolati csoportú, tehát  $45 \text{ kp/cm}^2$  hajlító-húzószilárdságú útbeton készítésére várhatóan alkal-

Hajlító-húzószilárdság függvény  
a cementadagolás és a vízcementtényező  
függvényében



6. ábra. Hajlító-húzószilárdság függvény

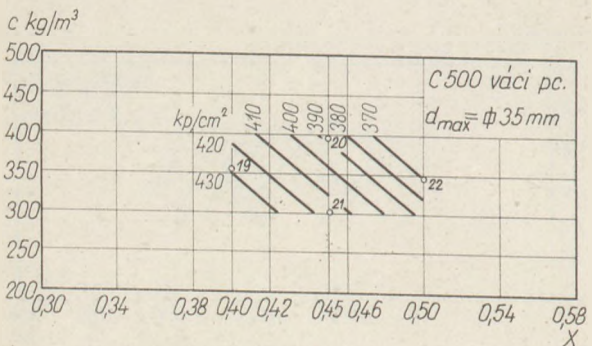
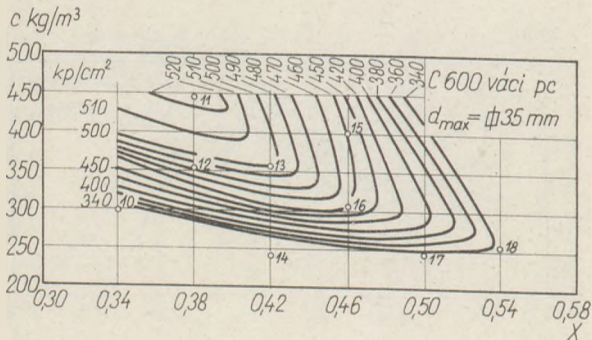
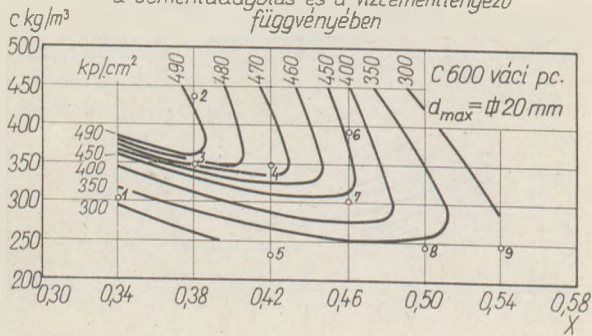
mas, ha a konzisztencia  $0,74 \leq CF \leq 0,78$ . A minimális cementadagolás  $325 \text{ kg/m}^3$ .

A C500-as cementminőség és  $d_{max}=35$  mm  $\varnothing$  legnagyobb szemmagyság esetén érvényes harmadik ábrarészen az I. osztályú III. burkolati csoportú, tehát a várhatóan  $40 \text{ kp/cm}^2$  hajlító-húzószilárdságú útbetonok keverési tartományát szerkesztettük meg  $0,78 \leq CF \leq 0,80$  konzisztencia esetére. A minimális cementmennyiség  $300 \text{ kg/m}^3$ .

A példaként felvett útburkolatok szükséges nyomószilárdsága az ÉKSZ VI. k. 4. mn. E. 522.2 pontja szerint rendre  $450, 400, 320 \text{ kp/cm}^2$ . Ha ezen nyomószilárdság értékekhez tartozó 7. ábrabeli testszilárdság függvények elhelyezkedését egybevetjük a 8. ábra kijelölt tartományaival, vagy akár más példákat dolgozunk ki, akkor kitűnik, hogy — mint említettük — az útbetonok tervezése során valóban nem a nyomó-, hanem a haj-

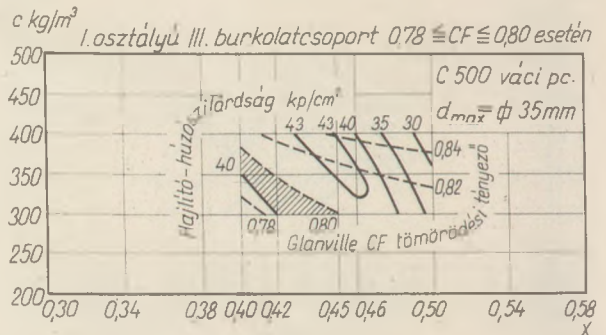
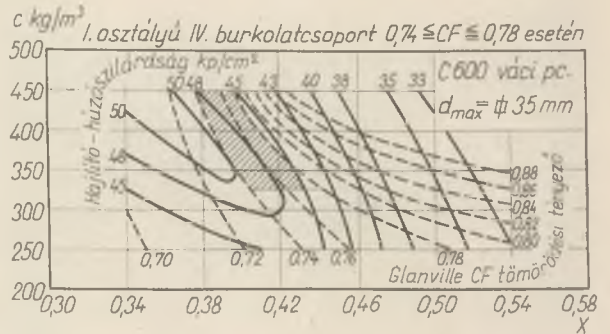
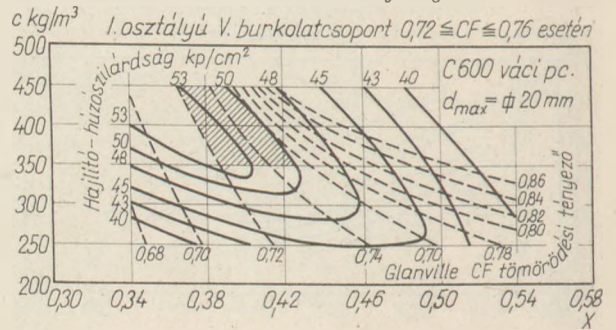
## Testszilárdság függvény

a cementadagolás és a vízcementtényező függvényében



7. ábra. Testszilárdság függvény

Példák a betonkeverék tartomány megszerkesztésére



8. ábra. Példák a betonkeverék tartomány megszerkesztésére

lító-húzószilárdság követelménye a mértékadó. Ez azt jelenti, hogy a 8. ábra használata esetén az útbetonnal szemben támasztott nyomószilárdsági követelmény is teljesül.

## I R O D A L O M

- [1] Nemesdy, E.: Utak és autópályák pályaszerkezete. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.
- [2] Palotás, L.—Balázs, Gy.—Kilián, J.: Építőanyag praktikum. Tankönyvkiadó, Budapest, 1964. Egyetemi jegyzet. R. szám: J9—389.
- [3] Horváth, I.: Betonburkolatok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1966. Egyetemi jegyzet. R. szám: J9—647.
- [4] Boromisza, T.—Ferenczy, G.: Korszerű útpályaszerkezetek. Utügyi Kutató Intézet 33. sz. kiadványa. Budapest, 1964.
- [5] Balázs, Gy.: Különleges betonok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1968. Egyetemi jegyzet. R. szám: J9—754.
- [6] ÉKSZ Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat. VI. kötet. Közlekedési Mélyépítmények. 4. munkanem. Beton pályaburkolatok.
- [7] MSZ 449. J. (68. IV.) Homok, homokos kavics, kavics

- [8] MSZ 523—53 A cementek fizikai vizsgálata.
- [9] MSZ 523/1—5—71 A cementek fizikai jellemzőinek vizsgálata. Általános feltételek. Az őrlési finomság. A kötődés. A hajlító- és nyomószilárdság. Térfigatállandóság.
- [10] MSZ 1991—67 Természetes építési kövek és kőzúzalékok vizsgálati módszerei.
- [11] MSZ 1992—70 Zúzott kőtermékek.
- [12] MSZ 4702—56 Cementek. Portlandcement, kohósalakportlandcement, traszportlandcement.
- [13] MSZ 4702/2 T. (72. I.) Cementek. Portland-, kohósalakportland-, pernyoportlandcement.
- [14] MSZ 4713—55 A beton alapanyagainak vizsgálata.
- [15] MSZ 4714—55 Friss betonkeverékek vizsgálata.
- [16] MSZ 4715—61 Megszilárdult beton vizsgálata.

## Kausay Tibor: Útbetonok hajlító-húzószilárdsága

Az ÉKSZ Építő- és Szerelőipari Kivitelezési Szabályzat a beton útburkolatok minőségi osztálybesorolásának egyik feltételként az előírt nyomó- és hajlító-húzószilárdság elérését szabja meg. Az ÉKSZ a beton összetételét illetően a kivitelezőnek szabad kezét ad, ezért indokolt megvizsgálni, hogy a finiseres bedolgozás szempontjából megfelelő konzisztenciájú útbetonkeverékek közül mely összetételűek azok, amelyekkel a mértékadó hajlító-húzószilárdsági előírások kielégíthetők.

A kísérletek során 22 féle betonkeveréket készítettünk. Ebből a hazai útépités alkalmazási gyakorlatának meg-

felelősen 18 keverék kötőanyaga C600, 4 keverék kötőanyaga C500 jelű portlandcement volt. A C600-as kötőanyagú betonok közül 9 keverék 20 mm  $\varnothing$ , 9 keverék pedig 35 mm  $\varnothing$  legnagyobb szemmagysággal készült. A C500-as kötőanyagú betonok legnagyobb szemmagysága 35 mm  $\varnothing$  volt. A kísérletekhez váci cementet használtunk. Adalékanyagul dunai folyami homokos kavicsot és uzsai bazalt zútotkövet alkalmaztunk.

A kísérletek a különböző betonkeverékek hajlító-húzószilárdságának, és kiegészítésképpen testszilárdságának, konzisztenciájának, friss és 28 napos testsűrűségének meghatározását célozta a cementminőség és mennyiség, az adalékanyag szemeloszlás, a vízcementtényező és a tömörítési idő függvényében.

A kísérleti eredményeket táblázatosan és grafikusán is feldolgoztuk. A grafikus feldolgozás függvényeit az azonos konzisztencia, testsűrűség, illetve szilárdság értékeket összekötő vonalak alkotják. Ezek közül a hajlító-húzószilárdság és a konzisztencia függvénynek van nagyobb jelentősége. E két utóbbit egymásra rajzolva, és rajtuk kijelölve az elérendő hajlító-húzószilárdság és a megfelelő konzisztencia tartományát, meghatározható az ÉKSZ előírásnak várhatóan megfelelő útbetonkeverékek köre.

#### Kausay, T.: Прочность при изгибе-растяжении дорожных бетонов

Célja a végzett vizsgálatokból a legcélszerűbb — a gyakorlat szempontjából — a betonok minőségének meghatározása a hajlító-húzószilárdság és a konzisztencia függvényében.

A vizsgálatok során 22 különböző betonösszetételű keveréket készítettünk, amelyek minőségét a hajlító-húzószilárdság és a konzisztencia függvényében vizsgáltuk. A vizsgálatok célja a betonok minőségének meghatározása a hajlító-húzószilárdság és a konzisztencia függvényében.

Az eredmények a következők: a betonok minőségét a hajlító-húzószilárdság és a konzisztencia függvényében vizsgáltuk. A vizsgálatok célja a betonok minőségének meghatározása a hajlító-húzószilárdság és a konzisztencia függvényében.

#### Kausay, Tibor: Biegezugfestigkeit von Straßenbetonen

Die ungarischen Ausführungsbestimmungen schreiben eine gewisse Druck- und Biegezugfestigkeit der Betonstraßendecken vor. Bezüglich der Zusammensetzung

des Betons bestehen keine Vorschriften und deshalb ist die Untersuchung dessen angezeigt, welche Zusammensetzung der Mischungen mit einer, für die Verarbeitung mit Finisher entsprechenden Konsistenz, die Befriedigung der Vorschriften bzgl. der Biegezugfestigkeit ermöglicht.

Die diesbezüglichen Versuche wurden mit 22 verschiedenen Betongemischen unter Verwendung der Zementsorten C 600 und C 500, sowie von Donausand und -kies, als auch von Basaltschotter als Zuschlagstoff, durchgeführt.

Es wurden die Biegezugfestigkeit, sowie ergänzungsweise auch weitere Eigenschaften, wie auch die Konsistenz der verschiedenen Betongemische in Abhängigkeit der Zusammensetzung und anderer Umstände bestimmt.

Die Ergebnisse wurden in Tafeln und auch graphisch ausgewertet und dargestellt, wobei der Funktion der Biegezugfestigkeit und der Konsistenz größere Bedeutung zukommt. Diese beiden übereinander auftragend und auf ihnen den Bereich der zu erreichenden Biegezugfestigkeit und der entsprechenden Konsistenz bezeichnend, kann der Umfang der, den Vorschriften entsprechenden Staßenbetonmischungen bestimmt werden.

#### Kausay, Tibor: Flexural Strengths of Road Concretes

The Hungarian Road Building Code (HRBC) qualifies concretes for road pavements principally according to their compressive and flexural strengths. Compositions of concretes however are not specified by HRBC. Experiments were made in order to determine concrete compositions by which the controlling flexural strength can be attained using fresh concretes of consistency being adequate for finisher compacting.

22 different concrete mixes were prepared. 9 mixes were made with C600 portland cement and  $d_{max} = 35$  mm  $\varnothing$  aggregate, 9 mixes with the same cement and  $d_{max} = 20$  mm  $\varnothing$  aggregate and 4 mixes with C500 cement and  $d_{max} = 35$  mm  $\varnothing$  aggregate. Vác portland cement was used in all cases together with gravel and basalt aggregates.

Flexural and body strengths, fresh and 28 day bulk weights and consistency were determined as functions of cement quality and quantity, grain size distribution of the aggregate, water-to-cement ratio and compacting time.

Results are tabulated and plotted. Plotting was done on iso-consistency, iso-strength and iso-bulk weight basis, among which the first two are of practical importance. By superimposing them and plotting the areas of flexural strengths and consistencies wanted the road concrete compositions specified by the HRBC can be easily selected.

## Egyesületi élet

Egyesületünk Üvegszakosztályának *salgótarjáni síkúveggyári csoportja* ez évi március 13-án tartotta első klubnapját, melyen *Wilberger Ferenc* a gyár termelési igazgató helyettese adott tájékoztatást: „A műszaki alkalmazottak szerepe, feladatai és lehetőségei munkahelyük és a gyár gazdasági eredményeinek növelésében” címmel. Az előadó részletesen elemezte a műszaki kollektíva előtt álló jelentős feladatokat és rámutatott az egyéni tevékenység lehetőségeire is, mely nem kismértékben járulhat hozzá a gyár gazdasági eredményeihez. A téma felkeltette tagságunk érdeklődését, és az előadást

követő vitában számosan vettek részt.

Alexi Istvánné

Egyesületünk *Durvakerámiai Szakosztályának mezőtúri csoportja* április 23-án a Szolnok megyei Műszaki Hetek alkalmából ünnepséget rendezett, amelyen *Dr. Bálint Pál* és *Mattyasovszky Zsolnai Tamás*, a SZIKKTI Durvakerámiai osztályának tudományos munkatársai tartottak előadást. Mindkét előadó részletesen foglalkozott a téglá- és cserépipar időszerű problémáival, a jelenleg folyó kutatások irányelveivel és eredményeivel. Értékes felvilágosítást és egyben módszert adtak az

üzemi gyártásközi ellenőrzés olcsó és gyors megoldási lehetőségeiről. Ismertették a gyártásközi ellenőrzések fontosságát és jelentőségét a téglapiari termékek minőségének javításában.

Az előadás során több fontos szakmai kérdés tisztázódott, amelyeket az üzem nem, de egy jól felszerelt kutató intézet jól végzett kutató munkával meg tud oldani. Az előadók méltánylást kíváltó érdeme, hogy előadásaikat teljes mértékben a gyakorlat tükrében tartották, ezáltal a kutatási módszerek és azok elméleti értékelése minden hallgató részére érthető formát nyert.

Az ünnepség második részében az előadók a hallgatóság időszerű ipari problémákkal kapcsolatos kérdéseire — mint pl. gyártmányfejlesztés, alapvető gyakorlati problémák megoldási lehetőségei, korszerű és korszerűtlen termékek stb. — választottak.

Tóth Péter

# Impregnált cementkötésű rendszerek előállítása és néhány tulajdonsága

K O Ó S J Á N O S

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

Az építőipar egyes területein jelentkező fokozott igények (pl. vízzáróság, nagy hajlító-húzószilárdság) kielégítése céljából végzett kutatások vezettek az impregnált cementkötésű rendszerekhez [1, 2]. Világszerte foglalkoznak a cementkötésű rendszerek tulajdonságainak műanyag felhasználása útján elérhető javításával.

Az impregnálással kialakított kombinált kötésű rendszereknek széles felhasználási területük (az- besztcementipari termékektől [3] a különböző betonfajtákig [4]) lehetséges. A beton és műanyag kombinációval kapott új termék alkalmazási területe lehet pl. útépitési betonburkolat készítése. Az alkalmazhatóság szempontjából itt csak két követelményt említünk.

1. A betonburkolat kielégítő húzószilárdsága. A hajlító-húzószilárdság növelése egyoldalúan nem oldható meg úgy, hogy minél nagyobb nyomószilárdságú betont készítünk. A betonburkolat megfelelő minőségének, teherbírásának és élettartamának biztosítása céljából igen lényeges a beton húzószilárdságának növelése [5].
2. A betonúttest korrózióállósága. A korrózió mértéke függ a beton vízáteresztő képességétől [6]. Nagy szulfáttartalmú talajvizet területeken, a betonúttesten a jégburok felolvasztása céljából felhíntett sók hatására — különösen kedvezőtlen körülmények esetén — jelentkezik a káros korrózió [7].

Ismeretes, hogy a beton szilárdsági tulajdonságait — többek között — a beton tömörségének fokozásával javítják. Megállapították, hogy a szilárdságot az elsődleges részecskék fizikai adhéziója (van der Waals erők) biztosítja és a porozitás a szilárdság legfontosabb mutatója, a benne levő kiegészítő anyag ezt alig befolyásolja [8, 9]. Nyil-

vánvaló, tehát, hogy a hagyományosnál kedvezőbb, jobb tulajdonságú betont úgy lehet készíteni, ha oly módon növeljük a tömörséget, hogy a pórusokba bevitt anyag ne csak a vízáteresztő képességet csökkentse, hanem a fizikai adhéziót — végsősoron a szilárdságot — jelentősen növelje. Ennek megvalósításához szükségünk van olcsó, a beton pórusaiba könnyen bejuttatható és in situ polimerizálható monomerre.

A cementkötésű rendszerek porozitásának ismeretében az impregnáláshoz leginkább a metilmetakrilát és a sztírol (továbbiakban MMA, ill. S) felel meg.

## Próbatestek előállítása, kísérletek leírása

Az alábbiakban ismertetjük (1. táblázat) a kísérletekhez előállított próbatestek megnevezését, összetételét, azonosítási jelzését, és a próbatesteken végzett méréseket.

A próbatestek készítéséhez használt TH és K'I jelzésű adalékanyagok szemmegoszlási görbéit az 1. ábrán közöljük.

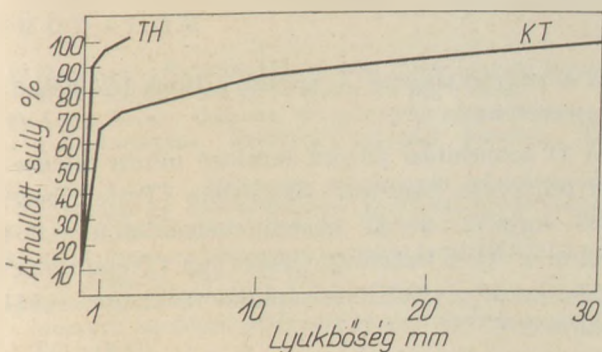
A próbatesteket elkészítésük után egy napig vízzárral ellátott tárolóedényben tároltuk. Ezután kiszalutuk és vízzel telt medencében tároltuk 28 napig. Ezt követően a próbatesteket  $105 \pm 3$  °C-on kiszáritottuk s a következőképpen impregnáltuk:

I. módszer: 2 órás impregnálás atmoszférikus nyomáson;

II. módszer: 60 Hgmm/0,5 órás vákuumozás, majd 0,5 órás impregnálás atmoszférikus nyomáson.

Az impregnáláshoz használt mindkét monomerben 2 súly% benzoilperoxidot oldottunk. Impregnálás után a próbatesteket háztartási alu-fóliába csomagoltuk s 75 °C/2 óra hőkezeléssel végeztük a polimerizálást.

Próbatest			Próbatesteken végzett mérések
megnevezése	összetétele	azonosítási jelzése	
Hasáb 4 × 4 × 16 cm	RSZ 138—65 szerint	A	Nyomószilárdság Hajlítószilárdság
Hasáb 10 × 10 × 51,5 cm	1. 1sr Tatai 600-as pc 3sr TH jelzésű homok v/c = 0,6	B1	Nyomószilárdság Hajlítószilárdság Fárasztó (hajlító) vizsgálat Nyomószilárdság Hajlítószilárdság Fárasztó (hajlító) vizsgálat Nyomószilárdság Hajlítószilárdság Fárasztó (hajlító) vizsgálat
	2. 1sr Tatai 600-as pc 3sr KT jelzésű homokos kavics v/c = 0,5	B2	
	3. MSZ 4719 (beton típus: B 100—20/3)	B3	
Hasáb 2 × 2 × 8 cm	1. RSZ 138—65 szerint	C1	Lineáris hőtágulási együttható (α) Lineáris hőtágulási együttható (α) Lineáris hőtágulási együttható (α) Lineáris hőtágulási együttható (α)
	2. 1sr Tatai 600-as pc 3sr TH jelzésű homok v/c = 0,6	C2	
	3. 1sr Tatai 600-as pc 3sr ajkai porszénhamu v/c = 2,9	C3	
	4. 1sr Tatai 600-as pc 9sr ajkai porszénhamu v/c = 4,0	C4	
Lap 6 × 20 × 20 cm	RSZ 138—65 szerint	D	Hővezetési tényező



1. ábra. A TH és KT jelzésű adalékanyagok szemmegoszlási görbéi

A próbatestek impregnálási módját, polimer tartalmát (polimetilmetakrilát = PMMA, poli-sztirol = PS) a 2. táblázatban foglaltuk össze.

**Vizsgálati eredmények**

*Szilárdsági eredmények*

A 4 × 4 × 16 cm-es hasábok törését az RSZ 138—65 sz. szabvány szerint végeztük. A 10 × 10 × 51,5 cm méretű hasábok törési vázlatát a 2. ábrán mutatjuk be.

A hajlítószilárdsági értékeket 3 db próbatest törési átlagaként, a nyomószilárdsági értékeket a hajlítótörés után kapott 6 db félhasáb nyomószilárdsági átlagaként a 3. táblázatban adjuk meg.

2. táblázat

A próbatestek impregnálási módja és azok polimertartalma

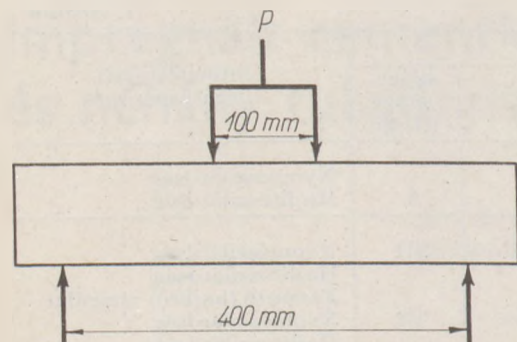
Azonosítási jelzés	Polimertartalom	Impregnálás módja	
		I	II
A	0	—	—
A1	6,1% PMMA	+	—
A11	5,4% PS	+	—
A2	8,0% PMMA	—	+
A22	8,0% PS	—	+
B1	0	—	—
B11	6,6% PMMA	+	—
B111	6,9% PMMA	+	—
B2	0	—	—
B22	6,2% PMMA	+	—
B222	6,5% PMMA	+	—
B3	0	—	—
B33	3,2% PMMA	+	—
B333	2,8%	+	—
C1	0	—	—
C11	8,2% PMMA	—	+
C2	7,8% PMMA	+	—
C3	0	—	—
C33	37,5% PMMA	—	+
C4	37,8% PMMA	—	+
D	0	—	—
D1	4,0% PMMA	+	—

*Fárasztó (hajlító) vizsgálati eredmények*

A B azonosítási jelzésű próbatestek fárasztása WPM (Leipzig) gyártmányú hidraulikus szerkezet-fárasztó berendezésen történt. A vizsgálat elrendezését mutatja a 3. ábra.

## Fárasztó (hajlító) vizsgálati eredmények

Azonosítási jelzés	Szilárdság kp/cm <sup>2</sup>				Igénybevétel száma
	fárasztás nélkül		fárasztva		
	hajlító	nyomó	hajlító	nyomó	
B1	16	134	eltörött	120	122 700
B11	128	590	—	—	—
B111	—	—	149	600	2 · 10 <sup>6</sup>
B2	30	283	eltörött	199	315 800
B22	165	700	—	—	—
B222	—	—	175	695	2 · 10 <sup>6</sup>
B3	26	154	eltörött	138	111 800
B33	138	475	—	—	—
B333	—	—	112	416	2 · 10 <sup>6</sup>



2. ábra. A 10 × 10 × 51,5 cm-es hasábok törési vázlata

3. táblázat

## A próbatestek szilárdsági értékei

Azonosítási jelzés	Szilárdság kp/cm <sup>2</sup>	
	Hajlító	Nyomó
A	73	450
A1	237	928
A11	199	801
A2	330	1303
A22	274	1130
B1	16	134
B11	128	590
B2	30	283
B22	165	700
B3	26	154
B33	138	475

5. táblázat

## Lineáris hőtágulási együttható mérési eredmények

Azonosítási jelzés	Hőtágulási együttható, m/m °C
C1	2,95 · 10 <sup>-5</sup>
C11	2,42 · 10 <sup>-5</sup>
C2	2,2 · 10 <sup>-5</sup>
C3	5,43 · 10 <sup>-6</sup>
C33	3,39 · 10 <sup>-6</sup>
C4	2,99 · 10 <sup>-5</sup>

## Terhelési értékek:

$P$  alsó = 50 kp

$P$  felső = 400 kp

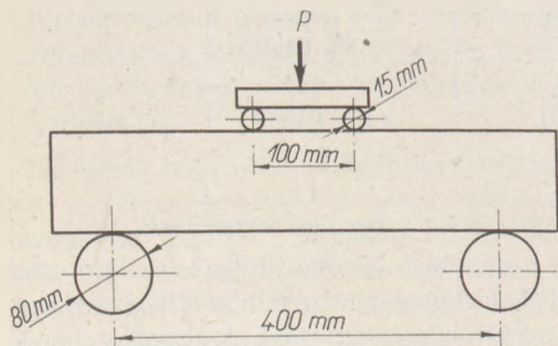
Igénybevétel  $2 \cdot 10^6$

Vizsgálati frekvencia 260/perc

A vizsgálat eredményeit a szilárdsági értékekkel együtt a 4. táblázatban közöljük.

## Hőtechnikai mérési eredmények

Lineáris hőtágulási együttható ( $\alpha$ ). Vizsgálatunk célja volt megállapítani, hogy a polimernek a rendszerbe juttatásával változik-e a hőtágulási együttható értéke. A mérési eredményeket az 5. táblázatban foglaltuk össze.



3. ábra. Fárasztó (hajlító) vizsgálat vázlata

A hővezetési tényező ( $\lambda$ ) mérése a Bock-féle készüléken történt.

A D azonosítási jelzésű (etalon) minta hővezetési tényezője légszáraz állapotban (Testsűrűség: 2063 kg/m<sup>3</sup>), 20 °C középhőmérsékleten 0,664 kcal/m.ó. °C. Kiszáritott állapotban (Testsűrűség: 2018 kg/m<sup>3</sup>), 20 °C középhőmérsékleten 0,651 kcal/m.ó.°C.

Az impregnált D1 azonosítási jelzésű minta (Testsűrűség: 2100 kg/m<sup>3</sup>) hővezetési tényezője 20 °C középhőmérsékleten 0,683 kcal/m.ó.°C.

## Eredmények értékelése

Laboratóriumi kísérleteink során a próbatestek pórusaiban kialakított polimer jelentősen megváltoztatta a habarcs ill. beton tulajdonságait.

A szilárdsági értékeknél megfigyelhető, hogy az etalonhoz képest a hajlító-húzószilárdság növekedése nagyobb mértékű, mint a nyomószilárdságé.

Az A jelű minták hajlító-húzószilárdsága 270—450%, nyomószilárdsága 180—290%, a B jelű minták hajlító-húzószilárdsága 530—800%, nyomószilárdsága 250—440% az etalon — polimert nem tartalmazó — mintákhoz viszonyítva.

A fárasztó (hajlító) vizsgálatnál az etalon próbatestek nem bírták ki a 2 milliós igénybevételt. Az

impregnált minták fázasztás utáni szilárdsági értékei nem mutatnak szerkezetkárosodást.

A lineáris hőtágulási együttható mérése azt mutatja, hogy a porszénhamus rendszereknél (C3; C33 és C4) a polimer bevitellel  $\alpha$  értéke megnőtt. A homok adalékkal készült mintáknál (C1, C11 és C2)  $\alpha$  értéke közel változatlan.

A kiszáritás hatására az etalon minta hővezetési tényező értékének csökkenése 1,6%, miközben a minta testsűrűsége 2,2%-kal csökkent. Az impregnált minta testsűrűsége — lényegében az anyag szerkezete — száritás közben nem változott, a hővezetési tényező értéke azonos maradt. Ez az érték 4,9%-kal nagyobb, mint a polimert nem tartalmazó kiszáritott mintáé, és 2,9%-kal nagyobb, mint a polimert nem tartalmazó légszáraz állapotú mintáé. Egyértelműen megállapítható, hogy a mintában kialakított polimer hatására nőtt a hővezetési tényező értéke.

Az impregnált cementkötésű rendszerek ipari alkalmazása azok egyéb műszaki tulajdonságainak kísérleti meghatározása és gazdaságossági számítások után lehetséges.

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

- [1] Concrete—Polymer Materials, First Topical Report. BNL Report 50134 (T-509), 83 pp. (1968).
- [2] Koós János: Cement- és műanyag alapú kötőanyagok kutatása. SziKKTI-kutatási jelentés. Tsz: 7—05/70.
- [3] Koós János: Műanyag alkalmazás lehetőségeinek kutatása az azbesztcement termékek gyártásában. SziKKTI-kutatási jelentés. Tsz: 7—14/73.
- [4] Koós János: Polimerbeton kutatás. SziKKTI-kutatási jelentés. Tsz: 7—10/72.
- [5] Nemesdy Ervin: Betonburkolatok igénybevételeinek időszerű kérdései. Mélyépítéstudományi Szemle, 17, 385 (1967).
- [6] Wiegner, C.: Chemische Einflüsse auf Zement und Beton im Boden. Zürich, Congres de Zürich. 1952.
- [7] Biczók Imre: Betonkorrózió, betonvédelem. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1956.
- [8] T. C. Powers: Physical Properties of Cement Paste. PCA Res. Dep. Bul. No. 154.
- [9] J. J. Beaudoin, C. Macinnis: The Effect of Admixtures on the Strength — Porosity Relationship of Portland Cement Paste. Cement and Concrete, 1, 3 (1971).

*Koós János: Impregnált cementkötésű rendszerek előállítására és néhány tulajdonsága*

A megszilárdult cementkötésű rendszerek pórusaiba impregnálással bejuttatott monomerek (metilmetakri-

lát, sztirol) in situ polimerizálásával a rendszerek műszaki tulajdonságai javulnak.

Az impregnálás hatására a cementkötésű rendszerek szilárdsága növekedett és fázasztó (hajlító) igénybevétellel szemben kedvezően viselkedtek. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a 2 milliós fázasztó igénybevételt az etalon próbatestek közül egy sem, az impregnált próbatestek mindegyike — káros következmény, illetve szilárdságcsökkenés nélkül — kibírta.

A cementkötésű rendszerekben kialakított polimer módosítja a lineáris hőtágulási együtthatót és a hővezetési tényező értékeket.

*Коос, Я.: Получение и свойства импрегнированных систем на цементной связке*

За счет импрегнации затвердевших цементных систем с помощью мономеров (метилметакрилат, стирол) технические свойства этих систем улучшаются.

По влиянием импрегнирования прочность цементных систем растет, и повышается их стойкость против усталостного разрушения (на изгиб). Так, в ходе испытаний автором было установлено, что импрегнированные образцы выдерживают без разрушения усталостное напряжение, равное 2 млн. единиц, в то время как эталонные образцы разрушаются.

Помимо вышензложенного, полимер изменяет коэффициент линейного теплового расширения и теплопроводность цементной системы.

*Koós, János: Erstellung und einige Eigenschaften impregnierter, zementgebundener Systeme*

Durch die Polymerisation erhärteter zementgebundener Systeme mit Monomeren (Methylmethakrylat, Styrol), die in deren Poren durch Impregniierung eingeführt werden, können die technischen Eigenschaften des Systems verbessert werden.

Durch die Impregniierung zementgebundener Systeme wird deren Festigkeit erhöht und auch Ermüdungsbiegebeanspruchungen gegenüber zeigt sich ein günstigeres Verhalten. Im Laufe der Untersuchungen hielt den durchgeführten 2 Millionen Biegebeanspruchung keines der Etalon-Probekörper stand, während die impregnierten Probekörper der Beanspruchung ausnahmslos -ohne jedwelchen schädlichen Folgen, bzw. ohne einer Verminderung der Festigkeit- widerstehen konnten.

Das Zustandebringen eines Polymers im zementgebundenen System bringt die Änderung des linearen Wärmedehnungskoeffizienten, sowie der Wärmeleit-zahl mit sich.

*Koós, János: Productions and some Properties of Polymer-impregnated Cementitious Systems*

Hardened cementitious systems (concrete, mortar, etc) can be impregnated with monomers (e.g. methyl methacrylate, styrene). In situ polymerisation of these monomers, filling the pores improves the properties of systems to a high extent: strength increases and fatigue resistance gets improved considerably. Experiments proved that all samples of not-impregnated substances failed, while impregnated samples all passed the 2 million fatigue tests. Polymer impregnation affects the thermal dilatation and heat conductivity of the systems.

# Fázishatárok jelentősége az azbesztcement termékek technológiájában\*

BERKOVICS, T. M.  
NII Azbesztcement, Moszkva

Az azbesztcement termékek olyan heterogén rendszerek, melyekben mind a szilárd kiindulási nyersanyagok, mind a cement hidratációs termékei több fázisból állnak.

Az azbesztcement termékek összes gyártástechnológiai folyamata — az azbeszt foszlatása, az azbesztcement szuszpenzió szűrése, az azbesztcement rétegek szűrés utáni víztelenítése és tömörítése, a frissen formált féltermék profiljának kialakítása, továbbá a féltermék (lemezek, csövek) szilárdítása — alapjában véve mind a fázishatárokon megy végbe, és ennek következtében lényeges módon függ azok tulajdonságaitól.

Az *azbeszt foszlatásának*, mely a vastag szálkötegek diszpergálásából, finom szálakra való szétválasztásából áll, az a célja, hogy a kereskedelmi forgalomban levő azbeszt 400—500  $\mu\text{m}$ -es szálméretjét 80—120  $\mu\text{m}$ -re csökkentse és a szálak súlyozott átlagátmértékét 30—40  $\mu\text{m}$ -re vigye le.

A krizotil-azbeszt finom szerkezetének röntgen-, elektron-mikroszkópi és egyéb módszerekkel való vizsgálatával kimutatták, hogy a krizotil önmaga is egy összetett (kompozit) anyag, melyben az amorf szerpentint krizotil szálak szövik át (Perlin, 1971; Bryans és Lincoln, 1971). Ennek következtében az azbesztfoszlatás folyamata és végeredménye a szálaknak az amorf szerpentinnel szemben tanúsított kohéziójától, illetve utóbbi részecskéinek egymáshoz való adhéziójától függ. Az ezzel kapcsolatban elvégzett tájékoztató számítások (Savizkiy, 1971) szerint a krizotil azbeszt szálainak tengelyére merőleges felületi energia nagysága 360—400  $\text{erg/cm}^2$ , ami három-négyszerese a szálak tengelye mentén fellépő felületi energiának.

A kutatások alapján a krizotil azbeszt szálai közötti kötés szilárdsága és a szálméret között

lényeges összefüggés áll fenn, mely közelítően másodfokú egyenlettel fejezhető ki. Az összefüggés jellegét a statisztikus szilárdságelmélet szempontjából nézve érthetjük meg, mely azt mondja ki, hogy a szilárd testek tényleges szilárdsága nemcsak a felületi energia nagyságától, hanem a szerkezetükben jelenlevő hibahelyektől (repedésektől) is függ, melyeknek száma a test méreteinek növelésével szintén növekszik.

Az azbeszt foszlatását gyorsítja az előzetes roncsolódási zónák (Griffiths-féle elliptikus repedések, ill. a Rebinder-féle ék alakú mikrorepedések) kialakulása. Hasonlóan hatnak a felületi energia nagyságát csökkentő és a mikrorepedésekben szétfeszítő erőket létrehozó adszorpciós-szolvátos rétegek is (Rebinder, 1947). Ez a kétlépcsős azbesztelőkészítés (melynél az első lépcsőben feltétlenül nedvesítést kell alkalmazni) tudományos megalapozottságára utal (Yringaus, 1935; Sokolov, 1968.).

Az azbeszt foszlatás, az elvégzett kutatások szerint, jelentős mértékben gyorsítható elektrolit adalékanyagokkal, többek között az azbesztcementgyártás folyamán recirkuláltatott technológiai vízben oldott elektrolitokkal is. Nagy aktivitású szerves felületaktív anyagok alkalmazása esetén az ún. „csíra”-felületeken való adszorpciójuk eredményeképpen a felületi energia csökkenése olyan nagymértékű lehet, hogy a diszpergálódás spontán módon is végbe megy. Ezt az azbesztre vonatkozó megfigyelést (Novak, 1953) az indiai szakemberek a tremolit-azbeszt foszlatásánál hasznosítják. A szerves diszpergáló anyagok későbbi kimosásához ajánlatos alkáliszilikátok vizes oldatait alkalmazni.

A homogen azbesztcement szuszpenzió készítése elsősorban a foszlódott azbesztszálak autohéziójával, illetve az ezekből keletkező kiterjedt koagulációs képződményekkel (szerkezetekkel) van össze-

\* A XI. Szilikátipari Konferenciára beküldött előadás

függésben (*Berkovics és mások*, 1972). Ezzel egyidejűleg, a vékony, hajlékony szálak frikciós érintkezése következtében a koagulációs szerkezetet a szövedékes szerkezet is erősíti. A cement szemcséket a szálak felületén és a szálak képezte szerkezetek csomópontjaiban (celláiban) adhéziós erők tartják meg. Az azbeszt-cement-víz (vizes oldat) rendszerben az érintkező részecskék molekuláris vonzása és az érintkezési pontokon levő ionos folyadék rétegben fellépő taszító erők határozzák meg az adhéziót és autohéziót, ezért ezek értéke az azbesztszálak átmérőjének, illetve a cement szemcsék méretének csökkenésével növekszik. Az alkotórészek finomságának növelése azonban megköveteli — a szuszpenzió kielégítő homogenitásának megőrzése érdekében — a keverési folyamat intenzifikálását is. A portnemű alkotórész (portlandcement, homoktartalmú cement, homok, kohósalak) kémiai és ásványi összetétele, mint azt azbeszt és porok szuszpenzióival végzett szűrési kísérletekkel igazolták (*Berkovics*, 1957), nem befolyásolja jelentős mértékben a krizotil-azbeszt szemcsékhez való adhéziójukat.

Más vélemény (*Chatterji és Rabat*, 1963) szerint viszont a cement  $C_3A$  tartalmának növelése csökkenti a szemcséknek az azbesztszálakhoz való tapadását. A cement szuszpenziókban a levegő buborékok a  $Ca(OH)_2$ -nak a „víz-levegő” fázishatáron való adszorpciója következtében stabilizálódnak és az adhézió következtében hozzájuk tapadó finom ásványi részecskék védőpáncélt vonnak köréjük. A habképződési hajlam puccolán cementek, felületaktív anyagok alkalmazása és az alkáli tartalom növekedése esetében nő.

Az azbesztcement szuszpenzió szűrhetősége — az ismert Poiseuille-féle egyenlet értelmében — a pórusátmérő 4. hatványával arányos, azaz az azbesztcement flokkulák aggregálódásakor kialakuló nagy pórusok méreteitől függ (*Berkovics és mások*, 1972). Ha a krizotil-azbeszt szálak elektrokinetikai potenciáljának abszolút értéke csökken, és ezért a szuszpenziókban gyorsul az elsődleges szerkezet kialakulása, ez a flokkulák, és következésképpen a közöttük levő pórusok méretének növekedéséhez vezet. A krizotil azbeszt elektrokinetikai potenciálja abszolút értékének különböző ionok adszorpciója útján való csökkentése (*Martinez*, 1964; 1966; *Naumann és Dresher*, 1968) javítja az azbeszt-cement szuszpenziók filtrációs tulajdonságait, különösen abban az esetben, ha a külső brucit rétegek a mállás következtében már részben elroncsolódtak. Teljesen hasonló jelenségeket észleltek a krizotil-azbeszt amfiból-azbeszttel való helyettesítésekor is (*Hodgson*, 1965).

Az azbeszt foszlatása és az azbeszttartalom növelése, azon keresztül, hogy csökkenti a nagy pórusokat eltömő szabad cement-szemcsék mennyiségét, szintén kedvezően hat a szuszpenziók szűrhetőségére (*Berney*, 1969).

A cementlekötő képesség és a filtrációs tulajdonságok javulását okozzák a koagulációt kiváltó felületaktív anyagok, elsősorban a poliakrilamid is (*Pogarszkaja, Szegalova és mások*, 1968).

Az azbesztcement szuszpenzió készítése során a portlandcement részben hidratálódik, így a szilárd fázisok felülete növekszik. A peptizációs egyúttartók értéke a szuszpenzió hőmérsékletének és a cement  $C_3A$  tartalmának növelésével nő.

A szűrt rétegek víztelenítése és tömörítése szoros összefüggésben van a nedvességlekötés energiájával. *Rebinder* szerint megkülönböztetünk fizikai-kémiai kötésű (adszorpciós), illetve fizikai-mechanikai kötésű (kapilláris) nedvességet. Az előbbinél a legerősebb a monomolekuláris réteg kötődése. Utóbbi a mikropórusokban ( $d < 10^{-5}$  cm) és a zárt pórusokban helyezkedik el, és a filtrációs folyamatokban, feltételezésünk szerint, nem vesz részt. Tenzitometrikus és radioaktív-filtrációs módszerekkel végzett kísérletekkel (*Berkovics és mások*, 1972) megállapították, hogy a részben roncsolódott brucit réteggel rendelkező azbeszt felhasználása, valamint az azbeszt foszlatása a nagyobb kötési energiájú és ezért a szűrt rétegek víztelenítésekor és tömörítésekor a legnehezebben eltávolítható nedvességtartalmat növeli. A felsorolt tényezők hasonló kihatással vannak a rétegek légmegtartó képességére is (*Sheldakov és Novak*, 1972). Az üzemi tapasztalatok, az előbbieken ismertetettekkel összhangban, meggyőzően bizonyítják, hogy az azbeszt foszlatása, a cement finomságának növelése, az amfiból-azbesztek, vagy a mállott brucitrétegű krizotil-azbesztek nagyobb mérvű felhasználása mind az azbesztcement víztelenítési és tömörítési folyamatainak a gyorsítását igényli, elsősorban a formázás során.

A nyers azbesztlemezek formázása (profilozása), valamint a frissen formázott féltermék (lemez, csó) alaktartása a formázást követő szilárdítási folyamat alatt olyan jellemzőktől függ, mint a húzószilárdság (lemezek), ill. nyomószilárdság (csövek), vagy a rugalmas-elasztikus és plasztikus deformációs képesség.

Az említett tulajdonságokat nagymértékben a szálak szerkezet kialakulásának foka és a szálak közötti kontaktusok szilárdsága határozza meg, ezek viszont a (hidraulikus osztályozással megállapított) száltartalomtól, az azbesztcement masszától, ill. az azbeszt foszlatásának

mértékétől, továbbá a cement finomságától függenek. A féltermék szilárdsági és rugalmas-elasztikus tulajdonságainak javítására bevált módszer a hosszúszerű azbeszt, különösen a krokidolit-azbeszt alkalmazása, valamint a nyerslemez megfelelő tömörítése, mely a részecskék közelítése és a kapilláris kontrakció (negatív kapilláris nyomás  $-2\sigma/r$  révén növeli az adhéziót. Egyes jelzések szerint (Ehrman, 1971) a technológiai víz hőmérsékletének (16—30 °C közötti) növelése szintén javítja a féltermék rugalmasságát. Rá kell mutatni azonban, hogy a víz bizonyos megengedett érték fölötti hőmérséklete, vagy nem kielégítő kémiai összetétele (pl. túl alacsony gipsz tartalom), csakúgy, mint a cement túlságosan finomra való őrlése, a hidratációt gyorsítva a szilárd, kristályos kontaktusok számának növekedéséhez, és ennek következtében a féltermék plaszticitásának csökkenéséhez vezethet.

A nyerslemez tömörítése, növelve a részben víztelenített rétegek adhézióját (többek között azáltal, hogy a vizet a részecskék érintkezési zónáiból kipréseljük), szintén plaszticitás-csökkentő hatású. Mindez szükségessé teszi a nyersanyagok diszperzitásának és előkészítési módjainak optimalizálását és ezen túlmenően — nagy görbültségű termékek előállításakor — a nyerslemez plasztifikálását is. Erre a célra megfelelő felületaktív anyagokat, például kalciumszulfo-lignátot, valamint gipsz-adagolást lehet alkalmazni.

Az azbesztcement termékek szilárdulását a cement hidratációja biztosítja, ami jellegzetesen heterogén (a cementszemcse-víz fázishatárokra lejáródó) folyamat. A hidratációs folyamat mechanizmusára vonatkozó elképzelésektől függetlenül bebizonyítottak tekinthető, hogy az egy- és több-ásványos cementszemcséket egy hidrát-képződményekből álló burok vonja be, melynek a víz és a hidrátképződmények molekuláival és ionjaival szemben tanúsított diffúziós átteresztőképessége határozza meg — elegendő mennyiségű víz jelenléte esetén a rendszerben — a hidratáció sebességét (Brunauer és Kantro, 1964; Berkovics, 1967; Tamás 1967).

A hidratáció folyamán a kalcium-hidroszilikátok fázisösszetétele (C/S; H/S) és mikroszerkezete lényegesen változik (Copeland és mások, 1967). Hasonló változások mennek végbe a  $C_3A$  és  $C_4AF$  hidratációs termékeinél is. Ennek következménye, hogy a hidratáció sebességében több periódust különböztethetünk meg. Gyakorlatilag egy rövid indukciós periódus után a hidratáció két fő szakaszra oszlik: az első gyors, a második a lassú hidratációé. A folyamat látszólagos sebességi állandója az első

szakaszban 10—15-ször nagyobb, mint a másodikban.

Az azbesztcement hidratációját és szilárdulását jelentősen gyorsítják a különböző elektrolit-adalékanyagok, elsősorban a gipsz, a  $CaCl_2$  stb. Ez a jelenség főként a  $C_3S$  és  $\beta-C_2S$  hidratációjának gyorsításával van összefüggésben (Balázs és Tamás, 1964) amit az vált ki, hogy az  $SO_4^{2-}$  ion behatol a tobermorit-szerű hidroszilikátok kristályrácsába, a  $CaCl_2$  esetében pedig igen erős kezdeti túltelítés lép fel, s ezáltal megnő a hidráthurkok diffúziós átteresztőképessége.

A hőmérséklet hatását a hidratációkinetikára az egyes szakaszokon belül az ismert Arrhenius-féle egyenlethez hasonló egyenletekkel lehet kifejezni; a hidratációs folyamat hőmérsékleti együtthatója az abszolút hőmérséklet növekedésével csökken.

Az azbesztcement hidratációs folyamata akkor gyorsítható, ha a rendszerben nem csak a hidratációhoz szükséges ( $W_h$ ), hanem a cementgél felületének ( $W_m$ ) és pórusainak kitöltéséhez ( $W_p$ ) elegendő mennyiségű víz van jelen.

Az azbesztcement hidratációját és szilárdulását gyorsító hatékony technológiai módszer az azbesztcement termékek kombinált hidrotermális kezelése (Berkovics, 1967).

Az azbeszt—cementkő fázishatárokon végbemenő folyamatok, a határretegek tulajdonságai és a tapadási szilárdságuk kérdéseit, nagy jelentőségük ellenére, mindmáig még nem tanulmányozták kellőképpen.

A szilárduló cement lúgos közegében a krizotil-azbeszt szálak részlegesen korrodálódnak (Berkovics, 1957; Szmirnov, 1962; Opoczky és Böcs, 1971), s a korrózió mértéke a hőmérséklet emelésével növekszik. Ez okból kifolyólag az autoklávus szilárdítás esetében a cementhez kevert őrölt kvarkhomok az azbesztcement szilárdságára kedvezőbb hatással van, mint a cementkő szilárdságára.

A szálas azbeszt helyettesítő anyagok megfelelő kémiai ellenállóképessége elengedhetetlen feltétele az azbesztcementgyártásban való felhasználásuknak (Volcsek és Lukoskina, 1965; Mach és Machová, 1972).

## I R O D A L O M

- [1] Balázs Gy.—Tamás F.: RILEM Symp. 1964, Moszkva.
- [2] Berkovics, T. M.: Autoklávolt aszbesztcement, Moszkva, 1957.
- [3] Berkovics, T. M.: Azbesztcement termékek kombinált hidrotermális kezelése, Moszkva, 1967.
- [4] Berkovics, T. M.—Lukoskina, L. A.—Dolinszkaja, E. S.—Zevin, L. S.—Gracseva, O. I.: Az azbeszt felhasználásának hatékonysága azbesztcement termékek gyártásánál, Moszkva, 1972.
- [5] Berney, I. I.: Az azbesztcement formázásának alapjai, Moszkva, 1969.

- [6] *Bryans, R. G.*—*Lincoln, B.*: Azbesztásványok fizikája és kémiája. 2nd Int. Conf. Brüsszel, 1971.
- [7] *Brunauer, S.*—*Kantro, D. L.*: Cementkémia, H. F. W. Taylor szerkesztésében, 1964.
- [8] *Chatterji, A. K.*—*Rabat, R. S.*: *Nature*, 1963. V. 198, No 4882.
- [9] *Copeland, L. E.*—*Chang, T. N.*—*Weise, C. H.*: *J. Portl. cem. Res. and Developm. Lab*, 1967, V. 9. No. 1 p. 6—74.
- [10] *Ehrman, V.*: *Stavivo*, 1971, V. 49. No. 11. p. 17—18.
- [11] *Gringaus, R. J.*: *Asbest*, 1935, No. 3—4, Moszkva.
- [12] *Hodgson, A. A.*: *Asbestos*, 1965, V. 46, No. 3—4, 1966., V. 48. No. 11.
- [13] *Mach, L.*—*Machová, H.*: *Stavivo*, 1972. V. 50, No. 1. p. 18—20.
- [14] *Martinez, E.*: *The Can. Mining and Metallurg. Bull.*, 1964. V. 57, p. 630; 1966. V. 69. p. 414—420.
- [15] *Naumann, A. W.*—*Dresher, W. H.*: *J. Coll. and Interface Sci.*, 1968, V. 27. No. 1. p. 133—140.
- [16] *Novak, J. G.*: 1953, U. S. Patent, No. 2626213.
- [17] *Opozcky, L.*—*Böcs A.*: Intern. Exh. „Strojmateriály-71”, Moszkva.
- [18] *Perlin, V. D.*: *Izv. Akad. Nauk. USSR*, 1971, No. 3.
- [19] *Pogarszkaja, T. J.*—*Szegulova, E. E.*—*Bruckusz, T. K.*—*Tulovszkaja, Z. D.*: *Zsurn. Prikl. Him.*, 1968, V. 41, No. 12, p. 2630—35.
- [20] *Rebinder, P. A.*: *Jubil. Szbornyik. Akad. Nauk USSR*, 1947, V. 1. Moszkva.
- [21] *Szavickij, E. E.*: *Trudü VNIISztrommas*, 1971, Vüp. 11, p. 27—47.
- [22] *Szmírnov, N. N.*: *Azbesztcementek petrográfiaja Moszkva*, 1962.
- [23] *Szokolov, P. N.*: *Azbesztcement technológia, Moszkva*, 1968.
- [24] *Zseldakov, Ju. N.*—*Novak, Ju. A.*: *Trudü NIIAzbesztcementa*, 1971, Vüp. 27.
- [25] *Tamás F.*: *Építőanyag*, 1967. V. 19. No. 4. p. 134—140.
- [26] *Volcsek, J. Z.*—*Lukoskina, L. A.*: *Ásványgyapot felhasználása az azbesztcement termékek gyártásánál, Moszkva*, 1965.

#### *Berkovics, T. M.*: Fázishatárok jelentősége az azbesztcement termékek technológiájában

Az azbesztcement termékek gyártásánál az összes fontos technológiai folyamat a fázishatárokon játszódik le. Az azbeszt feltárásának folyamata a szálak közötti anyag felületi energiájától, valamint a makro- és mikropórusok (különösen az ék alakúak) mennyiségétől függ. Az azbeszt feltárást kétféle megmunkálással, nedvesítéssel és felületaktív anyagok alkalmazásával lehet gyorsítani.

Az azbesztszálak közötti kohézió, továbbá a cementszemcsék és az azbesztszálak közötti adhézió, mely a komponensek diszperzitásától és elektrokinetikai potenciáljától függ, fontos szerepet játszik az azbesztcement szuszpenziók készítésénél és szűrésénél. A szűrő rétegek víztelenedése és tömörödése azok szerkezetétől függ; ez határozza meg a részecskéket felületén különböző kötési energiával megtartott víz, illetve levegő mennyiségét.

Az azbesztcement termékek szilárdulása jelentős mértékben függ a hidratáció kinetikájától mely egy rövid indukciós szakasz után heterogén-diffúziós jellegű. A hőmérséklet növelése a hidratációt legnagyobb mértékben az első fő szakaszban gyorsítja. A hidratáció gyorsításához és mértékének növeléséhez elegendő mennyiségű nedvességről kell gondoskodni, figyelembe véve a keletkező új hidráttermékek felületén lekötött vizet is.

#### *Беркович Т. М.*: Значение межфазовых границ в технологии асбестоцементных изделий

Все основные технологические процессы изготовления асбестоцементных изделий происходят на границах раздела фаз. Процесс распушки асбеста зависит от поверхностной энергии межфибрилярного вещества и количества макро- и микротрещин, особенно клиновидных. Интенсификация распушки достигается применением двухстадийной обработки, увлажнения и поверхностноактивных веществ. Аутогезия волокон ас-

беста и адгезия к ним зерен цемента, зависящая от дисперсности компонентов и их электрокинетического потенциала, играют важную роль в процессах приготовления асбестоцементных суспензий и их фильтрации.

Обезвоживание и уплотнение отфильтрованных слоев зависят от их структуры, определяющей содержание влаги с различной энергией связи, а также количество удержанного воздуха. Твердение асбестоцемента в значительной мере определяется кинетикой гидратации, которая, после краткого индукционного периода, носит гетерогенно-диффузионный характер. Под воздействием температуры гидратация в наибольшей степени интенсифицируется в первом основном периоде. Ускорение гидратации и повышение ее глубины достигаются при подводе достаточного количества влаги, с учетом связи ее поверхностью гидратных новообразований.

#### *Berkovics, T. M.*: Die Rolle der Phasengrenzen in der Asbest-Zement Technologie

Bei der Herstellung von Asbestzement Produkten spielen sich sämtliche wichtige technologische Prozesse an den Phasengrenzen ab. Der Aufschluß-Vorgang des Asbestes hängt von der Oberflächenenergie des Stoffes zwischen den Fasern, weiters von der Menge der Makro- und Mikroporen (besonders der keilförmigen) ab. Der Aufschluß des Asbestes kann mit zweistufiger Bearbeitung, Benetzung und Zugabe von oberflächenaktiven Stoffen beschleunigt werden.

Die Kohesion zwischen den Asbestfasern, weiters die Adhesion zwischen den Zementkörnern und den Asbestfasern, die von der Dispersität und dem elektrokinetischen Potential der Komponenten abhängig ist, spielt beim Herstellen und Filtrieren der Asbestzement-Suspensionen eine wichtige Rolle. Die Entwässerung und Verdichtung der filtrierten Schichten hängt von deren Struktur ab; diese bestimmt die Menge des auf der Oberfläche der Teilchen durch verschiedene Bindeenergie festgehaltenen Wassers bzw. der Luft.

Die Verfestigung der Asbestzement Produkte ist in bedeutendem Maße von der Kinetik der Hydratation abhängig, die nach kurzer Induktionsperiode Heterogen — Diffusionscharakter annimmt. Das Steigern der Temperatur beschleunigt die Hydratation in der ersten Hauptphase im größten Maße. Zur Beschleunigung und Steigerung des Maßes der Hydratation muß für genügende Feuchtigkeit Sorge getragen werden, auch das auf der Oberfläche der entstehenden neuen Hydratprodukte gebundene Wasser in Rücksicht nehmend.

#### *Berkovich, T. M.*: The Role of Phase Boundaries in Asbestos Cement Manufacture

All important technological processes of asbestos-cement manufacture take place on phase boundaries. The opening of asbestos depends on the surface energy of the interfibre material and on the amount of macro and micropores (primarily of the wedge-shaped ones). The opening rate of asbestos can be increased by a double-stage technology, wetting and the use of surface active agents.

Cohesion between asbestos fibres, further the adhesion between cement particles and asbestos fibres depend on the dispersity of the components and their electrokinetic potential. All these properties affect the preparation and filtration of asbestos-cement suspensions. De-watering and densification of the filtered layers depend on their structure, which on the other hand determine the amount of water and air, held by different bond energies on the surface of particles.

Hardening of asbestos-cement products depends on hydration kinetics to a high extent: the rate process is heterogeneous-diffusion controlled after a short induction period. Temperature increase increases hydration rate in the first main period to the highest extent.

To increase hydration rate a certain amount of moisture should be provided. When calculating the necessary moisture, the water bonded to the surface of new formations should be taken into consideration, too.

CEMENT—WAPNO—GIPS, Varsó, 1974. 2. sz.

ETO: 666.972.12:622.355

Przybyłek, A.—Nowakowski, A.: *A könnyű mészkőből előállított adalékanyag gazdasági elemzése.* 29—34. old.

A könnyűsúlyú mészkőből nyert természetes beton-adalékok gazdasági vizsgálatát végezték el. A vizsgálat eredménye azt mutatja, hogy a mesterséges könnyű adalékanyagoktól a minőség tekintetében ezek az adalékanyagok semmivel sem maradnak el; ugyanakkor az előbbieik ára jelentősen alacsonyabb. Az építőiparban idáig szerzett kedvező tapasztalatok alapján, a szerzők a mészköves adalékanyagok gyártásának beindítását javasolják, azokban a körzetekben, ahol nincsenek kavicslelőhelyek.

ETO: 621.359:666.94

Londzin, W.: *A cementipari elektrofilterek modernizációja.* 43—47. old.

A „Goleszów” cementgyár elektrofiltere felújításának problémáját tárgyalják. A modernizáció szükségessége az elavult és erősen porzó cementgyár további üzemeltetéséből fakad, amely Ustron-Wisla üdülő körzetben helyezkedik el. A forgókemencékhez és nyersanyag-száritókhoz csatlakozó elavult és alacsony hatásfokú elektrofilterek rekonstrukciójának terjedelmét és eszközeit közlik. A filterek modernizációja 1973-ban teljes sikerrel járt. A modernizált filterek műszaki paramétereit.

SZTEKLO, Moszkva, 1973. 1. sz.

ETO: 666.266.6

Rud', SZ. I.—Bondarov, K. T.: *Néhány üveg és szitáll szintézisének alapja a  $\text{SiO}_2$ — $\text{Al}_2\text{O}_3$ — $\text{CaO}$ — $\text{MgO}$ — $\text{Na}_2\text{O}$  rendszerben.* 44—52. old.

Sok kalciumot és kevés alkáliát tartalmazó építési üveg- és szitáll termékek gyártásához használt üvegek szintézisének az üvegformázás új módszereivel kapcsolatos alapjai. A  $\text{CaO}$ — $\text{SiO}_2$  rendszerben ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  adalékkal) új üvegösszetételeket szintetizáltak, melyek alkalmasak áttetsző, opalizáló, homályosított stb. üvegek gyártására. Kimutatták a szerkezet-homogenizátoroknak ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{Na}_2\text{O}$ ) az üveg likváló fokára gyakorolt hatását. Ismertetik az üvegek és szitállok szerkezeti mikroinhomogenitásának minőségi-mennyiségi kutatási eredményeit.

ETO: 666.11.01:539.32

Markovec, M. P.—Kuznecov, J. P.: *Szeretlen üveg és üvegekristályos anyagok rugalmassági modulusának meghatározása.* 67—69. old.

A Hortz-féle megoldás felhasználási lehetőségét kutatták gömbnek a síkfelületbe történő benyomódásánál, anyagok normál rugalmassági modulusának meghatározására. Ismertetik a kontakt módszerrel és a keresztirányú hajlítással előállított modulus értékeket; értékelik az alkalmazott módszereket. Megállapítás: a két módszerrel kapott eredmények gyakorlatilag azonosak; a kidolgozott módszer alkalmas üveg és üvegekristályos anyagok rugalmassági modulusának gyors meghatározására.

ETO: 663.1.053.65

Botvinkin, O. K.—Deniszenko, O. N.: *Az üveg szilárdságnövelése különböző fizikai-kémiai módszerrel* 77—81. old.

Ion-csere módszerrel, a felületi hibás rétegek HF-ban való oldásával és ezen módszerek kombinálásával táblaüveg próbatetek ütő- és hajlítoszilárdságát vizsgálták. Kimutatták, hogy ioncserés módszerrel az üveg ütőszilárdsága hatszorosra, a hajlítoszilárdság háromszorosra növekedett. A szilárdságnövelt próbatetek egyéb fizikai-tulajdonságai (fényáteresztőképesség, csiszolássalóság stb.)

ETO: 666.1.031.15

Zsivilo, I. G.—Pankova, N. A.: *Üvegolvadék derítési folyamatának intenzifikálása ultrahanggal.* 99—101. old.

Függőleges húzásra alkalmas üvegösszetétel derítési folyamatának gyorsítási lehetőségét tanulmányozták, a derítés gyorsítását ultrahang segítségével végezték. A szokásos üvegolvadékban levő buborék és az ultrahanggal kezelt közötti mennyiségi értékelés azt mutatta, hogy az ultrahangkezelésű olvadékokban növekszik a nagyméretű buborékok mennyisége, és az adott idejű ultrahang-határnak kitett üvegolvadék derítési folyamata 30—60%-kal meggyorsult.

SZTROITEL'NÜE MATERIALÜ, Moszkva, 1974. 4. sz.

ETO: 666.72:658.562

Szmolin, V. N.: *Üreges falazókerámia minőségjavítása.* 22—23. old.

Krasznopoljanszki agyag és dehidratált agyag stb. felhasználásával, 200-as minőségű, 36% (9 nagy rész) és 38% (sok üreg) üregterfogatú falazókerámiákat állítottak elő. A szabványos kerámia-massza kiinduló nyersanyagának előkészítési eredményeként kiváló termékminőséget értek el; modernizálták a présfejet, amely azonos nyomást biztosítva egyenletes sűrűségű masszát biztosított a keresztmetszetben. Összefüggés az optimális formázási nyomás és nedvességtartalom között. Néhány technológiai, szerkezeti sajátosság.

ETO: 666.965.2

Zubarev, P. D.—Larionov, M. T.: *Mészhomok-tégla előállításának erőművi pernye felhasználásával.* 26—27. old.

A „donbaszsz”-i erőművek pernyeinek kémiai és granulometriai összetétele; a pernye felhasználás technológiai sajátosságai. A formázási nedvesség az adagolt pernye mennyiségétől függ, 7—13% között változik, homogén nyerskeverék előállításához célszerű szárítani. Max. 30% pernye adagolása esetén javul a termékminőség (masszaplaszticitás, tömörség, struktúra stb.) és csökken az önköltség. 30%-nál nagyobb mennyiségű pernye felhasználása a téglában réteges szerkezet kialakulását idézi elő.

ETO: 666.91

Makarov, V. I.—Panin, A. I.: *Nagyszilárdságú gipsz gyártási módszere.* 29—30. old.

Eljárások a gipsz-kötőanyag tulajdonságainak javítására (pl. felületaktív-anyagok adagolása). A gor'kovi Cskalov intézetben kidolgozták a gipsz-szuszenzió többlépcsős, autoklávus megmunkálási módszerét, melyet ismertetnek. A gyártás megoldható egy autoklávban is, de jobb eredményeket kaptak a csővezetékekkel kapcsolódó, négy autoklávból álló berendezés felhasználásánál. Különböző adalékkal és adalék nélkül előállított gipsz főbb tulajdonságai.

# Konferencia hírek

## III. Műszaki Tudományos Durvakerámiai Konferencia, Lipcse, 1974. március 28—29.

A Német Szilikátipari Egyesület és a német durvakerámiai ipar vezetősége a konferenciát március 28—29-én Lipcsében rendezte meg. A konferencia célja az volt, hogy közvétegye azokat a legújabb eredményeket és tapasztalatokat, melyeket a durvakerámiai ipar a kutatás és fejlesztés, a belső szállítási folyamatok racionalizálása, a szárítás és égetés, valamint a gyártmányok minőségének javítása területén elért.

A konferencia 15 előadása német nyelven hangzott el. Ezek közül 12 előadást NDK-beli, kettőt lengyel, egyet pedig cseh szakember tartott meg. A konferencia hallgatói túlnyomórészt az NDK-ból kerültek ki; Lengyelország, Csehszlovákia és Magyarország kislétszámú delegációkat küldött.

*Krause* az NDK-ban kifejlesztett új kemencetípust, az ún. rövid alagút-kemence technológiai és konstrukciós problémáiról tartott előadást. A 6—8 millió kmte/év kapacitású, 49 m hosszú kemencétől 300 kcal/kg égetettáru fajlagos kalóriaafelhasználá-

st lást várnak. Az előmelegítő- és hűtőzónában a keresztmetszet különböző pontjai között fellépő hőmérséklet különbségeket egy suberrendszer segítségével, az égetőcsatorna keresztmetszetének helyi csökkentésével kb. 40 °C-ra csökkentik. A fejlesztés célja az volt, hogy az előregedett körkemencéket felváltó modern kemencetípust tervezzenek. Az első rövid alagútkemencét ez év májusában a Stregdai Téglyárban helyezték üzembe. *Smolski* a Lengyelországban kifejlesztett, túlhevített gőzzel (szárítóközeg-túlhevített gőz) üzemelő csatornaszárító műszaki problémáit tárgyalta. A gőzfeltárással 80—90 °C-ra előmelegített téglákat kb. 130 °C-os, 10 m/s sebességet elérő gőzel szárítják. A szárító kapacitása 30 millió kmte/év, fajlagos kalóriaafogyasztása 850 kcal/kg víz. Tömör téglánál 6 óra, üreges árunál 3 óra szárítási időt irányoztak elő. Az új szárítónak az ad különleges jelentőséget, hogy a szárításra érzékeny áruk gyorsszárítását is megoldja. *Sirhal* tájékoztatott a ritmikus szárítók üze-

melletése során szerzett tapasztalatokról. Mind a csenszlovák gyártmányu, mind a Nyugat-Európai importált rotomixerekkel üzemelő szárítók mérése azt bizonyította, hogy a ritmikus szárítókkal 1000 kcal/kg víz alatti fajlagos kalóriaafogyasztás és a korábbiaknál nagyobb szárítási sebességek érhetőek el. *Weise* az NDK által a prés és a kemence közti szállítási feladatok megoldására kifejlesztett L—500-as géprendszer üzemeltetésénél szerzett tapasztalatokról számolt be. Többek közt felhívta a figyelmet arra, hogy a géprendszer optimális teljesítőkepesseget a nagyformatumú (kb. 5-ös térfogatindexu) arurajtáknál éri el, a vákuum-elven működő fogóberendezés kifogástalan működéséhez pedig közelítőleg azonos plaszticitású (Pfefferkorn-szám: 1,3—1,4) masszúra van szükség. *Müller* ismertette azokat a berendezéseket (MSC, MSB, MSA), melyeket az NDK tervezői a falazótégla-egység-rakományok képzésére fejlesztettek ki. Érdekes előadásokat hallottunk még arról, milyen komplex módon befolyásolja a nyersanyag, a technológia és a vezetési munka a gyártott áru minőségét.

Az eredmények azt mutatják, hogy a viszonylag csekély fejlesztési alappal rendelkező durvakerámiai ipar is tud jelentős eredményeket elérni. Az alkalmazott kutatás egyre nagyobb szerepet játszik iparágunkban. Az előadásokban vázolt eredmények döntő többsége az iparági vezetésnek alárendelt durvakerámiai kutatóintézetek munkáján alapult. A konferencia résztvevői részére tartott fogadáson lehetőség nyílt arra, hogy a szakemberek között személyes kapcsolatok alakuljanak ki. Úgy éreztük, valamennyi magyar résztvevő számára hasznos ismereteket nyújtott a jól szervezett lipcsei szakmai találkozó.

Szerb József

A szerkesztésért felel:  
Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

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

Felelős kiadó:  
Siklósi Norbert

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

74.7., 2828 Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.  
F. v.: Povárny Jenő.

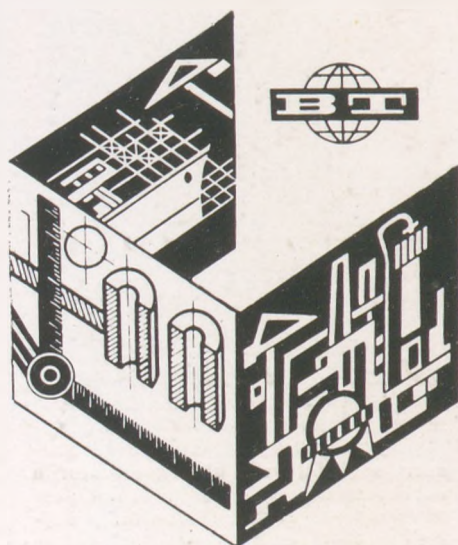
Megjelenik havonként

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

Index: 25 250

**VNYESTEHNKA**

SZOVJETUNIÓ MOSZKVA



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

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

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

**VNYESTEHNKA**

**ÖSSZ-SZÖVETSÉGI EGYESÜLÉS**

**Moszkva, Starokoniusshenny, 6.**