

302.935

# ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIPIARI  
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
FOLYÓIRATA*

9

*17. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1965. SZEPTEMBER*

## SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

A mész- és cementipar  
az üvegipar, a finom-  
kerámia-, a téгла-, csérép-  
és kőbányaipar tudományos  
szakirodalmi folyóirata

\*

Főszerkesztő:

Dr. Korach Mór

\*

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

\*

Szerkesztőbizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Kemény István

Dr. Knapp Oszkár

Lohner Ernő

Dr. Soltész Gáspár

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

\*

Szerkesztőség:

Budapest, V., Szabadság  
tér 17

Telefon: 124-438

\*

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

\*

Felelős kiadó:

Solt Sándor

Megjelenik havonként

Index: 25,250

## TARTALOMJEGYZÉK

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Molnár Pál: Korszerű tűzállóanyagok — korszerű kemencék .....                                          | 321 |
| Pawlowski, Stanislaw: Az alumíniumfoszfátok kötés-tulajdonságai .....                                  | 333 |
| Skalla, Norbert: Magas hőmérsékleten égetett tűzálló termékek ...                                      | 338 |
| Kilián József—Szepesi Károly: A cementhabarcs gyúrásának hatása, különös tekintettel a gőzölésre ..... | 339 |
| Lehmann, Hans: Tűzálló nyersanyagok és késztermékek újabb vizsgálati módszerei .....                   | 346 |
| Imre Lajos: Az Infravörös spektrofotometria legfontosabb elméleti és gyakorlati tudnivalói .....       | 353 |
| Bálint Pálné: Hazai szilikátásványok vizsgálata infravörös spektrofotometriával .....                  | 357 |

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Молнар, П.: Современные огнеупоры — современные печи .....                                                       | 321 |
| Павловски Станислав: Вещные свойства фосфатов алюминия с точки зрения огнеупорной керамики .....                 | 333 |
| Скала Норберт: Огнеупорные изделия, отжигаемые на высокой температуре .....                                      | 338 |
| Килиан Йозеф—Сепеш Карой: Влияние метода кручения на свойства цементного раствора при пропаривании .....         | 339 |
| Леманн, Х.: Новые методы испытаний сырья и огнеупорных материалов .....                                          | 346 |
| Имре Лайош: Наиболее важные теоретические и практические проблемы в области инфракрасной спектrophотометрии .... | 353 |
| Балинт Палне: Испытание отечественных силикатов с помощью инфракрасной спектrophотометрии .....                  | 357 |

## I N T E R N A T I O N A L

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Molnár, Pál: Zeitgemäße Feuerfeststoffe — Zeitgemäße Öfen ...                                                        | 321 |
| Pawlowski Stanislaw: Über einige Eigenschaften der Aluminiumphosphatbindung in der Feuerfesten Keramik .....         | 333 |
| Skalla, Norbert: Hochgebrannte feuerfeste Erzeugnisse .....                                                          | 338 |
| Kilián, József—Szepesi, Károly: Das Walken des Zementmörtels, mit besonderer Rücksicht auf die Dampfbehandlung ..... | 339 |
| Lehmann, Hans: Neuere Prüfmethode zur Untersuchung feuerfester Roh- und Werkstoffe .....                             | 346 |
| Imre, Lajos: Das Wesentlichste in der Theorie und Praxis der Spektrophotometrie .....                                | 353 |
| Frau Bálint, Gabriella: Untersuchung ungarländischer Silikatminerale mit Hilfe der Infrarot-Spektrophotometrie ..... | 357 |

## CONTENTS

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Molnár, Pál: Modern refractories — Modern .....                                                                     | 321 |
| Pawlowski, Stanislaw: Bond Properties of Aluminium Phosphates from the Point of Refractory Ceramics .....           | 333 |
| Skalla, Norbert: Refractories burned on high temperature .....                                                      | 338 |
| Kilián, József—Szepesi, Károly: The Effect of Cement Mortar Kneading with Special Regard to Steam Curing .....      | 339 |
| Lehmann, Hans: Up-to-date investigation of refractories and their raw materials .....                               | 346 |
| Imre, Lajos: Infrared Spectrophotometry: Theory and Practical Applications .....                                    | 353 |
| (Mrs.) Bálint, Gabriella: The investigation of some Hungarian Silicate Minerals by Infrared Spectrophotometry ..... | 357 |

# ÉPÍTŐANYAG

17. ÉVFOLYAM 9. SZÁM

## Korszerű tűzállóanyagok — korszerű kemencék\*

MOLNÁR PÁL okl. vegyészmérnök  
Magnezitipari Művek Budapest

### 1. Általános megjegyzések az ipari kemencék fejlődéséről

Korunk műszaki kultúrájának fejlődési üteme csak exponenciális görbével ábrázolható. Ugyan-  
ezt viszont nem mondhatjuk el az ipari kemencék  
fejlődéséről, pedig a legsokrétűbb célokra épített  
kemencék a műszaki kultúra elengedhetetlen és  
mással nem helyettesíthető „kellékei”.

A különféle célokra alkalmazott kemence-  
féleségek korszerűsítése alapvetően két tényezőn  
múlik:

1. egyre gazdaságosabb hőenergia termelés és  
hasznosítás, ugyanakkor egyre nagyobb üzemi  
hőmérséklet elérése.

2. A megváltoztatott üzemelési paraméterek  
követelményeinek megfelelőbb tulajdonságokkal  
rendelkező tűzállóanyagok előállítása.

E két tényező szoros összefüggésben van  
egymással. Hiába álmodnak meg kemenceterve-  
zők bármilyen célt szolgáló új konstrukciót, ha  
azt nem tudják tartalommal megtölteni — vagyis  
az új kemence megépítéséhez szükséges minőségű  
és tulajdonságú tűzállóanyagféleségek nem állnak  
rendelkezésre.

Elegendő csak egyetlen üzemi körülményt  
megváltoztatni a kemencével kapcsolatban, például  
a max. fűtési hőmérsékletet, vagy akár a fűtőanyag  
fajtáját (generátorgázról olajra való áttérés, il-  
letve olajról földgázra történő átállás) és a legtöbb  
esetben az addig alkalmazott tűzállóbélés tartósá-  
ga hirtelen leromlik, azt más minőségű kemen-  
cefalazatra kell kicserélni.

Az újabb követelményeknek megfelelő tűz-  
állóanyag előállítása és alkalmazása — összeegyez-  
tetve a gazdaságos termelés érdekével is — nem  
mindig könnyű feladat. Éppen ezért az ipari ke-  
mencék korszerűsítése lassúbb folyamat, mint  
például a szerszámgépek fejlesztése.

Mindehhez közrejátszik rendszerint az a körü-  
lmény is, hogy a termelő üzemekben a kemencékkel  
nem sokat törődnek. Általában a legszükségesebb

karbantartási munkákra is csak akkor kerül sor,  
amikor a kemencefal az összedőlés előtti állapotba  
jut. A kemence teljesítményének viszont minden  
esetben nagyobbnak kell lennie, mint azt a szer-  
kezeti és falazási megoldás megengedné.

A tűzállóanyag-szakembereknek további ne-  
hézséget okoz az, hogy a legritkább esetben van  
lehetőségük újabbfajta tűzállóanyaggal üzemi mé-  
retű beépítési kísérleteket folytatni. Meg kell  
elégedniük a laboratóriumi mérések adataival,  
esetleg olyan vizsgálatokat tudnak elvégezni,  
melyeknél többé-kevésbé utánozni tudják a vizs-  
gált tűzállóanyag üzemszerű igénybevételét. E  
szempont alapján alkottak és alkotnak újabb és  
újabb vizsgálati módszereket.

Bármilyen tűzállóanyag tulajdonságairól és  
tartósságáról a végső következtetéseket és véle-  
ményt azonban még ma is csak tartós üzemi igény-  
bevétel során tudjuk megalkotni.

A következőkben — a teljességre törekvés  
igénye nélkül — áttekintést adunk egyrészt az  
ún. „klasszikus” tűzállóanyagfajták terén anyagi  
összetétel, gyártási technológia, illetve forma tekinté-  
tében újabb eredményekről. Ehhez kapcsolódva  
a különféle iparágakban alkalmazott újabb kemen-  
cekonstrukciókat is ismertetjük. Vázlatosan utal-  
unk az üzemelési körülményekre, illetve követel-  
ményekre. Másrészt taglaljuk az újabb típusú hő-  
álló kerámiái termékek egyes fajtáit, valamint  
ezek alkalmazási területeire, követelményeire is  
utalunk. Befejezésül kitérünk a nukleáris ipar  
problémáira az eddig már használatos hő- és  
tűzállókerámiái termékekkel kapcsolatban és a  
várható további alkalmazásokra.

### 2. „Klasszikus” tűzállóanyagok

A hagyományos tűzállóanyagok tökéletesítése  
a bevezetőben elmondottakon kívül még abban  
az egyre jobban terjedő szemléletben is tükröződik,  
hogy a tűzállóanyag nem építőanyag. Ez azt je-  
lenti, hogy az egyes kemencefalazatok tervezésénél  
és építésénél kerülni kell a tűzállóanyag statikus  
igénybevételét is. Az önhordó kemencefalazatok-

\*VIII. Szilikátipari Konferencián elhangzott elő-  
adás.

ban bármilyen okból ébredő feszültség u.i. rendszert rontja a tűzállóanyag tartósságát. Ehhez hasonlóan a tehermentesített (például függesztett) tűzállófalazat romlását okozza a hőtágulási lehetőség nem elegendő nagysága, esetleg elhagyása.

Az egyre nagyobb üzemi hőmérsékletre törekvés során fokozottabban kiéleződik a sokrétű fizikai és kémiai korrózióval szembeni ellenállás problémája. Ilyen vonatkozásban minden hagyományos tűzállóanyag-fajtánál a nagy tömörségű, esetenként elektromos olvasztási-öntési eljárással előállított termékek kerültek előtérbe.

Más szempontok, mint például a gyors üzemközbeni ún. „megjavítás”, előregyártott falazatrészek segítségével történő „gépesített” kemenceépítés stb. szerint kialakított új formájú és összetételű tűzállótégla típusok is elterjedtek.

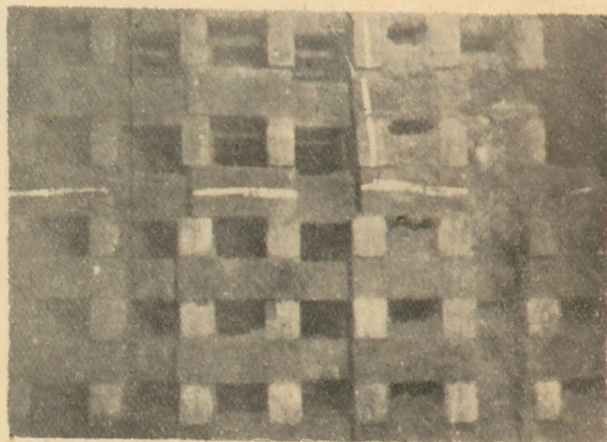
A „klasszikus”-nak is mondható tűzállóanyagok úgy is jellemezhetők, hogy azok különféle szilárd, cseppfolyós, esetleg légnemű többfázisú ásványi anyagok keverékéből állanak. Az egyes alkotók között a vegyi-, vagy hőkezelés hatására lejátszódó reakciók eredményeképpen szilárd-, vagy olvadékfázisban relatíve stabil összetételű amorf, vagy kristályos szerkezetű vegyületek képződnek. Ily módon alakulnak ki a tűzállóanyag sajátos tulajdonságai. Ezek a tulajdonságok sok esetben eltérőek a kiindulási anyagok ismérveitől. (E tűzállóanyagok újabb változatainak kívánunk a következőkben áttekintést nyújtani.)

Áttekintésünk kiterjed az égetett, vegyikötésű, ömlesztett bázikus, samott (vagy talán helyesebben „alumíniumszilikát”) szilika és hőszigetelő tűzállóanyagokra, valamint a vegyikötésű tűzálló betonokra.

## 2.1 Bázikus tűzállóanyagok

**2.1.1 Égetett termékek.** Ismeretes, hogy például SM-kemenceknél rendszerint a boltozat tartóssága határozza meg egy-egy kemenceperiódus (kampány) időtartamát. Elsőrendű törekvés tehát olyan boltozati téglatípus és boltozatkonstrukció kialakítása, mely tartósságnövekedést eredményez.

SM-kemencék építésénél — az olajtűzelésre való áttéréssel párhuzamosan — általánosan elter-



2. ábra. Kis szemcseméretű krómérc adalékos téglából épített SM-kemencerácsozott egy kemenceperiódus befejezése után

jedt a teljesen bázikus, égetett krómmagnezit, vagy magnezitkróm boltozat. Az üzemi hőmérséklet növelése, az oxigénezés alkalmazása következtében inkább a magnezitkróm típusú téglák váltak be. A bázikus téglák elhasználódását okozó infiltráció csökkentésére az újabban előállított téglafajták alapanyaga vasszegény, vagy például tengervízből nyert szintetikus sintermagnezit. Ilyen alapanyagokból gyártott téglák viszont csak nagyobb hőmérsékleten égethetők kellő — és minél nagyobb tömörségre.

A nagy tömörségű termék előállítását teszi lehetővé az is, hogy például a masszába finomabb szemcsenagyságú krómércet adagolnak. Nyilvánvaló, hogy a finomabb nyersanyagőrlemények keverékében — a nagyobb fajlagos felületeken — a szilárd fázisban bekövetkező ásványtársulások intenzívebben indulnak meg. Gyakorlati szempontból nézve például az égetett krómmagnezit vagy magnezitkróm téglák anyagába adagolt alban krómérc szemcseméretét, a Magnezitipari Művek Kutató Laboratóriumának vizsgálatai SM-kemencék regenerátor rács-tégláinak tartósságáról, érdekes eredménnyel zártak (1). Üzemi beépítések során 20% krómoxid tartalmú égetett magnezittégla rácsozathoz hasonlítva egyrészt 0—3,3 mm szemcseméretű, másrészt 0—1,8 mm szemcseméretű, azonos mennyiségű krómércet tartalmazó téglákat építettünk be 80 tonnás olaj + földgázfűtésű SM-kemence rácsozatába. A következő ábrák jól szemléltetik a kétféle szemcsézettel, de azonos mennyiségű krómércadalékkal készült téglákból egymás mellé épített rácsozat állapotát egy kemenceperiódus befejezése után.

E kísérletek eredményei eltérőek az irodalmi közlésektől. Így például F.TROJER laboratóriumi kísérletekkel azt állapította meg, hogy a kis fajlagos felületű, tehát viszonylag nagy szemcseméretű krómérc alkalmazása előnyösebb bázikus téglák előállításánál, mert ez esetben a bursting-hatás kisebb (2).

Az alban krómérccel végzett bursting vizsgálatainkból azonban kitűnik, és az üzemi tapasztalatok is igazolják, hogy lényegesen kisebb a rácsozatban levő téglák duzzadása, és az ezzel



1. ábra. Nagy szemcseméretű krómérc adalékos téglából épített SM-kemencerácsozat egy kemenceperiódus befejezése után

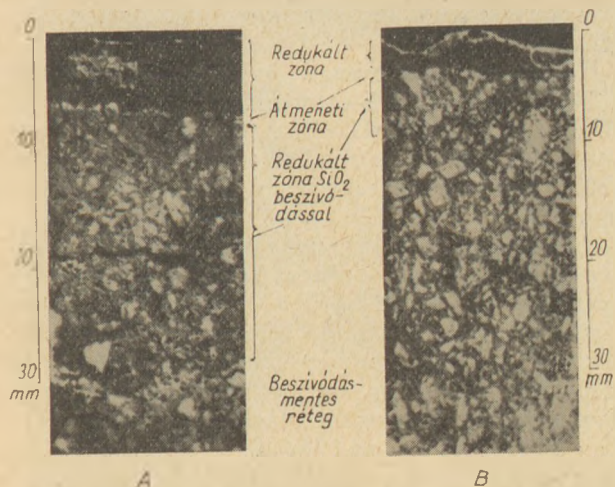
járó romboló hatás, ha a téglába adagolt krómérc szemcseméretét csökkentjük.

Vonatkozó kísérleteinket másik acélműben is megismételtük. Mindkét esetben a kis (0–1,8 mm) szemcseméretű magnézitkróm téglával értük el a legjobb tartósságot. A rácsozathoz beépített téglák 55–65%-a, letisztítás után újra beépíthetőnek bizonyult a következő kampányra. A további nagyüzemi kísérletek is ezt az eredményt adták.

Az égetett bázikus termékek elhasználódását nagymértékben csökkenteni lehet vasszegény sintermagnezit alapanyag használatával. Problémát okoz — a kellő tömörség elérése érdekében — a szokásos 1 600 °C körüli hőmérsékleten való égetés helyett feltétlenül szükséges 1 750–1 800 °C égetési hőmérséklet biztosítása. Ilyen hőmérsékleten égetett „fehér” bázikus téglák salakellenállóképesége (rendszerint csekély mennyiségű krómérc-adagolással előállítva) jóval nagyobb, mivel olvasztó, romboló hatású nehézfémoxidok eleve nincsenek jelen a téglák anyagában.

A SM acélgvártási eljárásnál az oxigénezés a tűzállófalazat, különösen a boltozat számára még fokozottabb igénybevételt jelent. A bázikus boltozati téglák elhasználódásánál két fő jelenséget kell figyelembe venni. Egyrészt a fűtési mód következtében a boltozat munkatérbeli felületén a nem teljesen elégett lánggal való érintkezés során kis mélységben a nehézfémoxidok részlegesen redukálódnak. A téglák porozitása ebben a felületi rétegben növekszik. Másrészt a forrásban levő olvadékból elpárolgó vas a kemence atmoszféra vasoxid tartalmát dúsítja. Ez az igen finom eloszlású, fluid vasoxid a láng kinetikai energiájától és világítókéességétől függően a boltozat fellazult felületi rétegébe diffundál. Oxigén adagolásánál ezek a folyamatok gyorsabban mennek végbe. Viszonylag kevés krómércadalékú, vasoxidban, kovásvanban szegény „fehér” sintermagnezit alapanyagú égetett boltozati téglák e folyamatoknak kiválóan ellenállnak. Hasonló módon tartósságnövekedést mutattak szovjet kísérletek során boltozathoz beépített, tömörre égetett „periklász-spinell” téglák (3).

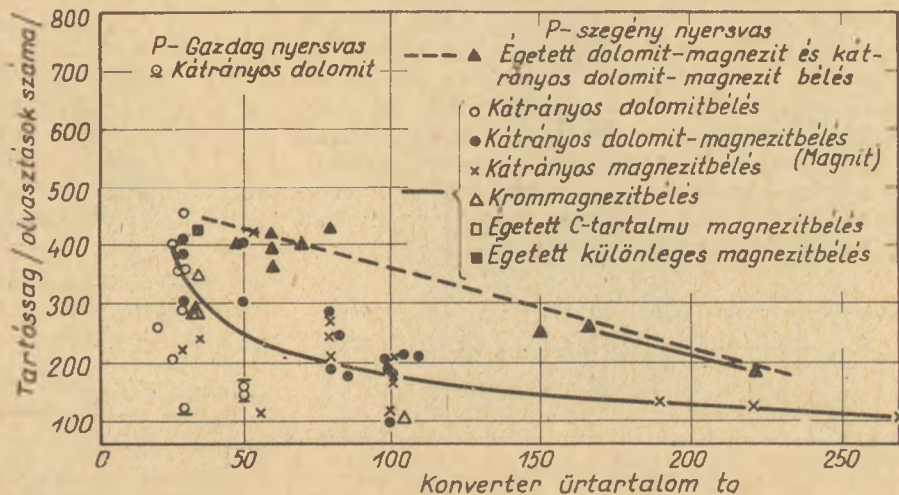
A legutóbbi évtizedben kifejlesztett új acélgvártási technológiák kemencéinél, mint a LD-,



3. ábra. Grafitizált és szénhordozóval nem kezelt égetett magnézittégla elhasználódása (G. Bouvier nyomán)

LDAC-konverterek, „KALDO”-kemencék, a tűzálló bélésanyagot a legnagyobb igénybevétel éri. Megfelelő tartósság elérése céljából számos újszerű tűzállóanyag-fajtát kísérleteztek ki. Különösen érdekes a Veitscher Magnesitwerke A.G. leobeni kutatóintézetében elért eredmény (4).

Az itt végzett kiterjedt kísérletek elsősorban tisztázták a különféle tűzálló bélésanyagok, mint például a kátránykötésű dolomit, a nagy tisztaságú égetett s vegyikötésű magnézit, stb. viselkedését az adott üzemi körülmények, vagyis a redukáló kemenceatmoszféra, az erős mechanikai és hőingadozási igénybevétel között. Az égetett bázikus téglák elhasználódási folyamatát oly módon változtatták meg, hogy alacsony krómérc adalékkal, vasszegény sintermagnezithől gyártott és jó hőingadozást tűró tulajdonságú téglák pórusait kiegészítés után folyékony szénhordozóval (kátránnyal) átítatva, karbonnal töltötték ki. Ezáltal a tűzálló bélés felfűtése során grafit kiválás következett be. Ez a kivált grafit a nagy nedvesedési határszögéből adódóan mintegy gátat emelt a nehézfémoxid olvadékoknak a téglák szöveteibe történő infiltrációjának. A „grafitizált” és kezelés nélküli azonos minőségű égetett magnézit téglák elhasználódása közötti különbséget jól demonstrál-



4. ábra. Különböző nagyságú oxigénkonverterek tűzálló bélésének tartóssági adatai (H. Müller és J. Schulz nyomán)

ja a kétféle téglá keresztmetszetének összehasonlítása.

Különböző nagyságú oxigénes konverterek különféle tűzálló bélésanyagainak tartóssága H. MÜLLER és J. SCHULZ adatai szerint, nagyon eltérő (5). Az ábra nyolcféle típusú konverter bélés tartósságának összehasonlítását teszi lehetővé.

Svédországban a Domnarvet-i acélmű KALDO-kemencéjénél a már említett „grafitizált” veitschi gyártmányú égetett bázikus béléssel 272 olvasztást elérő tartósság mutatkozott. Ez csupán kb. 6 kg/to acél tűzállóanyag felhasználást jelent (6). Megjegyzendő, hogy az első KALDO-kemencét Domnarvetben helyezték üzembe.

Az égetett bázikus termékek más felhasználási területein is vannak újabb eredmények: különleges gyártású égetett magnezit téglával falazott nagyobb méretű (3—15 to) indukciós olvasztókemencéknél 100 olvasztás feletti bélés-tartósságot értek el (7).

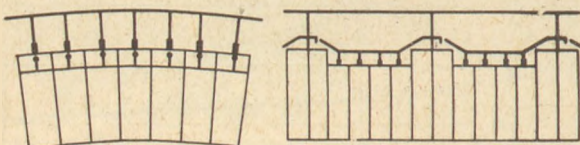
Fokozatosan terjed az égetett bázikus regenerátor rácszatok építése az üvegolvasztó kád-kemencéknél is, ámbar az üzemeltetés közben fellépő, főleg  $\text{SO}_3$ -okozta korrózió folyamata még nem teljesen felderített (8).

A nagyteljesítményű mészégető kemencék égetőzónájának bélésébe újabbban nagy tömörségű és szilárdságú (kopásálló) égetett magnezittéglát építenek. Ez a tűzálló bélés a mészégetés folyamatával járó, a betét és a kemencefalazat érintkezési felületén meginduló kontakt kémiai reakciók korróziós hatásának, az aknában mozgó anyag-tömeg eroziójának jobban ellenáll, mint a samott falazat. A samott falazat tartóssága többszörösének elérése mellett a maximális kemenceteljesítmény-fokozás is lehetséges (9).

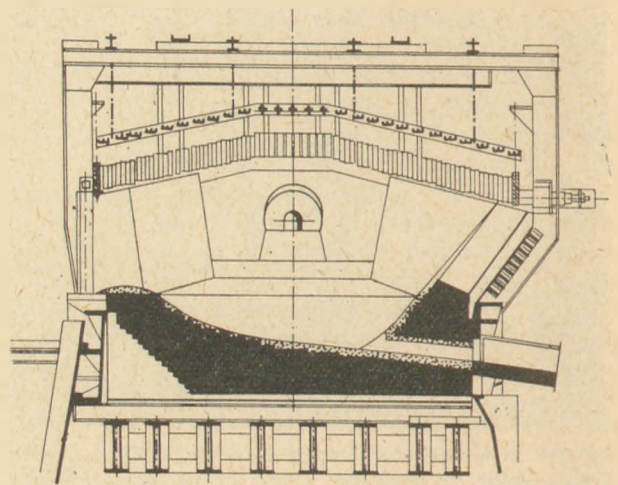
### 2.1.2 Vegyikötésű termékek

Az első vegyikötésű, lemezburkolatú bázikus tűzálló téglá megjelenése óta számtalan változatban gyártanak ilyen termékeket. Az is bizonyos, hogy ezek a termékek változatos újabb konstrukciók megalkotását tették lehetővé, például a SM-kemencék fejlesztése érdekében.

A „klasszikus” ún. „Hängestützgewölbe” mellett a részben vagy teljesen feszültségmentes, függesztett boltozatok építése széles körben elterjedt. A már említett, a tűzálló falazat mechanikai igénybevételének csökkentésére irányuló törekvés helyessége messzemenően megnyilvánult a boltozatfajták nagy tartósságnövekedésében. Az oxigénes acélgyártás mintegy követelményeként előállított ún. „compound” vegyikötésű téglák alkalmazása további előnyökkel jár.



5. ábra. 200 to. buktatható SM-kemence boltozata (Georgsmarienhütte)

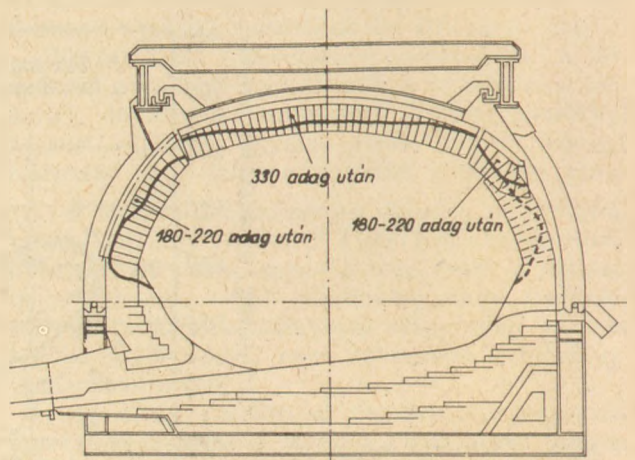


6. ábra. 125 to. SM-kemence függesztett „Robur” boltozata (Dunai Vasmű)

A vegyikötésű, lemezburkolatú bázikus boltozati tégláknál az égetetlen téglamassza térfogata a kerámiai kötésbe való átmenet állapotában csökken. Ezáltal a felületi réteg vasoxid-infiltráció okozta duzzadása kiegyenlítődik anélkül, hogy lerepedezésre sor kerülne.

A függesztett, feszültségmentes SM-kemence boltozat irányzatának kétféle konstrukciós megoldását mutatjuk be példaképpen. A következő ábrán vázolt boltozatot a nyugatnémet „Georgsmarienhütte” 200 to buktatható kemencéjén építették meg (10). Az ún. „Laschensteindecke”-t a csapolási oldalon rugókkal megtámasztották. Az ily módon elért előfeszítés megakadályozza a boltozat mozgását a kemence buktatása közben. Egyúttal az előfeszítés bizonyos mértékben hátráltatja a monolit összeült boltozati téglák infiltrált rétegének leválását.

Magyar konstrukciós megoldás például a Dunai Vasmű 125 to álló SM-kemencéjének ugyancsak teljesen függesztett boltozata. Ez a boltozat-típus a már korábbi közleményben ismertetett compound „Robur”-téglá felhasználásával épül (11, 12). Alapelv ennél a teljes feszültségmentesség, melynek elérését a trapézalakú boltozati „ív” kialakítás is elősegíti.



7. ábra. 200 to. Maerz-Bohlens kemence falazatának elhasználódása (Wakayama-Művek, Japán)

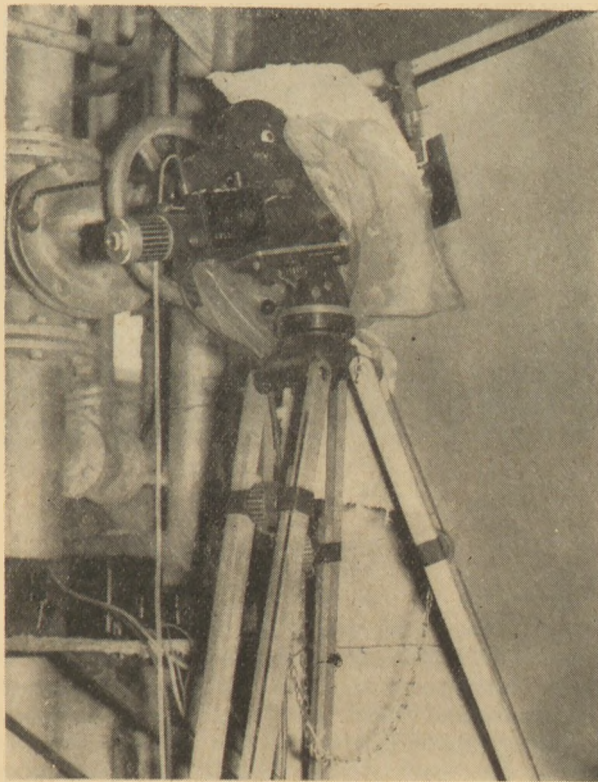
Új utat jelent a SM-kemencék építésénél a MAERZ—BOEHLERS konstrukció, melynél teljes mértékben érvényesíthető az egyes falazatrészek előregyártott elemekből való gépesített összeszerelése. További előnye ennek a megoldásnak a viszonylag kevés fajta Ferroclay-típusú idom, melyek a kemence felső és alsó részében egyaránt beépíthetők, valamint az egyenletesebb tűzállóanyag-elhasználódás a boltozatban és a többi falazatrészben (13), amint ez a bemutatott ábrán látható.

Megfigyeléseink és előzetes vizsgálataink alapján itt kívánjuk jelteni azt, hogy az égetett téglából épített önhordó SM-kemence boltozatok és a teljesen függesztett, vegyikötésű téglából épített boltozatok kopási folyamatának végbemenése között okkal feltételezhető lényeges eltérés. Ismeretes, hogy egy SM-kemence boltozat felületén üzemből végbemenő változásokat észlelni nagyon nehéz. A boltozatok munkatért határoló felületén üzemből lezajló folyamatok rögzítésére időzsugorító „Zeitraffer” filmfelvételek segítségével berendezést és módszert dolgoztunk ki. A következő ábrán egy SM-kemence végfalánál elhelyezett felvételgépet mutatunk be. A teleobjektív kamera a végfalán létesített víz-, valamint levegőhűtésű kémlelőnyíláson keresztül a boltozat felületének kb. 0,5—1,0 m<sup>2</sup> nagyságú azonos szakaszát fényképezi le filmszalagra, előre meghatározott időközönként. Az egy kemence periódus időtartama alatt így módon készített felvételek folyamatos vetítésének kell megmutatnia a boltozat felületén történő változásokat. Kísérleteink még folyamatban vannak. Néhány technikai részletproblémát még nem sikerült kielégítően megoldanunk, melyek a nagyhőmérsékletű felületeknek mostoha körülmények közötti fényképezésének együjtjárói. Remélhetően azonban a legközelebbi konferencia igen tisztelt hallgatósága előtt is levetíthető film bemutatásával számolhatunk be ilyen irányú vizsgálatainkról.

### 2.1.3 Elektromos úton ömlesztett bázikus termékek és vegyikötésű betonok

Az elektromos úton olvasztott bázikus termékeket újabban egyre gyakrabban használják a kohászati kemencék tűzálló falazatában. Ilyen anyag például a „Corhart 104”, melynek alapanyaga magnéziumoxid és kromit, valamint minimális részarányú kvarc, olivines állapotban, vagy a konverterek béléseként legújában alkalmazott megömlesztett nagy tisztaságú magnezit.

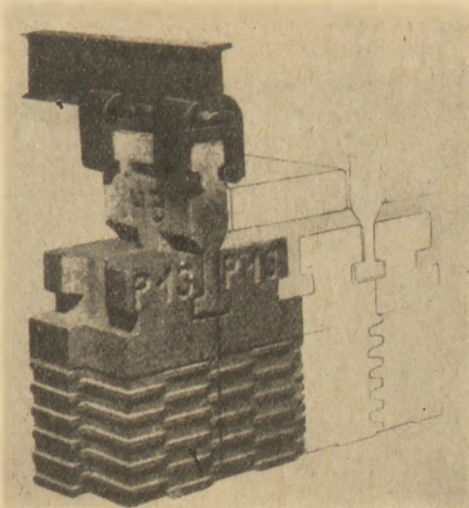
Az elektromos úton megolvasztott bázikus termékeket a SM-kemencék alsó és hátsó falában, pilléreiben, boltozatokban (főként más, már említett égetett, vagy vegyikötésű termékekkel párhuzamosan), továbbá az elektromos ivfénykemencék bélésénél igen előnyösen hasznosítják. Az ömlesztett kövek az elektromos kemencék bélésénél kiegyenlítik a fázisok kiegyensúlyozatlansága következtében szabálytalan belésselhasználódást. (14, 15). LD konverterek kiöntő csőrének megerősítésére kátrányos dolomit helyett újabban a



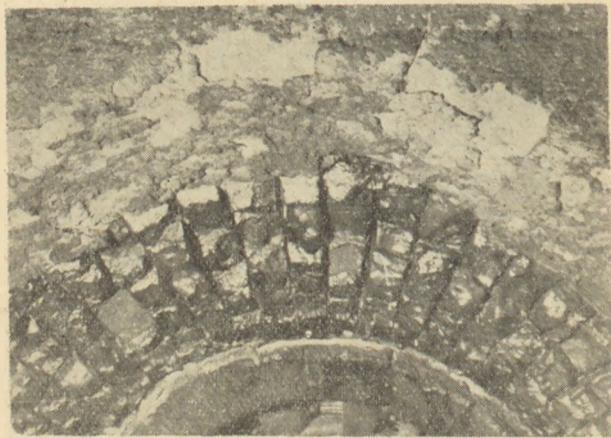
8. ábra. Filmfelvétel-gépelrendezés SM-kemence boltozatának üzemből megfigyelésére

„Corhart-104”-et használják, mely az acélnek a konverterből való kilövését is korlátozza.

Vegyikötésű bázikus tűzálló betonok előállítása párhuzamosan fejlődött ki a különféle vegyikötésű bázikus téglatípusok kialakításával. Ezeknek a betonoknak egyrészt monolitós tűzállófalazat előállításánál, kemencék üzemből melegjavításánál van igen nagy szerepük. Ezek a javítások történhetnek be-, vagy rádöngöléssel, sűrített levegővel való ráfúvással (torkret-eljárás). Betonok segítségével nagyméretű és bonyolult alakú előregyártott kemencefalazat-részeket lehet készíteni, vagy a helyszínen zsaluzás segítségével döngölni (16).



9. ábra. Peters—Detrick rendszerű függesztett alumínium-szilikát boltozat



10. ábra. Olajtüzelésű kazán samottfalazata három hónapos üzemeltetés után

## 2.2. Alumíniumszilikát tűzállóanyagok

### 2.2.1 Samott és nagy $Al_2O_3$ tartalmú termékek:

Az alumíniumszilikát tűzállóanyagokkal szemben támasztott újabb követelmények jól érzékelhetők például a nagyolvasztók üzemelési körülményeinek elemzése során. Ezek a következők: Az elegyben az ére tömörítvények arányát növelik, ez az üzem közbeni hőmérséklet emelkedését, de ugyanakkor az elegybe bekerülő és a tűzálló falazatra ártalmas fémes tisztátalanságok (cink, ólom, alkáliák) mennyisége növekedését is okozza. Az olaj- és földgáz befűvés egyre jelentősebb növekedése és ez által bevitt nagyobb szénhidrogén mennyiség a samott (alumíniumszilikát) kohóbélés bomlását segíti elő.

E problémák megoldására ez idő szerint főleg nagy alumíniumoxid tartalmú termékeket keresnek: korund-, szillimanit-, korund + szillimanit keverékből álló, kianit- és andaluzit-, gibbszit-, diasztor- vagy böhmit-téglákat, szintetikus mullit termékeket. Ezekben a tűzállóanyagokban igen csekély mennyiségű az üvegházis, tehát erősen tűzállóak, viselkedésük alakváltozás és terhelés alatti lágyulás szempontjából megfelelőbb.

Annak érdekében, hogy az előzőekben felsorolt termékek a szénmonoxidnak jobban ellenálljanak, permeabilitásukat csökkenteni kell. Ez megakadályozza a szénmonoxid diffúzióját. Ezenkívül



11. ábra. Olajtüzelésű kazán foszfátkötésű korundbeton falazata hat hónapos üzemeltetés után

arról is gondoskodni kell, hogy a CO bomlását előidéző különféle másodlagos katalizátorok csak igen kis mennyiségben legyenek jelen. Mindez teljes tömörségű, vagy csak igen csekély porozitású termékeket követel (17).

A nagyolvasztó léghevítőinél az átáramló levegő hőmérséklete egyre inkább emelkedik, tehát a léghevítő tűzálló építőanyagainak egyre fokozottabb ellenállást kell tanúsítaniuk a nagyobb hőmérséklet okozta alakváltozással szemben. Egyúttal az a követelmény is felmerül, hogy hőkapacitásuk, vagyis sűrűségük nagy legyen.

A közeli jövőben a léghevítő rácsozatnak magas alumíniumoxid tartalmú vagy összetett termékekből (szilíciumkarbid + szilika) való építése várható. Az sem lehetetlen, hogy a léghevítők alapelvét teljesen módosítsák, és a rácsozatot egymásra rakott, zsugorított alumíniumoxid golyókból fogják építeni (18, 19, 20).

A koksizáló kemencék falazatában rendszerezített csekély alumíniumoxid tartalmú és nagy-tömörségű szilika téglák helyett is egyre inkább nagy, 90—99%  $Al_2O_3$  tartalmú téglákat alkalmaznak, mivel ezek hővezető képessége sokkal nagyobb (21, 22, 23).

### 2.2.2 Elektromos úton olvasztott termékek:

Különösen az üvegipari kemencékben az olvasztótér bélésére használják a teljesen tömör, nagy  $Al_2O_3$  tartalmú, elektromos úton olvasztott-öntött anyagokat. Ilyen például a „Corhart-Standard”, mely nem egyéb, mint mullit tartalmú, elektromos úton olvasztott, vasszegény bauxit. A „Magmalox” ennek tökéletesített típusa, vagy a „Monofrax”, mely tiszta alfa és béta alumínium-oxid kristályokból áll. A Szovjetunióban hasonló terméket „Bakor-33” elnevezéssel gyártanak (24, 25, 26.)

### 2.2.3 Alumíniumszilikát vegyikötésű tűzálló betonok:

Amint azt a bázikus tűzállóanyagokkal kapcsolatban már megemlítettük, a betonok használata bizonyos előnyökkel jár, alkalmazhatjuk az alumíniumszilikát bázisú, kémiai kötésű betonokra és döngölőmasszákra is.

Igy például hőerőművek kazánjainál általánosan elterjed az olajtüzelés. Különösen nagy nyomású égőkkel felszerelt kazánok előzetesen jó tartósságot mutató égetett samott-tégla bélése az olajtüzelés következtében rohamosan tönkremegy. Saját üzemi méretű kísérleteink eredményei azt mutatják, hogy például foszfát kötésű korundbeton használatával döngölt kazánfalazattal a samotthoz képest legalább kétszeres élettartamot lehet elérni (27). Ezzel kapcsolatban bemutatott két felvétel olajtüzelés következtében tönkrement samott kazánfalazat jellegzetes képét, valamint ugyanilyen körülmények között üzemeltetett döngölt korundbeton falazatot mutat be.

Alumíniumszilikát alapanyagú, vegyikötésű betonok természetesen ugyancsak bedolgozhatók torkret eljárással is.

### 2.3 Hőszigetelő tűzállóanyagok

A hőszigetelő tűzállóanyagok általában könnyített termékek. A porózus anyagszerkezetet kiegészítő anyagok hozzákeverésével érik el, vagy gázáramlással diszpergált tűzálló masszákat zsugorítanak.

Újabban habosító vegyi anyagokat is kevernek égetett, vagy vegyikötésű termékbe (28, 29, 30, 31, 32).

A kohászati üzemek kemencéinél a nagy hőmérsékletű falazatok hőszigetelésére jó eredménytel alkalmaznak kordieritből, vermikulitból, gioberitből, ásványi gyapotból, perlitből, előállított blokkokat (33, 34, 35).

## 3. Új típusú hőálló kerámiai anyagok

### 3.1 Oxidkerámiai hőálló termékek

Oxidkerámiai anyagokon régebben a nagytisztaságú oxidból készült különféle termékeket értették. Ez a meghatározás túlhaladottá vált, hiszen ma már 100 000 tonna számra készülnek 96–98%  $MgO$ , vagy 98–99%  $Al_2O_3$  tartalmú kemence falazó téglák és idomok. Jelenleg oxidkerámiai termékeken a különféle tűzálló fémoxidokból finomkerámiai gyártási eljárásokkal előállított, főképpen kisméretű, vagy különleges formájú termékeket értünk.

Meg kell jegyezni, hogy a tűzálló oxid termékek egyre nagyobb részét zsugorítás útján készítik (36).

E technológia alkalmazása során a szemcse-nagyság ugyanolyan fontos szerepet játszik, mint a sajtolási nyomás és a zsugorítási hőmérséklet. Miután a hagyományos vagy izóstatikus préselés a fémoxid szemcséket erősen egymáshoz szorítja, a félterméket pedig erősen felhevítik, többnyire olvadási hőmérsékletük 80%-áig, ezzel a technológiával olyan termékeket lehet előállítani, amelyeknek sűrűsége megközelíti az elméletileg lehetséges sűrűséget.

Bőséges szakirodalom tárgyalja az összes ionikus és fémes struktúrák alkalmasságát annak szemszögéből vizsgálva, hogy azok a szemcsék közötti hézagoknál milyen mértékben szilárdulnak meg öndiffúzió útján (37, 38, 39, 40).

**3.1.1 Monoxidok;** A tiszta fémoxid termékek előállítása az anyagoknak általánosan ismert és könnyen hozzáférhető csoportján kezdődtek, mint például az alumíniumoxid, magnéziumoxid, beriliumoxid, vagy a cirkonoxid. Ez a terület nagy gyorsasággal bővül, és ma már a ritka fém-, valamint a rádióaktív oxidokat is felöleli, mint amilyen a hafniumoxid, a toriumoxid, az urániumoxid és a spinellek csoportjának bizonyos vegyületei (ferritek).

Mindezen oxidok tűzállósága, vegyi és mechanikai ellenállóképessége jó, sűrűségük viszonylag csekély. Ennek következtében törekenyek és nehezen lehet őket megmunkálni. A különféle monoxidoknak alkalmazási területe a korszerű ipar legváltozatosabb ágaira kiterjedt. Ömlesztett szilíciumoxidból készítik például egyes szuperszónikus repülőgépek szárnyának belépő éleit (41). A szilíciumoxid ilyen állapotban hőhatásra gyakorlatilag nem tágul, ezért az alkatrészeket hőlökésekkel szemben rendkívül ellenállóvá teszi. Ugyancsak kvarciüveget használtak egyes rakéták fűvókáin, és az úrkutatás szerkezeteinek a légkörbe való visszatérését biztosító burkolatok anyagaként (42, 43). Így ezeket a szerkezeti elemeket néhány másodperc időtartamra 2700 °C-ig emelkedő hőmérsékletnek lehetett alávetni.



12. ábra. Olajtüzelésű kazán foszfátkötésű korundbeton falazata 6 hónapos üzemeltetés után

A polikristályos zsugorított alumíniumoxidban gyakorlatilag semmiféle pórus nincs, és deformálódás nélkül kibírja az 1980 °C-os hőmérsékletet is. A zsugorított alumíniumoxid kerámiai termékek fontos felhasználási területe például a nagytisztaságú fémek és ötvözetek olvasztására szolgáló téglák előállítása. De ugyanakkor alumíniumoxid kerámiát használnak nagy hőmérsékletnek kitett szelepek borító anyagaként, vagy klisztron-ablakként, illetve más olyan nagyfrekvenciás berendezésekhez, amelyekhez semmiféle porózus terméket alkalmazni nem lehet. Csak emlékeztetőül megemlítjük, hogy a laser-gyártásnál is alumíniumoxid monokristályt használnak.

A  $MgO$  hőtágulása meglehetősen jelentős mértékű, ezért hőlökésekkel szemben nemigen ellenálló, jó hővezető tulajdonsága mellett. A tiszta, zsugorított magnéziumoxid bázikus jellege miatt sokkal jobban ellenáll olvasztott bázikus termékeknek, mint például ólomsó olvadákoknak, mint az  $Al_2O_3$ . Nagy hőmérsékleten zsugorított  $MgO$  nem érzékeny nedvesség hatására. Ebben viselkedése eltér például a  $CaO$ -tól. Rendkívül tiszta fémek, nevezetesen szennyezetlen urán és thórium, valamint vas- és vasötvözetek olvasztása céljára  $MgO$ -ból készült téglák alkalmasabbak más anyagokból előállított tégláknál (44, 45). A  $MgO$  olvadáspontja igen nagy (2800 °C) és az erősen bezsugorított rövid időtartamra 2400 °C-ig is fel lehet hevíteni. A nagytisztaságú magnéziumoxid még nagyobb hőmérsékleten is jó elektromos szigetelő.

Itt említjük meg, hogy hazai vonatkozásban a Magnezitipari Műveknél gyártanak nagyobb mennyiségben hasonló típusú oxidkerámiai termékeket, főleg mullit, mullit + korund és korund alpanyagokból, részben minimális agyagkötéssel.

Itt említjük meg, hogy hazai vonatkozásban a Magnezitipari Műveknél gyártanak nagyobb mennyiségben hasonló típusú oxidkerámiai termékeket, főleg mullit, mullit + korund és korund alpanyagokból, részben minimális agyagkötéssel.

Teljesen tiszta  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{MgO}$  termékeket eddig csak kísérleti szériákban állítottak elő (36). E kísérletek során kiderült, hogy a termékek minősége szempontjából döntő az anyagelőkészítés jellege. Alumíniumoxidnál sikerült megoldani a korund alapanyag alkálimentesítését, valamint plasztifikálását. Ez utóbbi nagy tisztaságú  $\text{Al}_2\text{O}_3$  esetében különösen nehéz kérdés, mert kizárólag organikus plasztifikátorok alkalmazhatók. Meg lehet állapítani, hogy a jelen időszak követelményeinek megfelelő minőségű és mennyiségű oxidkerámiai termékeket gyártanak a magyar tűzállóanyagiparban, legalább is a hazai követelményeket és igényeket tekintve.

Ezek az általánosan elterjedt fémoxidféleségeken kívül más oxidokból is előállítanak hőálló kerámiai termékeket. A stabilizált, tiszta  $\text{ZrO}_2$ -ből előállított téglékben lehet például a rendkívül agresszív tulajdonságú fém titánt olvasztani. A zsugorított cirkonoxid alacsony hőmérsékleten félvezető, nagyobb hőmérsékleten jó elektromos vezetővé válik. A  $\text{ZrO}_2$ -ből készült fűtőellenállásokat  $2300^\circ\text{C}$ -ig terjedő hevítésekig lehet felhasználni kemencékben, védőgáz nélkül.

Az uránoxid hőlökésekkel szembeni ellenállóképessége nem nagy. Ezért felhasználásánál max. 20%  $\text{BeO}$ -ot kevernek hozzá,  $1600^\circ\text{C}$ -on zsugorítják. Így olyan elegykristályos anyagot lehet előállítani, melynek hővezető képessége a tiszta uránoxidhoz képest kétszeres.

A  $\text{BeO}$  hővezetőképessége messze meghaladja az összes kerámiai termékek, sőt még számos fém hővezetőképességét is. Elektromos vezetőképessége viszont kisebb, mint a legtöbb kerámiai szigetelő, pedig általában ez a két sajátság egymással arányos szokott lenni. A zsugorított  $\text{BeO}$ -ot e tulajdonságai alapján jól lehet hasznosítani rakétamotorokban (46).

Védőgázatmoszférában a zsugorított  $\text{BeO}$ -ból készített tégléket kiterjedten használják nagy tisztaságú fémek, különösen urán átoltatásánál (47). A  $\text{BeO}$ -ból igen bonyolult alakú tárgyakat lehet formázni, hideg, meleg vagy izostatikus sajtolással, extrudálással és iszap alakjában való öntéssel.

A tóriumoxid  $3300^\circ\text{C}$  hőmérsékleten olvad. Ennél nagyobb olvadáspontja csak a szénnek és a wolframnak van, és néhány vegyületnek, mint például a cirkonkarbid és a tantálkarbid. A zsugorított tóriumoxid az egyedüli kerámiai anyag, melyből készült téglékben a fém tóriumot szennyeződés nélkül meg lehet olvasztani. Hátrányos tulajdonsága az, hogy hőtágulási együtthatója nagy, hővezető képessége kicsi. Ennek következtében a hőlökésekkel szemben rendkívül érzékeny (37). Technológiai szempontból a  $\text{ThO}_2$  zsugorítási hőmérsékletét le lehet szállítani, ha 1%-nál nem nagyobb mennyiségű  $\text{CaO}$ -t, vagy  $\text{CaF}_2$ -t teszünk hozzá. Bezsugorodása egyébként csak igen lassan megy végbe.

Megemlítjük még, hogy különféle ritka föld-fémoxidok felhasználását is tanulmányozták hőálló kerámiai termékek előállítására. Gazdasági megfontolásokból eredően e kerámiai termékek fejlesztésének tanulmányozása lantanoxiddal tör-

ténik, mert ez a legolcsóbb ritka föld-fémoxid, kémiaiilag leginkább hasonlít a gadoliniumoxidhoz, mely a későbbiek során a tényleges felhasználásoknál a helyébe fog lépni (48).

Tanulmányozták ezenkívül olvasztótégelyek gyártására cériumoxid zsugorítását, lantan-, neodim- és yttriumoxid elgőzölgötetésével (49).

**3.1.2 Vegyes oxidok.** Az utóbbi évek folyamán főleg nukleáris berendezések szerkezeti anyagaként való felhasználásra nagyobb fajsúlyú, gamma sugarakat befogó különféle ólomoxidokat cirkonoxiddal keverve zsugorítottak. Ily módon megfelelő tömörségű terméket nyertek, melynek mechanikus ellenállása kielégítő (50).

Tanulmányozták a diszpróziумoxid és a cérium-, urán-, nióbium-, valamint cirkonoxid keverékéből előállított vegyes hőálló kerámiai termékeket (51). Ugyancsak vizsgálatokat folytattak az alumíniumoxid és berilliumoxid szintézisével előállított krizoberill hőálló tulajdonságaival kapcsolatban (52).

Ezeket a vegyes oxidokból álló hőálló kerámiákat elsősorban a ritka és nagy tisztaságú fémek olvasztásához szükséges téglék előállítására alkalmazzák.

### 3.2 Különleges összetételű hőálló kerámiai termékek

**3.2.1 Cermetek.** Az a törekvés, hogy a fémek nyújthatóságát és hőlökésekkel szembeni ellenállóképességét párosítsák a hőálló kerámiai anyagok előnyös tulajdonságaival, az ún. cermetek előállításához vezetett.

A cermetek olyan heterogén vegyületek, amelyek egy fémes fázisból és legalább egy kerámiai fázisból állanak. Kerámiai fázisként kezdetben valamilyen hőálló fémoxidot, újabban különféle karbidokat, nitrideket, szilicideket és boridokat használnak.

Ezek előállításánál sokféle formázási eljárást alkalmazhatunk, ilyen az öntés, extrudálás, hidegen történő sajtolás, melyet égetés vagy nyomás alatt végzett zsugorítás követ.

A cermetek bezsugorítása azon alapszik, hogy a kerámiai fázis és a fém érintkezésénél eutektikumok keletkeznek.

Másfajta cermet-gyártási eljárások például a következők:

— kerámiai réteg alkalmazása fémre, pisztolyos szórással,

— olvasztott fém és kerámia szórása felváltva gyorsan forgó korongra. Ezután ezeket a rétegeket összenyomják (53).

Turbóreaktorok lapátainak előállításához leggyakrabban melegen sajtolat titán és nikkel-, króm és nikkel-, valamint molibdén alapanyagú cermeket alkalmaznak (54, 55).

Ha a fémes fázis mennyisége meghaladja a 65%-ot, a cermet normális fémekhez hasonlóan megmunkálható. — Ha fémes fázis kevesebb, mint 50%, szikraforgácsolással, vagy gyémántos szerzőkkel munkálható meg.

Úgynevezett „lépcsős” cermetek előállítása is ismeretes. Ezek olyan alkatrészek, amelyeknek

egyik vége tiszta fémből áll, majd hőálló kerámia tartalmuk állandóan növekszik, míg végül az alkatrész másik végén csak tiszta hőálló kerámiai anyag van. Ezeket a termékeket rakéták és egyéb űrszerkezetek kúp alakú orrának kialakítására használják.

**3.2.2 Karbidok, szilicidek, boridok.** Ezen anyagok zsugorítási eljárásai rendkívül hasonlóságot mutatnak a fémek zsugorításához. Egyébként is fémek jellegűek, szerkezetük folytán pedig rendkívül kemények. Redukáló atmoszférában 2200—2500 °C-os hőmérsékletet is el tudnak viselni.

A szilíciumkarbid hagyományos építésű például finomkerámiai égetőkemencék béléseként is, de ugyanakkor szuperszónikus rakéták szerkezetét is sokrétűen használható. Kötőanyag nélküli szilíciumkarbid mechanikai ellenállása a szokásos, kereskedelmi forgalomban levő szilíciumkarbid idomok szilárdságának kb. a tízszerese. Ilyen nagy tisztaságú szilíciumkarbidot metil-triklórszilán gőzöknek grafiton, vagy alumíniumoxidon végzett pirolízise útján állítottak elő. Szilíciumkarbid termékek tömörítése nyomás alatt történő zsugorítással végezhető el.

A nitridek közül csupán az alumínium nitridet említjük meg, azzal a megjegyzéssel, hogy ez az egyetlen nitridfajta, amelyet az olvasztott alumínium nem támad meg (56).

A szilicidek közül például a molibdén diszilicid nagy, 1700 °C-os hőmérsékleten különösen nagyfokú ellenállást tanúsít az oxidálással szemben, ugyanakkor mechanikai ellenállóképessége is jelentős. Felhasználható arra, hogy nagy hőmérsékleten működő turbinalapátok anyagát állítsák elő belőle. Ezenkívül fémes szilícium és molibdén diszilicid alapanyagú cermetekből készített fűtőellenállást használunk olyankor, amikor 1700 °C-ig terjedő égetést kell végezni, és védőgáz atmoszférát nem lehet alkalmazni (szuperkanthal).

A különféle boridokat elsősorban rakétafűvők elkészítésére használják, valamint magas hőmérsékleten működő atommáglyák szerkezeti alkatrészeiként.

Külön kell említést tenni a grafitról, mely egyike a leggyakrabban használt anyagoknak. Felhasználása újabban kiterjed a modern technika egész területére, beleértve az űrkutatást és a nukleáris ipart. Felhasználhatóságának korlátot szab az a körülmény, hogy oxidáló atmoszférában 450 °C-on oxidálódni kezd. E hiány orvoslása érdekében egyrészt oxidálást kisleltető vegyületeket kevernek a grafitba, például foszforsavat, másrészt pedig a grafitból készült termékeket plazmapisztolyos szórással vagy gőzöléssel védőbevonattal látják el (57).

### 3.2.3. Ásványi polimerek, tűzálló rostok.

Abból a hasonlatosságból, mely egyrészt a B—N kötések, másrészt a C—C kötések tartalmazó vegyületek között fennáll, származtak olyan elgondolások, hogy ki lehet alakítani olyan ásványi polimer családot, mely a nitrideken alapszik, és

amelyből nagyobb hőállóságú termékeket lehet előállítani, mint a szerves polimerekből.

Az egymást váltogatató foszfor és nitrogén láncokon alapuló foszfornitrit-rendszer segítségével előállítottak olyan polimereket, melyek igen nagy molekulájúak. Ebből klórozással  $\text{PNCl}_2$  gumyszerű anyag állítható elő, továbbá olyan vegyületek, mint a nagy hőmérsékletnek jól ellenálló foszfornitrid és foszforoxinitrid. Ezeket a foszfornitrid rendszeren alapuló polimereket könnyen lehet alakítani, és oxidáló atmoszféra kizárásával 400 °C-ig stabilisak (58).

Először pirolitikus grafitból állítottak elő olyan rostokat, amelyekből fonatot és szövetet lehetett készíteni. Később alumíniumoxidból, szilíciumdioxidból és cirkonoxidból is előállítottak nemeszerű készítményeket.

Ezeknek az oxid-monokristályos rostoknak mechanikai ellenállása többszörösen meghaladja sok közönséges fém ellenállását. Így például  $\text{BeO}$ -ból olyan rendkívül vékony szálak formájában lehet monokristályos rostokat előállítani, melyeknek átmérője esetenként egy mikronnál is kisebb, hosszúságuk pedig 2—3 cm (59). E rostok egészen rendkívüli tulajdonságokkal rendelkeznek, húzási szilárdságuk a rost átmérőjével fordított arányban növekszik; szobahőmérsékleten például a két mikron átmérőjű rost húzási szilárdsága 200 000  $\text{kg/cm}^2$ , vagyis lényegesen nagyobb, mint az acélé.

Ezeket a rostokat más anyagok fegyverzetétül használják. Ez az alkalmazás látszólag ellentmond a kerámiai anyagok szokásos törékenységének, azonban ez a törékenység és nyújthatóság csak relatív, és nagymértékben változik az igénybevételi hőmérséklet, továbbá a terhelés függvényében. Kétségtelen, hogy az elkövetkezendő 10—20 éven belül ezek a tűzálló rostféleségek fontos szerepet fognak játszani a fegyverzetet ellátott műanyagok területén, továbbá olyan hőszigetelő anyagok területén, melyeket a rakéta hajtóműves repülőgépek, nukleáris reaktoroknál, turbináknál kell felhasználni.

Az űrkutatási eszközök és rakéták területén valószínűleg ezeké a tűzálló rostoké, illetve a belőlük készült szerkezeti anyagoké a jövő. Ezek ugyanis hőálló tulajdonságukhoz csatlakozó kis súlyuknál fogva lehetővé tehetik, hogy a szerkezetek hasznos terhelését és hatósugarát növelni lehessen.

### 3.2.4. Fémek és tűzállótermékek hőálló védőbevonatai

Főleg plazmapisztolyok segítségével minden olyan anyagot, mely nem bomlik a saját olvadási hőmérséklete alatti hőmérsékleten, alkalmazhatunk arra, hogy a legkülönbözőbb anyagokra hőálló kerámiai bevonatot készítsünk. Ezek az igen nagy hőmérsékleten is ellenálló, zománcszerű bevonatok készülhetnek például alumíniumoxidból (2035 °C-ig), vagy rozsdamentes acélra stabilizált cirkonoxidból (2530 °C-ig) különféle nagy tisztaságú fémek védelmére legújabbán oxid alapanyagú bevonatokat használnak.

### 3.3. A nukleáris ipar hőálló kerámiai anyagai

Viszonylag kevés adat áll rendelkezésre arról, hogy egy atommáglya neutron fluxusában a máglya tüzelőanyagául nem szolgáló kerámiai anyagok a besugárzás nyomán hogyan viselkednek. A besugárzás okozta módosulás bizonyos esetekben fázisváltozást idézhet elő, melynek során a besugárzott termék sűrűsége megváltozik. Így például neutron sugárzás hatására a kvarc amorf szilíciumoxiddá alakul, hasonló módon viselkedik a krisztobalit. Más esetben a neutron fluxus okozta bomlás a különféle krisztalitok anizotróp alakváltozásában nyilvánul meg, és ennek következtében az anyag szemcséi között feszültségek lépnek fel.

Előfordulhat, hogy a neutronsugárzásnak kitett anyag elbomlik, ámhár a reaktorban nagy fontosságú szerepet játszó oxidkerámia esetében, mint például beriliumoxidnál ez a pusztulás csak igen nagy intenzitású, nyalábszerű neutron sugárzás esetében állt be (60, 61, 62).

Általában véve az a tapasztalat, hogy a hőálló kerámiai termékek különösen hőálló oxidok ismérveit a neutronsugárzás 100 C°-nál alacsonyabb besugárzási hőmérséklet esetén viszonylag kevésbé érinti. Az alumínium-, berilium- és magnézium-oxid hővezetőképessége a sugárzás hatására csökken; sűrűségük alig észlelhető mértékben csökken, kivéve az olvasztott kvarcot, melynek sűrűsége nagymértékben növekszik (63). Berilium-oxidnál a nyomószilárdság 9%-kal növekszik, és ugyanilyen arányban növekszik a szakítószilárdság is. Zsugorított magnéziumoxid pasztillákon végzett nyomószilárdsági vizsgálatok azt mutatják, hogy a neutronbesugárzás hatására a szilárdság növekszik.

A jelenleg működő atomreaktorokban a hőmérséklet még nem elég nagy ahhoz, hogy a tüzelőanyagul nem szolgáló hőálló kerámiai anyagok alkalmazása a reaktorokban különösebben elterjedjen. Azonban ezeket a kerámiai anyagokat már most is alkalmazzák a reaktor fűtőanyagelem-rúd-jainak hőszigetelésére. Több reaktor neutron visszaverő ernyőjét készítették el beriliumoxidból.

A reaktorteknika fejlődési iránya az, hogy az atommáglyák hőmérsékletét növeljék. Tehát várható, hogy az elérendő kb. 500—550 C°-os üzemi hőmérsékleten moderátorként, hőszigetelésre stb. hőálló kerámiai anyagokat fognak reaktorokban használni. Ezekkel az anyagokkal szemben az a követelmény, hogy 350 és 1200 C° közötti különféle hőmérsékleteken sugárzásállóak legyenek.

Befejezésül érdemes hangsúlyozni, hogy ezen a területen is nagy fellendülés indult meg az olyan újabb hőálló kerámiai anyagok kutatása és tökéletesítése terén, melyek a legkorszerűbb „kemence” — az atommáglya szerkezetébe való beépíthetőség követelményeinek megfelelnek.

#### IRODALOM

- [1] Pál J.—Molnár P.: SM-kemencék rácestégla tartósságának növelési kísérletei. MIM Kut. Lab. 6—1963. sz. kutatási jel.
- [2] F. Trojer: Radex Rundschau, 1951. 160—164. oldal.
- [3] G. M. Bej—G. I. Antonov—I. I. Nyemec: Bjull. Naucso-Tyehny. Informácii 1959/6. 93—98. oldal.
- [4] G. Bouvier: Proc. Internat. Ceram. Congr. 1964, Bruxelles, 274—282. oldal.
- [5] H. Müller—J. Schulz: Neue Hütte, 9. (1964) Heft 7. 390. oldal.
- [6] F. Johansson—B. Kalling: Stahl u. Eisen 84, (1964) Heft 4. 181—190. oldal.
- [7] R. Bergmann—A. Weidner: Radex Rundschau, 1963. Heft 1. 377—380. oldal.
- [8] W. Zednicek—G. Mörtl: Internat. Ceram. Congr. 1964. Bruxelles, 274—282. oldal.
- [9] Veitscher Magnesitwerke A. G. „Ankral” Nachrichten, 1963.
- [10] A. Harnisch—F. Hillebrand: Stahl u. Eisen 82 (1962) Heft 8. 458—464. oldal.
- [11] Balsay I.—Ecker F.—Pál J.: Magyar szabadalom No. 146. 959.
- [12] Molnár P.: Kohászati Lapok, 1962. 6. sz. 272—277. oldal.
- [13] M. Takamuku—S. Tsuda—S. Tamamoto: Radex Rundschau, 1962 Heft 3. 123—132. oldal.
- [14] P. Bortaud: Circ. Centre Doc. Sidérurgique 18. (1961) 3. 757—778. oldal.
- [15] T. Polakowsky: Szklo i Ceramika 1962. 6. 171—173. oldal.
- [16] Cser A.: Építőanyag, 1957/6. 293—297. oldal.
- [17] M. J. Schöndorffer: S.F.C. Bull. 1. (1962) 25. oldal.
- [18] K. Konopicky: Feuerfeste Baustoffe (1961) 550. oldal.
- [19] J. Baron: S.F.C. Bull. 1. (1962) 35. oldal.
- [20] J. P. Kiehl: S.F.C. Bull. 1. (1962) 22. oldal.
- [21] K. Konopicky: Feste Baustoffe (1961).
- [22] F. Savioli: AIME 9. Kongresszus (1960) 8. oldal.
- [23] J. Baron: S.F.C. Bull. 1. (1962) 36. oldal.
- [24] P. Bortaud: idézett műve (lásd 14. sz. hivatkozás).
- [25] T. Polakowsky: idézett műve (lásd 15. sz. hivatkozás).
- [26] Galdina—A. Ianovsky: Szklo i Ceramika 1962/4. 15—18. oldal.
- [27] Pál J.—Cser A.: MIM. 11—1962. sz. Kutatási jelentés (1963).
- [28] Chomilín: Ogneoporü, 1960/12. 540—545. oldal.
- [29] W. Mann: Ber. Deut. Ker. Gesell. 37. (1960) Heft 1. 11—22. oldal.
- [30] Kingscliffe Ins. Ltd.: Refract. Jour. 37. (1961) 11. 359—360. oldal.
- [31] A. Abdellatif: L. Indust. Céram. 542. 1962/6.
- [32] British Standard Institution: Brit. Stand. 2973 (1961).
- [33] D. N. Poluboyarinova: Ogneoporü, 1961/8. 370—372. oldal.
- [34] G. R. Eusner—J. T. Shaplan: Bull. Amer. Cer. Soc. 40. (1961) 7. 29—33. oldal.
- [35] M. L. Misra—R. P. Srivasta: Indian Ceram. 1961/3. 57—64. oldal.
- [36] Terényi Gy.: II. Tűzállóanyagip. Konf. 1965. Miskolc-Tapolca.
- [37] Jones: Fundamental principles of powder metallurgy. I. kötet, 520. oldal, London (1960) Arnold.
- [38] P. Lacombe: „Etude par les radiotraceurs... etc.” előadás, 1962. október, Bruxelles.
- [39] J. Philibert: „Les défauts cristallins... etc.” előadás 1962. október, Bruxelles.
- [40] E. K. Kohler—A. Lenov: Bull. Soc. France. Céram. 50. (1961) 7—16. oldal.
- [41] J. D. Fleming: Bull. Amer. Cer. Soc. 1960/10. 746—750. oldal.
- [42] Brick and Clay Rec. 1960/6. 58—59. oldal.
- [43] J. D. Walton: Ceram. Age, 1960/3, 23—28. oldal.
- [44] E. K. Keler—A. Andrejev: Ogneoporü, 1961/6. 276—281. oldal.
- [45] D. S. Rutmann: Ogneoporü, 1961/7. 301—302. oldal.
- [46] K. Pump—K. Entress: Silikat Technik, 1960/10, 11. 463—464. oldal.
- [47] J. Elston: L. Industr. Céram, 1960/4. 116—117. oldal.
- [48] Amer. Instit. of Mining and Metall. Ceramic. Age 1960/5. 42—43. oldal.

- [49] P. N. Walsh—H. Goldstein—White: Jour. Amer. Cer. Soc. 1960/5. 229—233. oldal.
- [50] H. Schumann: „Keramische Baustoffe zur Absorption von Gamma-Strahlen und Neutronen“ — 1962. Baden-Baden, Deutsche Keram. Ges. Kongresszus.
- [51] G. L. Pbezz: Jour. Amer. Ceram. Soc. 1960/3. 154—159. oldal.
- [52] A. D. Fedosejev: Ogneoporü, 1961/6. 285—291. oldal.
- [53] S. Maziliadskas: Ceram. Age 1960/3. 41. oldal.
- [54] Refract. Jour. 1960/10. 309—310. oldal. „Cermets give high thermal stability“.
- [55] E. Niki—S. Kohara—M. Tajiri: Jour. Chem. Soc. Japan. 1960/7. 1121—1124. oldal.
- [56] G. Long—L. Forster: Bull. Amer. Cer. Soc. 1961/7. 423—425. oldal.
- [57] Curtiss—Wright Co.: Quaterly Prog. Rep.-Contract, No W61—0151, 1961.
- [58] P. Popper: Special Ceramics. Proced. of Sympos. at The B.C.R.A. 1960. London, 1. kötet, 370. oldal.
- [59] E. Ryshkewitch: Intern. Sc. and Technol. 1962/2. 54—61. és 70. oldal.
- [60] J. P. Clark: Jour. des Matér. Réfr. 1961/3. 121—132. oldal.
- [61] J. Elston—C. Labré: Jour. des Matér. Réfr. 1961/3. 143—164. oldal.
- [62] T. N. McVay—H. Insley: Jour. Am. Cer. Soc. 1962/1. 48—49. oldal.
- [63] F. J. P. Clarke: Un. King. At. En. Auth. — AERE — M. 659 17. füzet, 1960.

#### Molnár Pál (Magyarország): Korszerű tűzállóanyagok — korszerű kemencék

Az utóbbi években egyre fokozottabb követelményeknek kell az ipari kemencék tűzálló falzatának megfelelni. Az olajtüzelés, földgáztüzelés bevezetése, a nagyobb technológiai hőmérsékletek, az acélgéztás során alkalmazott oxigénadagolás stb. újabb tűzállóanyagfajták kikísérletezését és használatát követeli meg.

Az új típusú tűzállóanyag-féleségek mellett a kemencekonstrukciók is bizonyos változásokon mennek át, sőt a legtöbb esetben az újabb konstrukció kialakítását éppen a korszerű alapanyagok felhasználásával, vagy újszerű technológia alkalmazásával gyártott tűzállóanyagok teszik lehetővé.

S. M.-kemencéknél a feszültségmentes boltozatok építhetők a vegyikötésű, függeszthető téglákkal. Lehetővé válik, ilyen méretű és jellegű kemencéknél az egyes falazati részek előregyártása, üzemközbeni javítása.

Az oxigén acélgéztásnál (LD-konverter, Kaldokemence, LDAC-konverter) különleges eljárással gyártott, kátránnyal átitatott magnezittéglákkal feltűnően jó tartósságot lehet elérni.

Az építőanyagiparban használatos kemencéknél is nagyobb tért hódítanak a bázikus tűzállóanyagok. A cementipari forgókemencék zsugorító zónáján kívül bázikus bélés alkalmazható a nagyteljesítményű mészégető aknáskemencéknél is, jó tartóssággal.

Az üvegipari regeneratív rendszerű kádkemencék építésénél a bázikus regenerátor rácsokat alkalmazása számos előnnyel jár.

A különféle kémiaili kötésű tűzálló betonok kikísérletezése új fejezetet nyit különösen az energiaipar kazánjainak tervezésében és építésében. Olaj vagy olaj + földgáztüzelésű kazánoknál a hagyományosnak mondható samottbélés idő előtt tönkremegy, ellenben megfelelően kiválasztott és helyes technológiával beépített tűzálló beton a megváltozott üzemeltetési viszonyok között is jó tartósságot, üzembiztonságot jelent.

A tűzállóanyagipar, sőt az egész kerámia történetének legújabb korszakát jelzik a nukleáris berendezéseknél, valamint a rakétáknál egyre inkább használatra kerülő különleges hőálló oxidkerámiai termékek. Ámbár hazai kísérletek folytatására még nem volt szükség, figyelemre méltó az e témáról megjelenő irodalmi közlések gyakorisága. A tűzállóanyagok, illetve hőálló kerámiai technológiával előállított nemfém anyagok és termékek korunkban válnak a technika új területén is nélkülözhetetlen szerkezeti alkotókká.

#### Molnár, P.: SOVREMENNYYE ODNEUPORY — SOVREMENNYYE PECHI

V последние годы к огнеупорным футеровкам промышленных печей предъявляются все более строгие требования. Введение мазутного топлива и природного газа, более высокие технологические температуры, применение в производстве стали кислорода и т. д., требуют изыскания и применения новых видов огнеупоров.

Наряду с применением новых типов огнеупоров происходят определенные изменения также и в конструкциях печей, более того в большинстве случаев именно применение современных исходных материалов, а также внедрение новейших типов огнеупоров делает возможным создание новых конструкций печей.

В С.М.-печах могут быть установлены ненапряженные своды с подвешиваемыми кирпичами на химической связке. Для печей такого размера и типа можно применять сборные стеновые части, а также осуществлять текущий ремонт.

При кислородном производстве стали (конвертер ПД печь-Калдо, конвертер-ЛДАК) необычайно высокой стойкости можно достигнуть, применяя специальные магнезитовые кирпичи, пропитанные легтем.

Все большее значение для печей промышленности строительных материалов начинают приобретать основные огнеупоры. Основная футеровка помимо зоны спекания цементных вращающихся печей, с успехом может применяться в высокопроизводительных шахтных печах для обжига извести.

Многочисленные преимущества имеет применение при строительстве ванн стекловых печей регенеративного типа основной регенеративной решетки.

Создание различных огнеупорных бетонов на химической связке открыло новые возможности, особенно в области проектирования и строительства котлов энергетической промышленности. У котлов мазутного или мазутного-природного газ отопления традиционная шамотная футеровка быстро выходит из строя, в то время как выбранный соответствующим образом с применением правильной технологии огнеупорный бетон имеет хорошую стойкость и обеспечивает надежность даже в измененных условиях эксплуатации.

Применение специальных термостойких продуктов окисной керамики для ядерного оборудования и ракет означает новую эпоху в развитии не только огнеупорной, но и всей керамической промышленности. И хотя в отечественных условиях проведение экспериментов такого рода не было необходимым, заслуживает внимание большое количество публикаций по этой теме. Огнеупоры, а также полученные с помощью термостойкой керамической технологии неметаллические материалы и продукты становятся незаменимыми структурными составляющими современной техники.

#### Molnár, Pál (Ungarn): Zeitgemäße Feuerfeste Stoffe — Zeitgemäße Öfen

An die feuerfeste Ausmauerung der Industrieöfen werden in den letzten Jahren immer größere Anforderungen gestellt. Die Anwendung der Ölheizung, der Naturgasheizung, der höheren technologischen Temperaturen, der Stahlerzeugung mit Sauerstoffzusatz, — usw. forderten Forschungsarbeiten und Einführung neuer feuerfester Stoffe.

Außer der neuen feuerfesten Materialien erschienen auch neue Ofenkonstruktionen. Es kann sogar festgestellt werden, daß gerade die neuen, oder mit neuer Technologie hergestellten feuerfesten Materialien die Neugestaltung der Ofenkonstruktionen ermöglichten.

Bei S. M.-Öfen sind spannungslose Wölbungen mit chemisch gebundenen, oder mit auf hängbaren Ziegeln zu bauen. Bei Öfen dieser Größe und diesem Charakter wird die Vorfertigung gewisser Ausmauerungsteile, sowie die Ausbesserung unter Betriebszeit ermöglicht.

Bei Stahlerzeugung mit Sauerstoff (LD-Konverter, Kaldo-Öfen, LDAC-Konverter) kann auffallend gute Dauerhaftigkeit erreicht werden, wenn man mit beson-

derem Verfahren, mit Teer-Durchsickerung hergestellte Magnesitziegeln angewendet.

Die basischen feuerfesten Stoffe gewinnen auch bei den Öfen der Baustoffindustrie immer mehr Raum. Ein basisches Futter ist außer der Sinterzone der Drehöfen der Zementindustrie, — auch bei den Hochleistungs-Kalkbrennschlachtofen — mit guter Haltbarkeit zu verwenden.

Die Verwendung der basischen Regeneratorvergitterung weist bei dem Bau der Wannenöfen der Glasindustrie viele Vorteile auf.

Die verschiedenen, chemisch gebundenen feuerfesten Betone gewannen besonders große Bedeutung in der Projektierung und Bau von Dampfkesseln. Die traditionellen Schamottfütterungen gehen bei den mit Öl, oder Öl + Naturgas geheizten Kesseln frühzeitig zugrunde. Entsprechend ausgewählter und mit richtiger Technologie eingebauter feuerfester Beton sorgt für dagegen auch unter den veränderten Betriebsverhältnissen gute Haltbarkeit und Betriebssicherheit.

Es bedeuten in der Feuerfeststoffindustrie, und sozusagen in der ganzen Keramik, die bei den nuklearen Einrichtungen, und bei den Raketen immer mehr angewandten außerordentlich feuerfesten oxydkeramischen Erzeugnissen eine neue Periode. Obwohl wir über einheimische Forschungsergebnisse noch nicht verfügen, ist die große Anzahl der diesbezüglichen Mitteilungen doch bemerkenswert. Auf den neuen Gebieten der Technik werden die feuerfesten Stoffe — d. h. die mit der Technologie der feuerfesten Keramik hergestellten nichtmetallenen Stoffe und Erzeugnisse in unserem Zeitalter unentbehrliche Konstruktionsbestandteile bilden.

#### Molnár, Pál: Modern Refractories — Modern Kilns

In recent years the refractory walls of industrial kilns have to meet ever increasing requirements. The introduction of oil fuel and natural gas firing, higher technological temperatures, oxygen blow used for steel

production etc. make the research and use of newer refractories an imperative demand.

In addition to newer type refractories the construction of kilns also underwent certain changes, moreover, the forming of newer constructions is made possible by using modern basic materials or refractories produced by applying up-to-date technology.

The unstressed vaults of S. M. kilns can be built of suspended, chemically bound bricks. It is now possible to prefabricate certain wall pieces of this size and type kilns and to repair them under operation.

Tar impregnated magnesite bricks of special make proved to be very durable when used for oxygen-blown steel production (LD-converter, Kaldo furnace, LDAC-converter).

For kilns used in the building material industry basic refractories are used more and more. Basic lining is used for the sintering zone of rotary kilns in the cement industry and proved to be very durable when applied for high output lime shaft kilns.

The basic regenerator grid used for the regenerative firing of tank furnaces in the glass industry has many advantages.

The research on various chemically bound refractory concretes opens new vistas especially in the planning and building of furnaces for the power generating industry. The fire-clay lining of furnaces with oil fuel or oil fuel + natural gas gets ruined before time but a suitable and well built-in refractory concrete has operational safety and durability even under changed operating conditions.

The specific, refractory oxide ceramic products used more and more for nuclear equipments and rockets represent a new chapter not only in refractories but also in the history of the ceramic industry. It is noteworthy that though inland researches in this field were not yet necessary literary publications on this topic get more and more frequent. Refractories and non-metallic materials and products become, in our age, indispensable structural elements also in a new sphere of technology.

## K Ö Z L E M É N Y

a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségébe tömörült

### TUDOMÁNYOS EGYESÜLETEK

1965. október hó 14., 15., 16-án rendezik meg a TECHNIKA HÁZÁBAN a

### IV. ORSZÁGOS ANYAGMOZGATÁSI KONFERENCIÁT

A konferencia két plenáris és hat szekciós ülésén külföldi és hazai szakemberek előadásai alapján az anyagmozgatás legfontosabb kérdéseit vitatják meg.

A részletes tájékoztatást a konferenciával kapcsolatosan, a vállalatok időben megkapják.

Rendező Bizottság

# Az alumíniumfoszfátok kötéstulajdonságai

PAWŁOWSKI, STANISŁAW (Gliwice)

## Bevezetés

Az utóbbi 15 évben jelent meg a tűzálló kerámiában az alumíniumfoszfát, mely genetikailag a fogászati cement ismert cinkfoszfátjához áll közel. Az alumíniumfoszfátoknak kötőképeségük van szerteágazó térhálójú polimérek keletkezésének a következtében, melyekben a  $\text{PO}_4$ -tetraédersoportok játszhatják a főszerepet. Az alumíniumfoszfátkötés elterjedt a vegyi kötésű tűzálló termékek, tűzálló döngölőmasszák, kittek és habarcsok gyártásánál. Az alumíniumfoszfátkötést Kingery, W. D. [1], Greger, H. H. [2], Dietzel, A. és Hinz, I. [3], Bechtel, H. és Gloss, P. [4], Forest, J. [5] és más kutatók tanulmányozták. Lényegesen több munka foglalkozik az alumíniumfoszfátkötés alkalmazásával. Ezt a problémát tárgyalják a következő kutatók: Gitzen, W. H., Hart, L. D., Maczura, E. [6], Svikes, V. D. [7], Matwiejew, M. A. és Babuchin, A. I. [8], Lenhauser, W. [9], Harris, H. M. és Kelly, K. I. [10], Veneble, C. R. [11], Obst, H. és Troemel, G. [12], Margulis, O. M. és Kamienieckij, A. B. [13], Cejtlin, L. A. és Jeltyschewa, A. A. [14], Cejtlin, L. A. és Tarasowa, T. E. [15] és mások.

Az eddig végzett munkák azonban a tárgyat még nem merítették ki teljesen, és nem teremtettek tiszta képet az alumíniumfoszfátkötés tulajdonságairól. Ez az előadás hivatott az alumíniumfoszfátkötésre vonatkozó eddigi ismereteink kibővítésére, különös tekintettel a tűzállóság és az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{P}_2\text{O}_5$  moláris viszonya közötti összefüggésre, a mechanikus tulajdonságokra a magas hőmérsékletek tartományában és a vízállóságra, valamint a kémiai stabilitásra.

## Az alumíniumfoszfátkötés tűzállósága

Tűzálló anyagokban az alumíniumfoszfátkötés az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vagy az  $\text{Al}(\text{OH})_3$  reakciója révén keletkezik foszforsavval, vagy monoalumíniumfoszfáttal. A kötésben a molviszony az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és a  $\text{P}_2\text{O}_5$  között, különböző kutatók szerint, 1 : 1-től 1 : 3-ig változik. A molviszony szerint keletkezhet  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{Al}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$ , vagy  $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$ . A foszfátkötés tűzállósága elsősorban ennek a három fázisnak a tűzállóságától függ. Ennek az összefüggésnek a megállapítása céljából keverékeket készítettek tiszta  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ból és  $\text{H}_3\text{PO}_4$ -ból, melyek a fenti alumíniumfoszfátok összetételének feleltek meg. Figyelembe vették a közbelső fokozatok összetételét is. Az előállított keverékek tűzállóságát kryptolkemencében Ir/IrRh-termoelemmel és acetilénlángban optikai pirométerrel mérték. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredménye az 1. táblázatban látható. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az alumíniumfoszfátkötések csak akkor rendelkeznek a szükséges tűzállósággal, ha egy mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ra nem esik több, mint

1. táblázat

Különböző molviszonyú  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{P}_2\text{O}_5$  keverékek tűzállósága

| Molviszony<br>$\text{Al}_2\text{O}_3$ :<br>$\text{P}_2\text{O}_5$ | Reakciótermék                         | Kémiai<br>összetétel      |                          | Tűzállóság<br>C° |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
|                                                                   |                                       | $\text{Al}_2\text{O}_3$ % | $\text{P}_2\text{O}_5$ % |                  |
| 1 : 1                                                             | $\text{AlPO}_4$                       | 41,8                      | 58,2                     | 2050 + — 30      |
| 1 : 1,5                                                           | $\text{Al}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$ | 32,4                      | 67,6                     | 2050 + — 30      |
| 1 : 2                                                             | $\text{Al}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$ |                           |                          |                  |
|                                                                   | $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$            | 26,7                      | 73,3                     | 1280 + — 5       |
| 1 : 2,5                                                           | $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$            |                           |                          |                  |
|                                                                   | $\text{Al}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$ | 22,5                      | 77,5                     | 1290 + — 5       |
| 1 : 3                                                             | $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$            | 19,3                      | 80,7                     | 1285 + — 5       |

1,5 mol  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Bebizonyosodott ugyanis, hogy nagyobb  $\text{P}_2\text{O}_5$  tartalom esetén a keverékben alumíniumfoszfát keletkezik, amely alacsony olvadáspontú vegyület, tűzállósága 1285° C. Alumíniumortofoszfát és pirofoszfát összetételnek megfelelő keverékek magas tűzállóságúak, emellett majdnem azonos, cca 1205° C tűzállóságuk van. Ez annak a következménye, hogy 1800° C feletti hőmérsékleten az alumíniumpirofoszfát 1 mol  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ot veszít és az ortomódosulathatba megy át, amit röntgenográfiailag bebizonyítottak.

## Az alumíniumfoszfátkötés magas hőmérsékleten

Az alumíniumfoszfátkötés főalkatrészeként az alumíniumortofoszfátot lehet tekinteni. Ez a vegyület, más foszfátokhoz hasonlóan, magas hőmérsékleten  $\text{P}_2\text{O}_5$  leadása közben bomlik. A bomlás következtében az alumíniumortofoszfát a kötőképeségét elveszítheti. Ennek, az eddig kevésbé tisztázott jelenségnek a felderítésére  $\text{AlPO}_4$ -ot állítottak elő  $\text{AlCl}_3$  oldatból lecsapással,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  segítségével. A kiszáritott preparátum 13,1% kémiai kötött vizet, 36,7%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot és 50,8%  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ot tartalmazott. Összetétele tehát közel azonos volt az  $\text{AlPO}_4 \cdot 1 \text{ H}_2\text{O}$  elméleti összetételével. A differenciáltermoanalízis szerint az alumíniumortofoszfát monohidrátja 180° C-on elveszti a szerkezeti víztartalmát. A víztelenített preparátumot ezután egészen az olvadáspontjáig, vagyis 2050° C-ig hevítették. A bomlás fokának mértékéül az  $\text{AlPO}_4$  tartalom csökkenését és az ezzel együttjáró  $\text{Al}_2\text{O}_3$  keletkezést tekintették. Ebből a célból, a kémiai analízisen kívül, minden próbatestnek röntgenográfiailag megállapították az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmát. Ennek a vizsgálatnak az eredménye a 2. táblázatban található. A vizsgálati eredmények szerint az  $\text{AlPO}_4$  bomlásának első jelei már 1300° C-nál mutatkoznak, bár az észrevehető bomlásnak csak 1500° C-nál kellene felépnie. Külön kísérletsorozatot vizsgáltak erősen redukáló atmoszférában, amelynél az  $\text{AlPO}_4$ -ot faszénrel összekeverve, petrolkoksszal megpakott muffolában hevítették. Megállapították, hogy a redukáló atmoszféra az  $\text{AlPO}_4$  bomlására semmiféle hatást nem gyakorol. A bomlás éppen úgy megy végbe, mint oxidáló atmoszférában.

\* A VIII. Szilikátipari Konferencián Molnár Pál előadásához elhangzott hozzászólás.

Az  $\text{AlPO}_4$  bomlása a hőmérséklettől függően

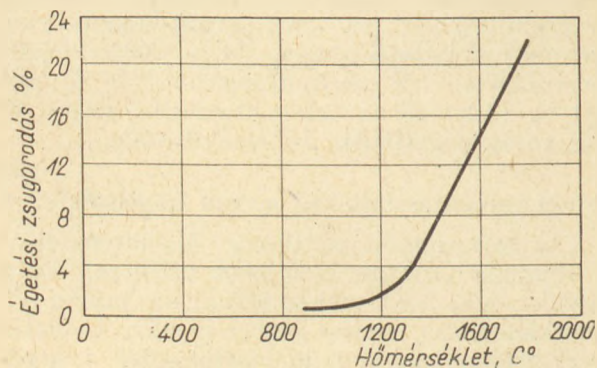
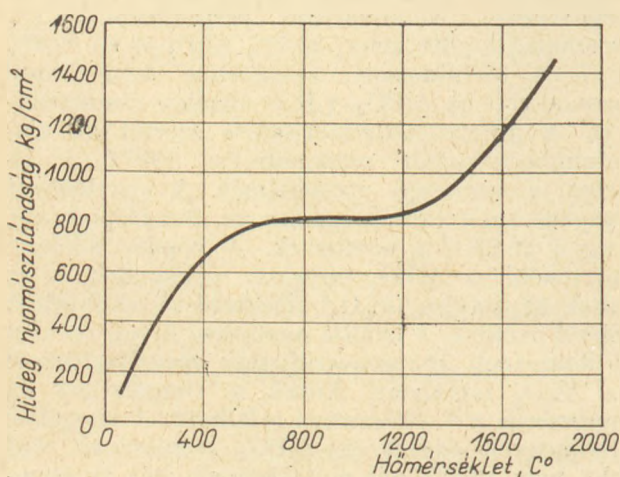
2. táblázat

| °C                        | 300   | 600   | 850   | 1050  | 1300                | 1500 | 1700 | 2050 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|------|------|------|
| % $\text{AlPO}_4$         | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0               | 98,5 | 82,0 | 52,0 |
| % $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | nyomok <sup>1</sup> | 1,5  | 18,0 | 48,0 |

<sup>1</sup> Röntgenográfiailag megállapítva

Az  $\text{AlPO}_4$  kötési erejének megállapítása céljából a bomlási hőmérsékletek tartományában, próbatesteket készítettek technikai alumínium-oxidból (98,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 12% koncentrált foszfor-sav hozzáadásával. A 30 mm magas és 30 mm átmérőjű henger alakú próbatesteket 600 kg/cm<sup>2</sup> nyomással sajtolták, és szárítás után 1800° C-ig terjedő hőmérsékleteken égették. A kiégetett próbatesteknek meghatározták az égetési zsugorodását és a hideg nyomószilárdságát.

A kísérleti eredmények összefoglalása az 1. és 2. ábrában látható.

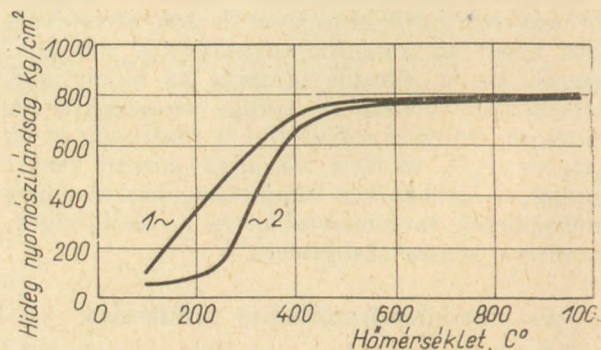
1. ábra. Az  $\text{AlPO}_4$  égetési zsugorodása. A kötés a hőmérséklettől függ2. ábra. Az  $\text{AlPO}_4$  hideg nyomószilárdsága. A kötés a hőmérséklettől függ

Az eredményekből kitűnik, hogy a bomlási hőmérsékletek tartományában a kémiai kötést szilárd kerámiai kötés helyettesíti, erre vall a hideg nyomószilárdság emelkedése és az égetési zsugorodás növekedése 1300° C felett. Az  $\text{AlPO}_4$

bomlása tehát nem gyakorol káros befolyást az alumíniumfoszfátkötés mechanikai tulajdonságaira.

### Az alumíniumfoszfátkötés stabilitása víz hatásával szemben

Tűzálló anyagok gyakran vannak víz, vagy vízgőz közvetlen hatásának kitéve. Az alumíniumfoszfátkötés vízállóságának meghatározása céljából próbatesteket készítettek technikai tisztaságú  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ból 12% koncentrált  $\text{H}_3\text{PO}_4$  hozzáadásával. A 30 mm magas és 30 mm átmérőjű henger alakú próbatesteket 600 kg/cm<sup>2</sup> nyomással sajtolták és 1000° C-ig terjedő hőmérsékleteken égették. Az égetett próbatestek egy részét 24 óra hosszat vízbe áztatták és utána meghatározták a hideg nyomószilárdságát. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményei láthatók a 3. ábrán.

3. ábra. Az  $\text{AlPO}_4$  hideg nyomószilárdsága. A kötés a vízzel való kezelés után, az égetési hőmérséklet függvényében

1. Hideg nyomószilárdság az égetés után, vízkezelés nélkül.
2. Hideg nyomószilárdság az égetés és 24 órás vízkezelés után

Az elvégzett vizsgálatokból arra lehet következtetni, hogy az alumíniumfoszfátkötésnek megfelelően nagy a hideg nyomószilárdsága és tökéletes a víz hatásával szemben tanúsított ellenállása 450° C-tól 600° C-ig.

450° C alatt az alumíniumfoszfátkötés többé-kevésbé érzékeny nedvesség hatásával szemben, ami a gyakorlatban a mechanikus tulajdonságok lényeges, vagy esetleg teljes csökkenésével jár együtt.

### Kémiai stabilitás

A tűzálló anyagokban levő alumíniumfoszfátkötés különböző kémiai anyagok hatásának lehet kitéve. Ezek az anyagok származhatnak a tűzálló nyersanyagok természetes szennyeződéseiből, vagy a munkatérnek a szennyeződéseiből, ahol

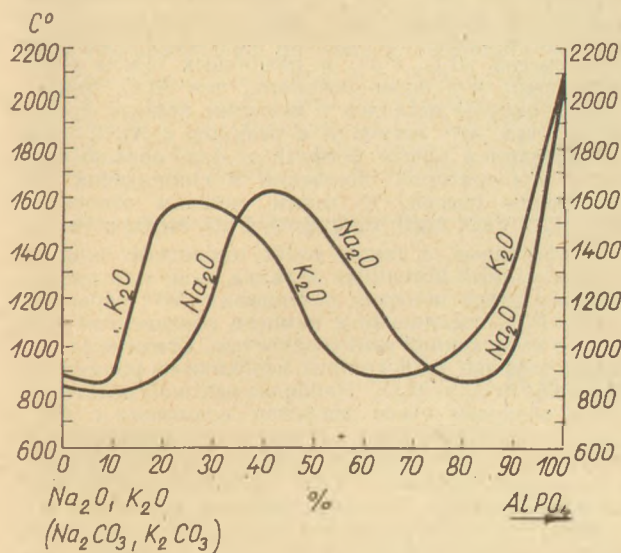
a tűzálló anyagot felhasználták. Az elvégzett-saját vizsgálatok a következő oxidokra terjedtek ki:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  és  $\text{ZrO}_2$ .

Ezekből az oxidokból és  $\text{AlPO}_4$ -ból keverékeket készítettek, melyeknek kryptokemencében meghatározták a tűzállóságát Ir/IrRh — termoelemmel. A mérések eredménye a 4., 5., 6. és 7. ábrában látható.

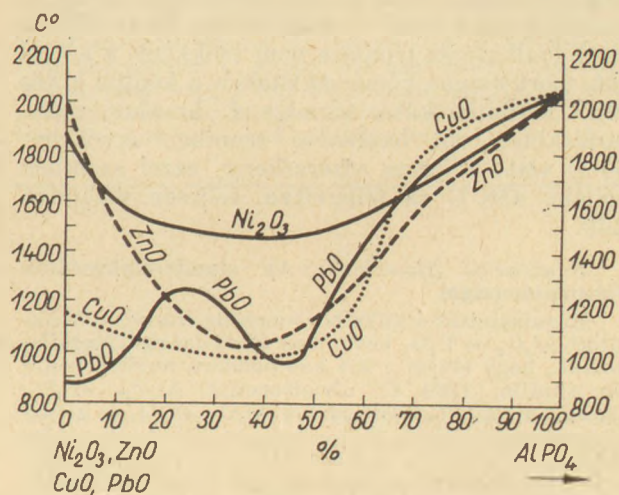
Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -nál erősebben bázikus oxidok reagálnak az  $\text{AlPO}_4$ -tal alacsony hőmérsékleten olvadó foszfátok keletkezése közben. Ezek az oxidok az alumíniumfoszfátkötés tűzállóságát leszállítják, sőt a hőmérséklettől függően a foszfátkötésre korrodeálólág hathatnak. A  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  és  $\text{PbO}$  korrodeálólág hatnak az alumíniumfoszfátra már

$800^\circ\text{C}$ -nál magasabb hőmérsékleten, a  $\text{CuO}$  és  $\text{ZnO}$   $1000^\circ\text{C}$ -nál magasabb hőmérsékleten, a  $\text{MgO}$   $1300^\circ\text{C}$  fölött, ezzel szemben a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  és a  $\text{CaO}$  csak  $1400^\circ\text{C}$ -nál magasabban.

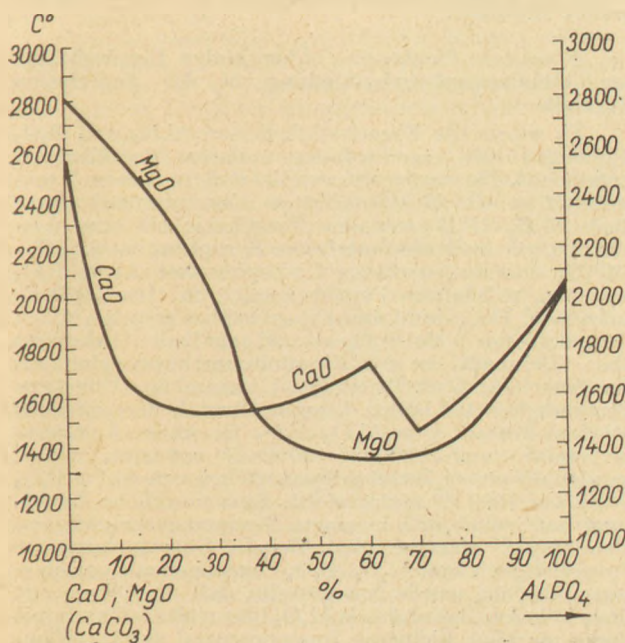
Amfoter és gyengén savanyú oxidok  $\text{AlPO}_4$ -tal kissé csökkent, vagy kissé növekedett tűzállóságú keverékeket adnak.  $\text{TiO}_2$  a keverék tűzállóságát egészen  $1710^\circ\text{C}$ -ig leszállítja. Ezzel szemben  $\text{SiO}_2$  olyan keverékeket ad, melyeknek a tűzállósága magasabb a szilíciumdioxidénál, a tűzállóság az  $\text{AlPO}_4$  irányában emelkedik. A két anyag között reakciót nem lehetett megállapítani, ami keverékkristály képződésével magyarázható. Különösen nagy tűzállóságú kötést adnak  $\text{AlPO}_4$ -tal a  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ , valamint az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Ezeknek a keverékeknek a tűzállósága  $2000^\circ\text{C}$  fölött van.



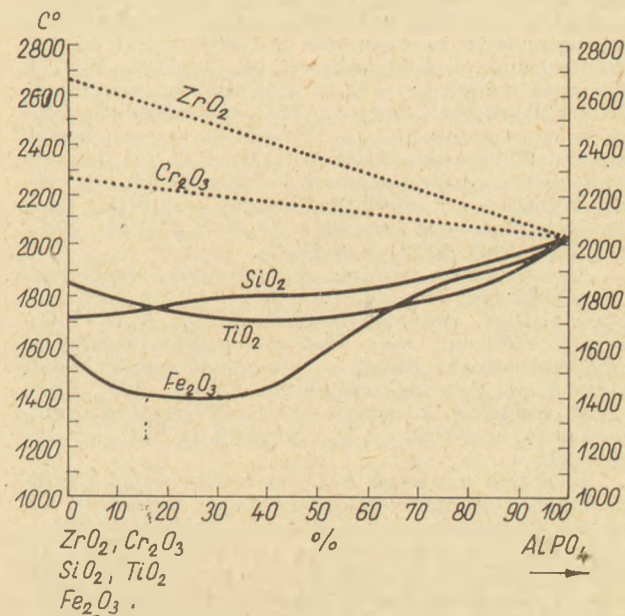
4. ábra. Tűzállóság a  $\text{Na}_2\text{O}$  —  $\text{AlPO}_4$  és a  $\text{K}_2\text{O}$  —  $\text{AlPO}_4$  rendszerekben



6. ábra. Tűzállóság a  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  —  $\text{AlPO}_4$ , a  $\text{ZnO}$  —  $\text{AlPO}_4$ , a  $\text{CuO}$  —  $\text{AlPO}_4$  és a  $\text{PbO}$  —  $\text{AlPO}_4$  rendszerekben



5. ábra. Tűzállóság a  $\text{CaO}$  —  $\text{AlPO}_4$  és a  $\text{MgO}$  —  $\text{AlPO}_4$  rendszerekben



7. ábra. Tűzállóság a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  —  $\text{AlPO}_4$ , a  $\text{TiO}_2$  —  $\text{AlPO}_4$ , a  $\text{SiO}_2$  —  $\text{AlPO}_4$ , a  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  —  $\text{AlPO}_4$  és a  $\text{ZrO}_2$  —  $\text{AlPO}_4$  rendszerekben

## Végkövetkeztetések

Empirikusan megállapították, hogy az alumíniumfoszfátkötés tűzállósága elsősorban az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és a  $\text{P}_2\text{O}_5$  moláris viszonyától függ. A kötés a kívánt tűzállósággal rendelkezik, ha 1 mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ra nem jut több, mint 1,5 mol  $\text{P}_2\text{O}_5$ .  $\text{P}_2\text{O}_5$  fölöslegénél a nem tűzálló alumíniummetafoszfát keletkezik. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -nál erősebben bázikus oxidok az alumíniumfoszfátkötés tűzállóságát lecsökkentik. Ezek az oxidok a hőmérséklettől függően többé-kevésbé az alumíniumfoszfátkötés korróziójára vezethetnek. Az amfoter vagy gyengén savanyú oxidok vagy csak kismértékben csökkentik a tűzállóságot, vagy észrevehetően magasabb olvadáspontú keverékeket képeznek. A tűzálló alumíniumfoszfátkötés főleg alumíniumortofoszfátból áll, mely már  $1300^\circ\text{C}$  fölött kezd  $\text{P}_2\text{O}_5$  leadása közben bomlani, bár észrevehető bomlásjelenségek csak  $1500^\circ\text{C}$  hőmérséklet felett lépnek fel. A főalkatrész bomlása nem csökkenti a kötési erőt, mert magas hőmérsékleteken a kémiai kötés helyét kerámiai kötés foglalja el. Az alumíniumfoszfátkötés víz hatásával szemben érzékeny.  $250^\circ\text{C}$  alatt teljesen vízálló, ezzel szemben legalább  $450^\circ\text{C}$ -ra felhevítve, teljesen vízállóvá válik.

### Pawlowski, Stanisław : Az alumíniumfoszfátok kötéstulajdonságai

Megvizsgálták a különböző moláris arányban összeállított  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{P}_2\text{O}_5$  keverékek tűzállóságát. Megállapították, hogy ebben a két komponensű rendszerben a nem tűzálló,  $1290^\circ\text{C}$  olvadáspontú  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$ , valamint a tűzálló pirofoszfát  $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$  és a tűzálló ortofoszfát  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ , mely utóbbiaknak a tűzállósága cca  $2050^\circ\text{C}$ -ra, a stabilisak. Az alumíniumpirofoszfát magas hőmérsékleten egy mol  $\text{P}_2\text{O}_5$  leadása közben az ortomódosulatba megy át. Ennek alapján az ortofoszfátot kell a tűzálló alapvegyületnek tekinteni. Ennek a vegyületnek a stabilitását magas hőmérsékleten tanulmányozták. Ebből a célból próbatesteket készítettek  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ -ből és azokat  $120^\circ\text{C}$ -tól  $2050^\circ\text{C}$  közötti hőmérséklettartományban hevítették. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  bomlásának első jelet már  $1350^\circ\text{C}$ -nál tapasztalták, a tényleges bomlás azonban csak az  $1500^\circ\text{C}$  feletti hőmérséklettartományban következett be. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  és különböző oxidok keverékeinek tűzállósági vizsgálatánál megállapították, hogy az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -nál erősebben bázikus jellegű oxidok, ill. az  $\text{Al}^{3+}$ -nál lényegesen kisebb ionpotenciálú fémek oxidjai, az  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ -tal alacsony olvadáspontú új foszfátfázisok keletkezése közben reagálnak, melyek a keverék tűzállóságát lecsökkentik. Ezek közé az oxidok közé tartozik a  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  és az  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Amfoter, vagy gyengén savas oxidok, amelyeknél a megfelelő fém ionpotenciálja közel áll az  $\text{Al}^{3+}$  ionpotenciáljához, vagy azt meghaladja, az  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ -tal kissé csökkent, vagy kissé növekedett tűzállóságu vegyületet adnak. Ennek a csoportnak a megvizsgált oxidjai közül meg kell említenünk a  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ , és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oxidokat. A legmagasabb tűzállóságot az alumíniumfoszfát és a  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , valamint az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  keverékei adják.

Technikai minőségű  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és foszforsavból előállított alumíniumfoszfát csak  $400^\circ\text{C}$  vagy magasabb hőmérsékletre hevítve mutat kedvező mechanikai tulajdonságokat. A kötés erőssége a keletkezett  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  mennyiségétől, ill. a hozzáadott sav mennyiségétől függ. Az alumíniumfoszfát vízállóvá csak akkor válik, ha  $450^\circ\text{C}$ -ra felhevítik. A  $200^\circ\text{C}$ -ig terjedő hőmérséklettartományban a vegyület még egyáltalában nem vízálló.

A kapott eredményeknek nagy gyakorlati jelentőségük van.

### Павловски Станислав : ВЕЖУЩИЕ СВОЙСТВА ФОСФАТОВ АЛЮМИНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЕ ОГНЕУПОРНОЙ КЕРАМИКИ.

Была исследована огнеупорность смесей из  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$  находящихся в различных мольных соотношениях. Было установлено, что в этой двухкомпонентной системе стабильными являются следующие соединения:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$  с точкой плавления  $1290^\circ\text{C}$ , не обладающий огнеупорностью, а также огнеупорный пиррофосфат —  $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$  и огнеупорный ортофосфат —  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  огнеупорности которых приблизительно  $2050^\circ\text{C}$ . При высокой температуре пиррофосфат алюминия превращается в орто-модификацию при отдаче обного моля. На основе этого основным огнеупорным соединением нужно считать ортофосфат.

Была изучена стабильность этого соединения при высокой температуре. С этой целью приготовленные из  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  образцы подвергались тепловой обработке в температурном интервале от  $120^\circ\text{C}$  до  $2050^\circ\text{C}$ . Первые признаки разложения  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  были обнаружены уже при  $1350^\circ\text{C}$ , однако действительное разложение началось при  $1500^\circ\text{C}$  и произошло при температуре выше  $1500^\circ\text{C}$ . При испытании огнеупорности смесей  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  и различных окисы было установлено, что более основные, чем  $\text{Al}_2\text{O}_3$  окисы, а также окислы металлов с меньшим ионным потенциалом, чем  $\text{Al}^{3+}$  вступают в реакцию с  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  с образованием новых фосфатных фаз, обладающих низкой температурой плавления и снижающих огнеупорность смесей. К таким окислам относятся  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Амфотерные, а также слабо кислотные окислы, которых ионный потенциал металла выше или приблизительно равен ионному потенциалу  $\text{Al}^{3+}$  образуют с  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  соединения с немного повышенной или римного ионизированной огнеупорностью. Среди исследованных окислов этой группы необходимо упомянуть  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Наиболее высокой огнеупорностью обладают смеси фосфатов алюминия с  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Фосфат алюминия, полученный из технического  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и фосфорной кислоты показывает положительные механические свойства только при нагревании до  $400^\circ\text{C}$  и выше. Сила связи зависит как от качества обрабатываемого  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ , так и от качества добавленной кислоты фосфат алюминия становится водостойким только при нагревании до  $450^\circ\text{C}$ . В температурном интервале до  $200^\circ\text{C}$  соединение не является водостойким.

Полученные результаты имеют большое практическое значение.

### Stanisław Pawlowski : Über einige Eigenschaften der Aluminiumphosphatbindung in der Feuerfesten Keramik

Es wurde die Feuerfestigkeit von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$  Gemengen mit verschiedenen molaren Verhältnissen untersucht. Es wurde festgestellt, daß in diesem Zweistoffsystem ein nichtfeuerfestes Aluminiummetaphosphat  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$  mit der Feuerfestigkeit von etwa  $1290^\circ\text{C}$ , wie auch ein feuerfestes Pyrophosphat  $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$  und ein feuerfestes Orthophosphat  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  bestehen, welche die Feuerfestigkeit von etwa  $2050^\circ\text{C}$  aufweisen. Das Aluminiumpyrophosphat gibt bei hohen Temperaturen 1 Mol  $\text{P}_2\text{O}_5$  ab und geht in die Orthoform über. Demnach ist das Aluminiumorthophosphat als der feuerfeste Grundbestandteil anzusehen. Um seine Beständigkeit bei hohen Temperaturen kennenzulernen wurden Proben von  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  in einem Temperaturbereich von  $120$  bis  $2050^\circ\text{C}$  erwärmt. Dabei wurden die ersten Zersetzungsanzeichen von  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  schon bei  $1300^\circ\text{C}$  festgestellt. Eine merkliche Zersetzung hat jedoch erst in einem Temperaturbereich von über  $1500^\circ\text{C}$  stattgefunden. Bei der Untersuchung der Feuerfestigkeit von  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ -Gemengen mit verschiedenen Oxiden wurde festgestellt, daß die Oxyde mit einer höheren Basizität als  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , das sind die Oxyde mit einem merklich kleineren Ionenpotential des betreffenden Metalls als  $\text{Al}^{3+}$ , reagieren mit  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  unter Bildung einer neuen Phase niedrigschmelzender Phosphate, welche die Feuerfestigkeit der Gemenge

herabsetzen. Zu solchen Oxyden gehören  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Amphotäre oder schwach saure Oxyde, deren Ionenpotential des betreffenden Metalls dem Ionenpotential von  $\text{Al}^{3+}$  annähert oder es übertrifft, geben mit  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  Verbindungen mit etwas herabgesetzten oder erhöhten Feuerfestigkeit. Von den untersuchten Oxyden dieser Gruppe sind die Oxyde  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zu erwähnen. Die höchste Feuerfestigkeit zeigen Mischungen von Aluminiumphosphat mit  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Eine aus technischem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und Phosphorsäure hergestellte Aluminiumphosphatbindung weist gute mechanische Eigenschaften erst bei etwa  $400^\circ\text{C}$  und höher auf. Die Bindungskraft hängt von der Menge des gebildeten  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ , das ist von der Menge der zugesetzten Säure ab. Die Aluminiumphosphatbindung wird wasserbeständig erst nach einem Aufwärmen bis ca.  $450^\circ\text{C}$ . In dem Temperaturbereich bis  $200^\circ\text{C}$  ist das vollkommene Fehlen der Wasserbeständigkeit zu beobachten.

Die erhaltenen Ergebnisse haben große praktische Bedeutung.

*Pawlowski, Stanislaw: Bond Properties of Aluminium Phosphates from the Point of Refractory Ceramics*

The refractoriness of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ — $\text{P}_2\text{O}_5$  mixes (of different A:P mix ratios) was investigated. The stable components of this binary system are: the not refractory  $\text{AP}_3$  (m. p.  $1290^\circ\text{C}$ ), and the refractory  $\text{A}_2\text{P}_3$  and AP (pyro- and orthophosphate, respectively, with refrac-

toriness of approx.  $2050^\circ\text{C}$ ). The pyrophosphate is transformed into orthophosphate at high temperatures with the simultaneous loss of 1 mole of  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; thus the orthophosphate is the basic refractory phase. The stability of this compound was investigated at high temperatures by heating AP samples within the temperature interval of  $120$ — $2050^\circ\text{C}$ . The first traces of AP-decomposition were found at temperatures as low as  $1350^\circ\text{C}$ , but considerable decomposition took place only above  $1500^\circ\text{C}$ . The examination of mixes of AP with other oxides showed that oxides being more basic than  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , as well as oxides of metals having considerably lower ionic potential than  $\text{Al}^{3+}$  react with AP and form a phosphate phase of low melting point, thus reducing the refractoriness of the mix.  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  belong to this group of oxides. Amphoteric or slightly acid oxides, of metals having similar or slightly higher ionic potential than  $\text{Al}^{3+}$  influence the refractoriness of mixes only inconsiderably; highest refractoriness was attained by the mixture of AP with zirconia, chromia and alumina. The good mechanical properties of AP, made of technical grade alumina and phosphoric acid can be attained only if heated to a temperature higher than  $400^\circ\text{C}$ . Bond strength depend on the amount of AP formed, resp. the amount of phosphoric acid added. The bond is waterproof only if fired higher than  $450^\circ\text{C}$ ; the compound is decidedly not waterproof below  $200^\circ\text{C}$ . These results are of high practical importance.

## Könyvismertetés

*Dr. Tamás Ferenc, Pál Imre: Fázisdiagramok anaglif ábrázolása. Műszaki Könyvkiadó, 1964.*

A második világháború után a szilikátipar világszerte hatalmas fejlődésnek indult. A jelentős mennyiségi felfutással egyidejűleg a gyártott termékfajták száma is megnövekedett a szilikátipar minden ágában. Új, korábban ismeretlen termékek és termékesoportok gyártását kezdték meg. Ugyanakkor azonban megnövekedtek az igények a szilikátipar hagyományos termékeivel szemben is.

Ez a hatalmas fejlődés ösztönzően hatott a szilikátipari tudományok fejlődésére is. A tudomány egyre inkább behatolt a korábban empirikusnak mondott szilikátiparok területére és segítségével lehetővé váltak a szilikátiparok új eredményei.

A felszabadulás a magyar szilikátipar történetében is új korszakot nyitott. A szilikátipar rohamos fejlődésnek indult, megkezdődött a szilikátkémiai oktatás, vele egy időben a szilikátipari kutatás és megindult a szakkönyv-kiadás is. Ma már elmondhatjuk, hogy a szilikátipar minden területén dolgozó szakemberek részére rendelkezésre áll magyar nyelvű szakirodalom.

A magyar nyelvű szakirodalom jelentős állomásként tartjuk nyilván Dr. Tamás Ferenc és Pál Imre: Fázisdiagramok anaglif ábrázolása c. könyvét.

Aki tanult valaha szilikátkémiát tudja, hogy a szilikátkémia talán legnehezebb, de minden esetre a legtitokzatosabbnak tartott része a fázisdiagramok értékelése. A két összetevős rendszerek értékelését a legtöbb tanuló még viszonylag könnyen elsajátítja, a három- és négy összetevős rendszerek értékelésénél azonban már igen sok nehézséggel találkozunk. Ha ehhez hozzátesszük azt, hogy a gyakorlatban végbemenő szilikátkémiai folyamatok értelmezéséhez és értékeléséhez a legtöbb esetben legalább három összetevős rendszereket kell értékelni, akkor lemerhetjük a könyv jelentőségét.

Az eddig megjelent egyes szakkönyvek foglalkoznak ugyan a fázisdiagramok értékelésével, azonban ez a könyv az első, amely a fázisdiagramok értékelését

tüzi ki kizárólagos célul és az alapfogalmaktól a négy összetevős rendszerekig tárgyalja a fázisdiagramok értékelését.

Az olvasót az első pillanathban megragadja a könyv világos, egyszerű stílusa és didaktikai módszere, amely lehetővé teszi, hogy a könyvet olyanok is tanulmányozhassák, akik a szilikátkémiai tanulmányokat azelőtt egyáltalán nem folytattak.

A könyv a fázisábrák jobb megértéséhez anaglif (tér láttató) ábrákat mellékel, amelyeket most először használnak fázisdiagramok értékelésére. Ennek jelentőségét, amely különösen a három- és négy összetevős rendszerek értelmezésénél mutatkozik meg, azok tudják elsősorban értékelni, akik a három, illetve négy összetevős rendszerek értelmezését a régi tankönyvek szerint és az anaglif ábrák segítségével is megpróbálják.

A könyv tartalmát tekintve négy fejezetre oszlik.

Az első fejezet az alapfogalmakat tárgyalja. A rendszer fogalmának magyarázatával kezdődik, majd a fázistörvény és a vele kapcsolatos fogalmak értelmezése következik. Ezekre az alapfogalmakra épülnek fel a fejezet többi részei, a rendszerek osztályozása, valamint a vegyületek olvadásának különböző típusainak magyarázata. A fejezet az ábrázolástechnikai alapfogalmak ismertetésével zárul.

A második fejezet a két összetevős rendszerekkel foglalkozik. Az egyszerű eutektikus rendszerből és az emelteszabályból kiindulva, mind minőségileg, mind mennyiségileg értelmezi a két összetevős rendszereket. A mennyiségi értékeléseket kidolgozott számpéldák illusztrálják.

A harmadik fejezet a három összetevős rendszereket tárgyalja. Az alapfogalmak (a súlyponti összefüggés, a hőmérséklet ábrázolása és a három összetevős rendszerek fázisábráinak általános ismérvei) ismertetése után részletesen tárgyalja a három összetevős rendszerek minőségi és mennyiségi értékelését. Az anaglif ábrák jelentősége itt már teljes egészében megmutatkozik és a szerzők jól ki is használják az ezekben az

(Folytatás a 338. oldalon)

# Magas hőmérsékleten égetett tűzálló termékek

SKALLA, NORBERT (Radenthein)

A bázikus tűzálló építőanyagok használata Magyarországról és Ausztriából kiindulva, elterjedt az egész világon. Sok fejlődési fokozatot ma már a technika kisajátított és meglepőnek látszik, hogy az ipar és a tudomány részéről a bázikus termékek iránt tanúsított nagy érdeklődés mellett, még mindig lehet a gyakorlat számára fontos, új és érdekes megállapításokat tenni. Ilyen fejlődési fokozathoz tartozik a magas hőmérsékleten égetett bázikus téglák területe, mely a legutóbbi időben különösen a szovjet, angol és amerikai kutatókat foglalkoztatta és amit ezeknek az országoknak az ipara a magáévá is tett. Magas hőmérsékleten égetett bázikus termékek alatt elsősorban krómérc-tartalmú termékeket értenek, amelyeket az eddig szokásos égetési hőmérsékletnél jóval magasabban 1700, sőt 1800 °C fölött égetnek. Ezek a termékek nagy mechanikai szilárdságuk következtében tűnnek ki. Ezt a kromit és a periklász közötti, eddig ismeretlen kötési mód fellépésével lehet magyarázni, amit a szovjet irodalomban krómspinellid kötésnek, az angol és amerikai irodalomban közvetlen kötésnek (direct bond) neveznek. Ezek a termékek a gyakorlatban nagyon jól beváltak. Ilyen termékek gyártása a gyakorlatban nagy nehézségekbe ütközik, mert a hagyományos kemencék általában nem alkalmasak ilyen magas hőmérsékletű előállítására és nagymértékben csökkenteni kell a rakási magasságot, hogy az áru méretpontos legyen. A felsorolt okok miatt vonatkozik viszonylag sok cég a bázikus termékek égetésétől magas hőmérsékleten. Az Osztrák-Amerikai Magnezitművek RT is nehéz elhatározás előtt állott. Tapasztalataink alapján először az alábbi három irányvonalat állapítottuk meg:

1. Tapasztalatok bázikus, krómérc-tartalmú téglákkal amelyet saját selejtből, vagy visszavásárolt törmelékből állítottak elő, tehát előégetett anyagot tartalmaznak.

\* A VIII. Szilikátipari Konferencián Molnár Pál előadásához elhangzott hozzászólás.

2. Tapasztalatok a magnezit és krómérc együttes égetésénél.

3. Ilyen bázikus termékek égetése 1700—1750 °C égetési hőmérsékleten.

Megkísértük, hogy a magnezit és a krómérc együttes égetésére olyan feltételeket találjunk, melyek lehetővé teszik a tömörreégetésre szolgáló kemencében a króm-spinellid kötés, vagy a periklász és a kromit közötti közvetlen kötés kialakulását.

Ez mintegy 50 kísérlet után sikerült egy kis kísérleti forgókemencében. A nyert ismeretek átvitele a gyakorlatba öröndetes módon nem okozott nehézségeket. Először Miskolcon a Bányászati és Kohászati Egyesület által rendezett előadáson javasoltuk a nyilvánosság előtt, hogy az ilyen szinterminőségeket, amelyeket magnezit és krómérc együttes égetésével állítanak elő és a hagyományos égetésnél olyan termékeket eredményeznek, amelyek magas hőmérsékleten égetett gyártmányok tulajdonságaival rendelkeznek, „Simultansinter”-nek nevezzék. Az égetés alatti összes rendszabályt szimultán égetés néven kell összefoglalni.

A szimultán égetésű köveknek, akár magnezitkróm, akár krómmagnezit tégláról van szó, a hideg nyomószilárdsága nagyobb, a nyomás alatti lágyulása és melegen a torziója lényegesen jobb, ami a magas hőmérsékleten égetett termékekre jellemző.

Eddig kb. 4000 t terméket gyártottunk krómmagnezit és magnezitkróm alapon és azzal a színesfém- és acéliparban jó eredményeket értünk el. Reméljük, hogy az ezzel az eljárással készült kövek tartóssága 40—50%-kal emelkedik.

*Skalla, Norbert: Magas hőmérsékleten égetett tűzálló termékek*

Скала Норберт: ОГНЕУПОРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, ОТЖИГАЕМЫЕ НА ВИСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

*Skalla, Norbert: Hochgebrannte feuerfeste Erzeugnisse*

*Skalla, Norbert: Refractories Fired at High Temperature*

(Folytatás a 337. oldalról)

ábrákban rejlő lehetőségeket. A mennyiségi értékelést e fejezetben is kidolgozott példák segítik.

A negyedik fejezet a négy összetevős rendszerek értékelését tárgyalja. A négy összetevős reciprok rendszerek fázisegyensúlyain keresztül jut el a valódi négy összetevős rendszerek minőségi és mennyiségi értékeléséhez.

Az elmondottakon kívül a könyvet a gyakorlat számára különösen értékesé teszi, hogy számítási módszert ad a szilikátrendszerek nem egyensúlyi állapotának értékelésére. Tudjuk, hogy a gyakorlatban

lejátszódó szilikátkémiai reakciók csak a legtrikább esetben jutnak el a termodinamikai egyensúlyhoz. A könyv egyszerű módszert ismertet a nem egyensúlyi állapot számítására és módszerét gyakorlati példákkal is igazolja.

A külföldi szakirodalom tanulmányozásának megkönnyítését szolgálja a specialis szak kifejezések angol, német és orosz nyelvű rövid szótára.

A könyvet sikerrel fogják forgatni mind a különböző fokon szilikátkémiát tanulók mind az ipar szakemberei.

*Molnár Gyula*

# A cementhabarcs gyúrásának hatása, különös tekintettel a gőzölésre

KILIÁN JÓZSEF—SZEPESI KÁROLY

(Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Építőanyagok tanszék, Budapest)

## 1. Bevezetés. Feltételezések

A betonok szilárdulásgyorsításának problémái világszerte az építőanyagkutatás középpontjába kerültek. Az 1964. évi RILEM Kongresszuson Moszkvában 72 dolgozatot vitattak meg ebben a témakörben. A beton szilárdulásgyorsítás fizikokémiai alapjainak témakörében például Nurse referátuma 19 publikációt ismertetett. Az összefoglaló nem volt teljes, de képet adott arról, hogy mi foglalkoztatja a kutatókat, hogyan állunk a szilárdulásgyorsítás régebbi és újabb módszereivel. Ismertették a ma szokásos eljárások jelentőségét és megpróbálták megmagyarázni a gyorsító hatások mechanizmusát. Budnyikov és munkatársai a hidrotermális kezelés kinetikáját vizsgálták, Butt és mások a cementkő szerkezetkialakulását helyezték előtérbe. Kejzer, Malinyin, Reinsdorf és mások a klinker ásványi összetételének szerepét tárgyalták.

A nemzetközi konferencián számos kérdést megpróbáltak újra fogalmazni. Ez részben sikerült, egészében azonban nem. Nehéz a szilárdulásgyorsítás különböző tényezőinek komplex értékelése és ezen a területen még sok kutatnivaló van. Jelen dolgozatunk kapcsolódik a témakörhöz és megpróbálunk néhány szempontot — véleményünk szerint a fontosabbak közül — előtérbe helyezni. A szilárdulásgyorsítással elsősorban a hidrotermális kezelés szempontjából foglalkozunk.

A betonok szilárdulását befolyásoló legfontosabb tényezők:

a fizikokémiai és kémiai reakciók jellege és sebessége,  
ezeken belül:

a vízforgalom és a habarcszhoz adagolt víz szerkezetéből folyó sajátosságok,

a hidratáció során keletkező portlandit diszperzitásfoka,

a klinker összetétele, szerkezete, őrlésfinomsága és az aktív adalékok ugyanezen tulajdonságai, valamint a szilárdítás technológiája.

Jelen tárgyalásban ez utóbbit nem részletezzük és elsősorban az előző tényezők hatásait hangsúlyozzuk.

A szilárdulást (különösen hidrotermális kezelés esetén) főképpen három ok befolyásolja előnyösen, vagy károsan;

a cementpép vízforgalmának iránya és sebessége,

a portlandit kristályainak nagysága, diszperzitásfoka,

a cement ásványi összetételéből adódó előnytelen szerkezetváltozások.

Megállapítható, hogy a cementpépben lényegében megegyező hidratációs termékek keletkeznek hidrotermális kezelés közben, mint normális

(kb. 20 °C-on) szilárdulás alatt. A hidratációs termékeknek egyrészt a kémiai összetétele, szerkezete, másrészt a diszperzitásfoka azonban a hőkezelések hőmérsékletének emelésével előnytelenül megváltozik, így durvább lesz a mikro-szerkezet. A szilárdulás során keletkező hidratvegyületek közül elsősorban a mészhidrát (portlandit) szerkezete durvul el a legnagyobb mértékben és a nagy kristályok megszakitják, ronsolják a cementkő szövetét. A portlandit kristály néhány mikrontól mintegy száz mikron nagyságot vehet fel vagyis a diszperzitásfoka nagyságrendekkel változhat. Másrészt a megszilárdult cementkőnek főképpen az alumíniumhidrátjai és a nagyobb fokú vízvesztése miatt romlik a szerkezete. Hidrotermális kezelés (pl. gőzölés) alatt a felfűtés kezdetén a habarcs hidegebb a gőztérnél, tehát víz csapódik rá, ami rövid pihentetés esetén a keverővízhez képest további hűtést, így előnytelen vízcementtényező-kialakulást okozhat. A hidrotermális kezelés második periódusában az előzőhöz képest fordított vízforgalom alakulhat ki; a habarcs a gőztérhez viszonyítva túlmelegedik és víz távozik el belőle, ami egyrészt lassítja, illetve lehetetlenné teszi a megfelelő mértékű hidratációt, másrészt a dilatáció fellazítja a habarcs szerkezetét. A víz szerepét azonban a vízforgalmon túlmenően is meg kell világítani.

A hidratáció sebességét, mélységét és a hidratációs termékek minőségét befolyásolják a víz szerkezetéből adódó körülmények is. A kémiailag tiszta víz — mint ismeretes — nem elementáris diszkrét vízmolekulák halmazának tekinthető — különösen közönséges hőmérsékleten — hanem másodlagos kötőerőkkel létrejött 6 molekulás halmazokból áll főképpen. Ezek a hatos halmazok — bár gyöngébb, de még mindig jelentős — kötőerőkkel még nagyobb halmazokat alkotnak, amelyek ugyan általában nem tartósak, széjjeljesnek, de nyomban új csoportosulásban újra keletkeznek (cibataktikus állapot). A hőmérséklet, illetve a hőmozgás a cibataktikus állapotot, illetve az egyedi vízmolekulák halmazokba való tömörülését akadályozza és a forrás hőmérsékletén majdnem teljesen megszünteti. Az elemi vízcseppekben tehát több molekula gyengén kötve alkot ún. láncokat. Így a hőmérséklet emelkedése növeli a molekuláris aprítottságot, mert 20 °C-on az elemi cseppek 6 molekulás láncokból állnak, de pl. 60 °C-on 2—3 molekulás láncok vannak. Diszpergáló hatása van a különféle elektrolitoknak, a vibrálásnak, vakuumozásnak vagy pl. a víz ultrahangos kezelésének stb. A hidratáció során kialakuló gélpórusokban többmolekulás vízláncok nem férnek el, tehát már ez is determinálja a víz molekuláris aprítottságát. Ezen túlmenően a hidratációhoz, illetve a cement lekötéséhez főként ionosan diszpergált víz szükséges.

A cement őrlemény felületén, tehát így a betonban is a víz a kapillár pórusokban kezdetben

láncszerűen kötött, vagyis a molekulák lazán, csupán adhéziós erőkkel kötve helyezkednek el és szerepük a vízforgalomban ezért előnytelen, mert könnyen elpárolognak. Ezzel szemben az adszorpciós víz erősebben kötött és nehezebben párolog el. Ezért a cement lekötés (kémiai kötés) előtt hőkezelés esetén a vizet előbb adszorpciós pozícióba kell juttatni.

Az előzők szerint kettős feladatot kellene a szilárdulásgyorsítás, illetve a gőzölhetőség fokozása szempontjából teljesíteni. Egyrészt a vizet megfelelő diszperzitással, így nagyobb energia-kötéssel és többségében adszorpciós vízként bevinni habarcsba, másrészt megakadályozni a nagy-kristályos portlandit keletkezését, továbbá a lekötött alumináthidrátokból a víz egy részének eltávolítását.

A feladat megoldásának kutatására az ÉTI megbízásából a 26.01.06.05 sz. „Vizsgálatok a cementek gőzölhetőségének jobb kialakítására” c. témában és a KGST EÁB 10. témájában folytattunk kísérleteket 1963-ban. A feladat elsősorban Szepesi Károly által kidolgozott tematika és ezen belül a gyűrés technológia alkalmazása volt, kiegészítve aktív anyagok és víztartó pufferek hatásának vizsgálatával. Továbbiakban ezekről számolunk be.

## 2. Kísérleti anyagok és technológiák

A vizsgálatainkat 4-féle cementtel (L 500, Bél 500 portlandcementtel, T 600 klinkerrel és H 400 kohósalakportlandcementtel,) valamint 3-féle hidraulittal (pernye, kohósalak és bauxit) végeztük. A vizsgált cementek és hidraulitok oxidos analízisét, valamint egyéb adatait az 1. táblázat tartalmazza. Alkalmaztunk ezen kívül az alumináttartalom hatásának tanulmányozására hidrargillites, bőhmites bauxitot. Ezeket az aktív anyagokat 5, illetve 15%-ban használtuk a száraz keverék teljes súlyához viszonyítva. Víztartó pufferként a cement 2, illetve 4%-át istenmezei Ca-bentonittal helyettesítettük (montmorillonit-tartalom 48%). Higroszkóposág előidézésére alkalmaztunk a calciumnitrátot a cement súlyának 1 és 2 százalékában. Az anyag purum  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$  volt. Az aktív adalékokat, puffereket és vegyszereket egyelőre csak a lábatlani 500-as portlandcementtel (L 500) vizsgáltuk. Így is 14 féle anyagra terjedt ki a kutatás.

Az 1. táblázattal kapcsolatban megjegyezzük, hogy a pernye nagy fajlagos felületét kutatási céljainknak megfelelően laboratóriumi golyósmalomban való továbbőrléssel biztosítottuk.

Az előzőekben ismertetett kísérleti anyagokból MSz 523 szerinti normál-konzisztenciájú pépeket

A vizsgált cementek és hidraulitok oxidos analízise és egyéb adatai

1. táblázat

|                                               | T 600-as klinker | L 500-as pc | Bél 500-as pc | Tatabányai pernye | Diósgyőri kohósalak |
|-----------------------------------------------|------------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|
| Izz. veszt. ....                              | 0,58             | 0,79        | 1,40          | 2,49              |                     |
| Oldhatatlan ....                              | 0,22             | 3,16        |               |                   |                     |
| 20 % K(OH)-ban oldható $\text{SiO}_2$         |                  |             |               | 12,81             | 1,87                |
| $\text{SiO}_2$ .....                          | 22,00            | 22,00       | 23,25         | 46,43             | 36,41               |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....                 | 6,24             | 5,73        | 6,10          | 31,11             | 8,85                |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....                 | 2,73             | 3,22        | 3,27          | 8,70              | 1,46                |
| CaO .....                                     | 65,37            | 62,10       | 62,24         | 5,46              | 45,01               |
| MgO .....                                     | 2,30             | 1,98        | 2,01          | 2,41              | 2,82                |
| $\text{SO}_3$ .....                           | 0,28             | 2,15        | 1,35          | 2,26              | 3,12                |
| Szabad CaO ....                               |                  | 1,56        | 1,40          |                   |                     |
| Fajlagos felület $\text{cm}^2/\text{g}$ ..... | 2180             | 3130        | 2610          | 4001              | 2545                |
| $\text{C}_3\text{S}$ .....                    | 40,22            | 22,50*      | 15,99**       |                   |                     |
| $\text{C}_2\text{S}$ .....                    | 36,03            | 47,97       | 55,95         |                   |                     |
| $\text{C}_3\text{A}$ .....                    | 11,90            | 9,73        | 10,65         |                   |                     |
| $\text{C}_4\text{AF}$ .....                   | 8,20             | 9,79        | 9,93          |                   |                     |

\* A L 500 pc kb. 5% pernyét tartalmaz.

\*\* A Bél 500-as pc 10% kohósalakot tartalmaz. Ezért ezen két cement alacsony  $\text{C}_3\text{S}$  tartalmúnak mutatkozik. Így a klinkerásványok számítása csak közelítő.

A különböző hazai cementek és cementkeverékek szilárdulása

2. táblázat

| A habarcs összetétele<br>(szárazanyag súlyaránya)   | A próba-<br>test kora<br>(nap) | Normálisan szilárdult            |                    |                        | 4 óráig gőzölt                   |                   |                        | 8 óráig gőzölt                   |                   |                        | Autoklávolt 4 órás               |               |                        | Autoklávolt 8 órás               |               |                        |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|---------------|------------------------|----------------------------------|---------------|------------------------|
|                                                     |                                | nyomószil. (kp/cm <sup>2</sup> ) |                    | szil. növe-<br>kedés % | nyomószil. (kp/cm <sup>2</sup> ) |                   | szil. növe-<br>kedés % | nyomószil. (kp/cm <sup>2</sup> ) |                   | szil. növe-<br>kedés % | nyomószil. (kp/cm <sup>2</sup> ) |               | szil. növe-<br>kedés % | nyomószil. (kp/cm <sup>2</sup> ) |               | szil. növe-<br>kedés % |
|                                                     |                                | norm.                            | gyúrt              |                        | norm.                            | gyúrt             |                        | norm.                            | gyúrt             |                        | norm.                            | gyúrt         |                        | norm.                            | gyúrt         |                        |
| Tiszta cement lábatlani 500-as                      | 1<br>7<br>28                   | 440<br>700<br>859                | 598<br>945<br>1024 | 36<br>35<br>19         | 507<br>731<br>747                | 731<br>945<br>896 | 47<br>—<br>20          | 540<br>685<br>724                | 685<br>888<br>888 | 27<br>—<br>23          | 491<br>665<br>—                  | 665<br>—<br>— | 35<br>—<br>—           | 621<br>633<br>—                  | 633<br>—<br>— | 2<br>—<br>—            |
| 95 % cement + 5 % pernye                            | 1<br>7<br>28                   | 347<br>692<br>928                | 441<br>772<br>973  | 27<br>11<br>5          | 524<br>748<br>719                | 748<br>—<br>776   | 43<br>—<br>8           | 527<br>615<br>621                | 615<br>824<br>824 | 17<br>—<br>33          | 505<br>619<br>—                  | 619<br>—<br>— | 23<br>—<br>—           | 507<br>495<br>—                  | 495<br>—<br>— | —2<br>—<br>—           |
| 85 % cement + 15 % pernye                           | 1<br>7<br>28                   | 265<br>633<br>836                | 325<br>723<br>888  | 23<br>14<br>6          | 490<br>736<br>697                | 736<br>—<br>758   | 70<br>—<br>9           | 460<br>648<br>548                | 648<br>—<br>760   | 39<br>—<br>39          | 409<br>505<br>—                  | 505<br>—<br>— | 23<br>—<br>—           | 402<br>413<br>—                  | 413<br>—<br>— | 3<br>—<br>—            |
| 95 % cement + 5 % kohósalak                         | 1<br>7<br>28                   | 300<br>776<br>841                | 412<br>845<br>928  | 34<br>9<br>10          | 534<br>739<br>739                | 739<br>—<br>808   | 38<br>—<br>9           | 525<br>650<br>621                | 650<br>767<br>767 | 24<br>—<br>24          | 633<br>664<br>—                  | 664<br>—<br>— | 5<br>—<br>—            | 479<br>557<br>—                  | 557<br>—<br>— | 16<br>—<br>—           |
| 85 % cement + 15 % kohósalak                        | 1<br>7<br>28                   | 225<br>664<br>734                | 369<br>796<br>930  | 64<br>20<br>27         | 477<br>666<br>666                | 704<br>—<br>772   | 48<br>—<br>16          | 480<br>588<br>588                | 636<br>788<br>788 | 32<br>—<br>34          | 588<br>624<br>—                  | 624<br>—<br>— | 6<br>—<br>—            | 403<br>481<br>—                  | 481<br>—<br>— | 19<br>—<br>—           |
| 95 % cement + 5 % bauxit                            | 1<br>7<br>28                   | 300<br>736<br>796                | 420<br>754<br>904  | 40<br>2<br>14          | 532<br>628<br>671                | 628<br>—<br>766   | 18<br>—<br>14          | 504<br>560<br>581                | 560<br>708<br>708 | 11<br>—<br>22          | 396<br>496<br>—                  | 496<br>—<br>— | 25<br>—<br>—           | 361<br>436<br>—                  | 436<br>—<br>— | 21<br>—<br>—           |
| 85 % cement + 15 % bauxit                           | 1<br>7<br>28                   | 212<br>564<br>676                | 287<br>666<br>748  | 35<br>18<br>11         | 296<br>380<br>380                | 360<br>—<br>465   | 22<br>—<br>22          | 301<br>384<br>384                | 333<br>468<br>468 | 10<br>—<br>22          | 189<br>326<br>—                  | 326<br>—<br>— | 73<br>—<br>—           | 203<br>291<br>—                  | 291<br>—<br>— | 43<br>—<br>—           |
| 98 % cement + 2 % bentonit                          | 1<br>7<br>28                   | 344<br>464<br>681                | 366<br>557<br>803  | 6<br>20<br>18          | 504<br>678<br>678                | 548<br>—<br>767   | 8<br>—<br>13           | 531<br>648<br>648                | 563<br>699<br>699 | 6<br>—<br>8            | 337<br>418<br>—                  | 418<br>—<br>— | 24<br>—<br>—           | 456<br>440<br>—                  | 440<br>—<br>— | — 3<br>—<br>—          |
| 96 % cement + 4 % bentonit                          | 1<br>7<br>28                   | 260<br>535<br>656                | 284<br>564<br>649  | 9<br>5<br>—1           | 408<br>596<br>596                | 469<br>—<br>624   | 15<br>—<br>5           | 452<br>563<br>563                | 466<br>621<br>621 | 3<br>—<br>10           | 440<br>443<br>—                  | 443<br>—<br>— | 1<br>—<br>—            | 433<br>372<br>—                  | 372<br>—<br>— | —14<br>—<br>—          |
| 99 % cement + 1 % Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 1<br>7<br>28                   | 372<br>781<br>932                | 424<br>909<br>1029 | 14<br>16<br>10         | 523<br>775<br>775                | 776<br>—<br>920   | 48<br>—<br>19          | 720<br>765<br>765                | 805<br>847<br>847 | 12<br>—<br>11          | 248<br>344<br>—                  | 344<br>—<br>— | 39<br>—<br>—           | 292<br>345<br>—                  | 345<br>—<br>— | 18<br>—<br>—           |
| 98 % cement + 2 % Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 1<br>7<br>28                   | 283<br>758<br>883                | 327<br>800<br>969  | 16<br>6<br>10          | 441<br>604<br>604                | 677<br>—<br>840   | 54<br>—<br>39          | 510<br>813<br>813                | 607<br>889<br>889 | 19<br>—<br>9           | 244<br>270<br>—                  | 270<br>—<br>— | 11<br>—<br>—           | 223<br>321<br>—                  | 321<br>—<br>— | 44<br>—<br>—           |
| Tiszta cement tatabányai 600-as                     | 1<br>7<br>28                   | 327<br>780<br>932                | 352<br>813<br>910  | 8<br>4<br>—2           | 556<br>725<br>725                | 615<br>—<br>837   | 11<br>—<br>15          | 600<br>792<br>792                | 652<br>866<br>866 | 9<br>—<br>9            | 421<br>609<br>—                  | 609<br>—<br>— | 45<br>—<br>—           | 492<br>627<br>—                  | 627<br>—<br>— | 27<br>—<br>—           |
| Tiszta cement belapátfalvai 500-as                  | 1<br>7<br>28                   | 249<br>495<br>673                | 324<br>596<br>726  | 30<br>20<br>8          | 431<br>652<br>652                | 553<br>—<br>778   | 28<br>—<br>19          | 518<br>724<br>724                | 526<br>748<br>748 | 2<br>—<br>3            | 450<br>—<br>—                    | 609<br>—<br>— | 35<br>—<br>—           | 595<br>601<br>—                  | 601<br>—<br>— | 1<br>—<br>—            |
| Tiszta cement hejőcsabai 400-as                     | 1<br>7<br>28                   | 83<br>288<br>514                 | 83<br>315<br>586   | 0<br>9<br>14           | 232<br>461<br>461                | 361<br>—<br>535   | 56<br>—<br>16          | 325<br>490<br>490                | 436<br>548<br>548 | 34<br>—<br>12          | 273<br>—<br>—                    | 405<br>—<br>— | 33<br>—<br>—           | 393<br>541<br>—                  | 541<br>—<br>— | 38<br>—<br>—           |

készítettünk és a szilárdulást 3—3 db  $4 \times 4 \times 16$  cm-es testen vizsgáltuk.

A pépeket vagy rendszeren (normálisan) kevertük 2 percig, vagy Szepesi Károly szabadalmazott eljárása szerint gyúrtuk csigasajtólón kb. 2 percig. A gyúrás a kötésvíznél 3—4%-kal kisebb vízádagolású pépeken végeztük és utólagos vízádagolással állítottuk be a szabványos normál konzisztenciát. A 2 perces gyúrás közben a pépek kb. hatszor mentek át az igen rövid csigasajtólón. A gyúráshoz alkalmazott csigasajtó közönséges húsdaráló (elektromos meghajtású) volt.

A próbatesteket különböző érleléssel szilárdítottuk:

Normális szilárdulás nedves tárolással kb. 20 °C-on, 1, 7, 28 napos szilárdságok mérésével;

Gőzölés 80 °C-on 4, illetve 8 órás izotermikus érleléssel (2 órás előzetes pihentetéssel) az 1 és 28 napos szilárdságok mérésével;

Autokláválás 10 atmoszférán 4, illetve 8 órás izotermikus érleléssel (2 órás előzetes pihentetéssel) az 1 napos szilárdságok mérésével;

A pihentetési idő hatásának vizsgálata az előzőekben közölt gőzölés és autokláválás mellett 0, 2, 4, 8 és 24 órás pihentetés után.

A kísérleteknél mértük a próbatestek nyomószilárdságát és hajlítóhúzó szilárdságát, a hidrotértermális kezelés alatti vízel távozást (száradást).

Ezen kívül vizsgáltuk a cementkő szövet-szerkezetének és ásványi hidrát összetételének változását mikroszkópiai úton, illetve leg röntgendiffraktométerrel. Ezeket a vizsgálatokat laboratóriumunkban készítettük elő, a méréseket azonban Gyarmathy Gyula vegyész mérnök végezte. A kutatási témában együttműködött velünk az ÉKA KKI-ban Dr. Boross Jánosné tudományos munkatárs, aki a vízfelvétel mennyiségi és minőségi viszonyait és a portlandit-képződést derivatográfiaival vizsgálta. A problémakör derivatográfiai értékelése külön publikációra tarthat igényt.

### 3. A kísérletek eredményei és azok értékelése

A kísérleti eredmények feldolgozásánál a kitűzött célnak megfelelően a különböző cementek, illetve aktív anyagok szilárdulásgyorsulását a gyúrás vonatkozásában dolgoztuk fel. A feldolgozás csak a nyomószilárdságokra terjedt ki, de megjegyezzük, hogy a hajlítóhúzó szilárdságok is hasonlóan alakultak.

A különböző hazai cementek és cementkeverékek szilárdulását a 2. táblázat tartalmazza. A pihentetési idő hatását diagramokon szemléltetjük. A kísérleti eredmények táblázatos feldolgozásánál sokkal szemléletesebb az eredmények diagramos értékelése, ezért a továbbiakban a jelenségek magyarázatánál az ábrákra hivatkozunk.

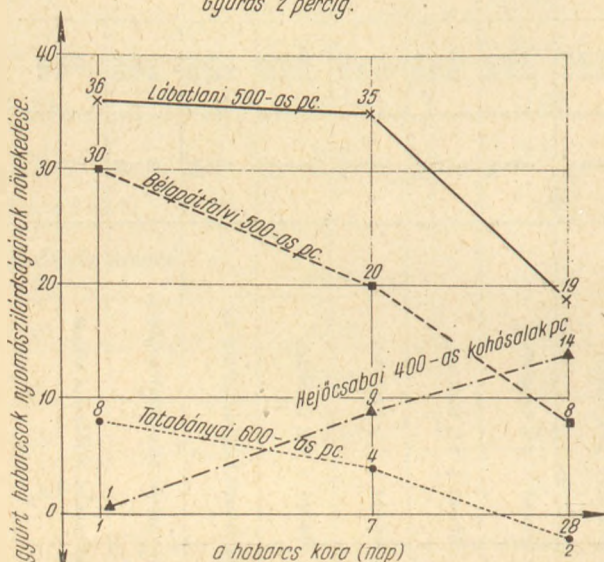
A gyúrás szilárdulásgyorsító és szilárdságnövelő hatása normális szilárdulás esetén különösen fiatal korban érvényesül az 1. ábra szerint. Különösen eredményes a gyúrás L 500-as és Bél 500-as portlandcementeknél. A tatabányai és a hejőcsabai cement viselkedésének további vizsgálatára van szükség.

A gyúrás szilárdulásgyorsító és szilárdságnövelő hatását a derivatográfiai vizsgálatok során kapott dehidratációs értékekből más publikációban dolgozzuk fel.

Hidrotértermális kezeléskor számítottunk arra, hogy a gyúrt habarcsokban a víz a kezdeti időben erősebben kötődik, mint a szokásos módon (rendszeren) kevert habarcsokban. Ez különösen élesen jelentkezett a pihentetési idő hatásának vizsgálatánál. A pihentetési idő és a hőkezelés alatti vízel távozás nagysága közötti összefüggés feltételeztük, de számszerű adatokat hazai vizsgálatokkal először a 2. ábrán közlünk. Az ábra szerint gyúrás nélkül a rövid pihentetési idejű próbatestek gőzölés közben elvesztik a keverővizük 25—30%-át. Még nagyobb a vízvesztés autokláválásnál, amikor az 55—60%-ot is elérhet.

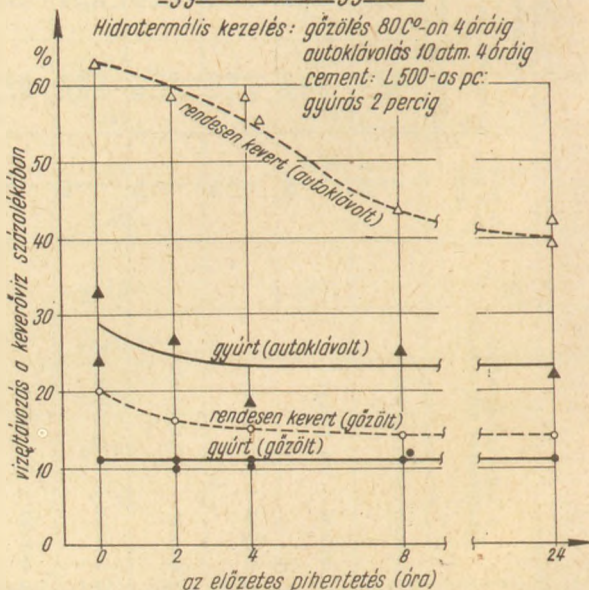
A gyúrás szilárdságnövelő hatása normális szilárdulás esetén.

Gyúrás 2 percig.



1. ábra

Hőkezelés alatti vízel távozás és a gyúrás összefüggései.



2. ábra

Ezzel szemben a gyúráskor kialakuló adszorpciós víz nehezebben távozik el és ennek megfelelően kisebbek a száradási értékek. Tehát ez a magyarázata elsősorban a 3. ábrán szemléltetett szilárdságnövekedésnek, amely annál nagyobb, minél rövidebb pihentetési időben, illetve minél magasabb hőmérsékletű hidrotermális kezelés vonatkozásában vizsgáljuk. A gyúrák ezek szerint hatásos módszer a hidrotermális kezelés előtti pihentetés lerövidítésére is.

Ismét utalunk tehát arra, hogy a gyúrák első sorban a vízfelvétel módját, illetőleg a kezdeti víz pozícióját és a portlandit diszperzitásfokát változtatja meg kedvezően és ez a körülmény jelentkezik a szilárdságnövekedésben.

A gyúrák hatását a különféle hidraulittartalmú habarcsok szilárdságára normális szilárdulás esetén és gőzölés után a 4. és 5. ábrák szemléltetik.

A 4. ábra szerint a normális szilárdulású habarcsok minden korban (1, 7, 28 nap) lényegesen nagyobb szilárdságúak gyúrák után, mint közönséges keverés esetében. Különösen jelentős a szilárdsági különbségek 1 napos korban és 28 napos korban kohósalak adagolás esetén.

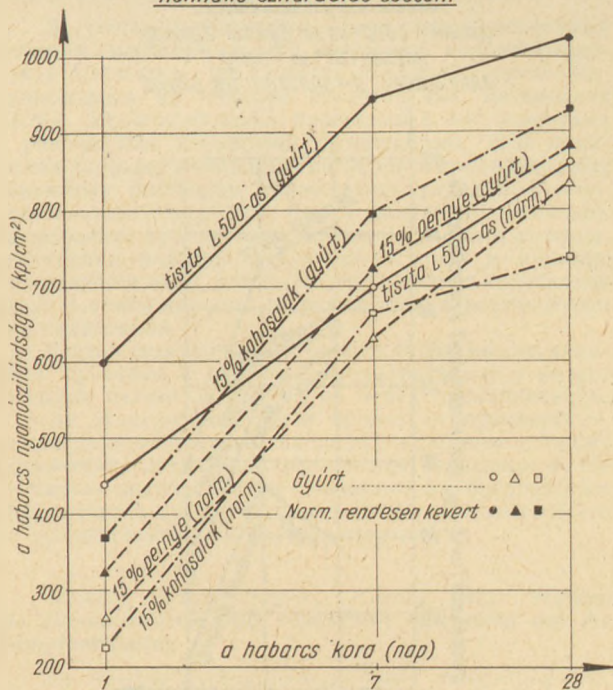
Még nagyobbak a gyúrák okozta szilárdságnövekedések gőzölés után (5. ábra).

Legfontosabb hatás, — amelyet a hátralevő ábrák is igazolnak — hogy a gyúrással a gőzölés után 80—90%-os hatásfokot értünk el, vagyis kb. annyit, mint rendes keverés esetén a gőzölés után 28 napos korban. Az 5. ábra szerint a gyúrák utáni gőzölés hatásfoka kb. 150%-a a rendes gőzölés hatásfokának.

A 15% kohósalaktartalmú gőzölt habarcsok 28 napos szilárdsága 105% volt a normális szilárdságú 28 naposhoz viszonyítva.

A gőzölt pernyés habarcsok hidrotermális kezelésénél képződött kalciumalumináthidrátok

#### A hidraulit adagolás és a gyúrák összefüggései normális szilárdulás esetén.

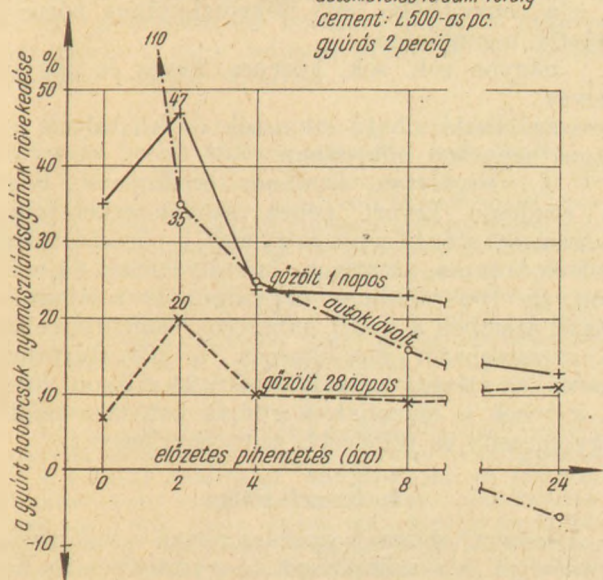


4. ábra

kat nagyobb mennyiségben tartalmaznak, mint a kohósalak cementek. Ez a körülmény okozta a rosszabb gőzölhetőséget. Feltehetjük, hogy  $Al_2O_3$ -ban szegény pernyék, illetve  $SiO_2$ -ben gazdag más puccolános anyagok esetében a gőzölhetőség lényegesen javul. Amennyiben az elért szilárdságnövekedés betontechnológiailag is

#### Az előzetes pihentetés és a gyúrák összefüggése hidrotermális kezelés esetén.

Hidrotermális kezelés: gőzölés 80°C-on 4 óráig  
autoklaválás 10 atm. 4 óráig  
cement: L500-as pc.  
gyúrák 2 percig

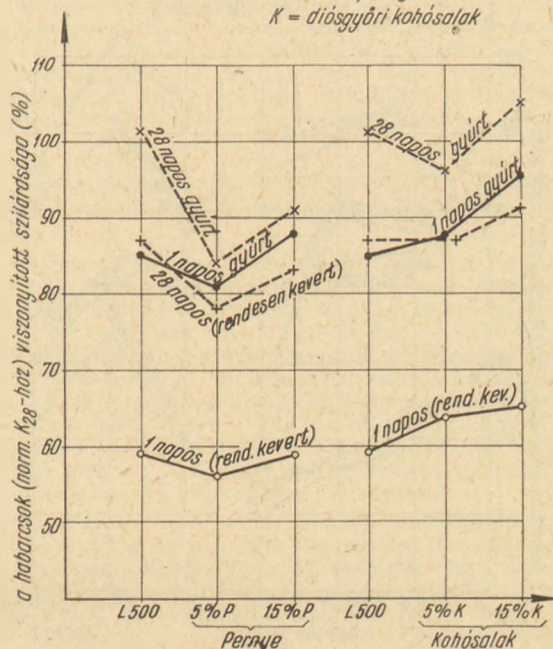


3. ábra

#### A gőzölés és a gyúrák összefüggése aktív adalékok adagolása esetén.

Aktív adalékok: P = totai pernye

K = diósgyári kohósalak



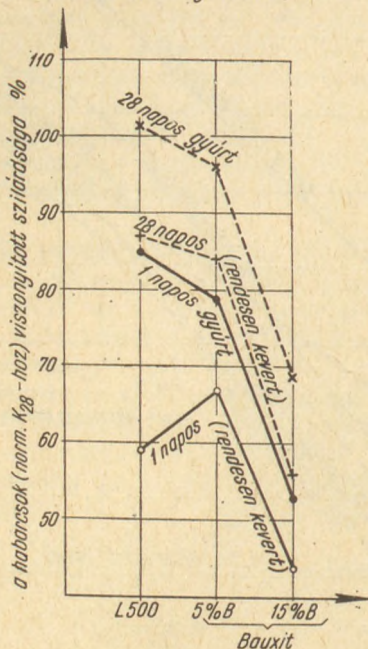
5. ábra

#### 4 gőzölés és a gyúrás összefüggése bauxit adagolás esetén.

Cement: L 500-as pc. Gyúrás 2 percig.

Gőzölés 80°C-on 4 óráig.

Aktiv adalék: B = hidrargillites bauxit



6. ábra

hasznosítható, a gyúrás az összes kombinált eljárás közül a legnagyobb eredményt hozhatja.

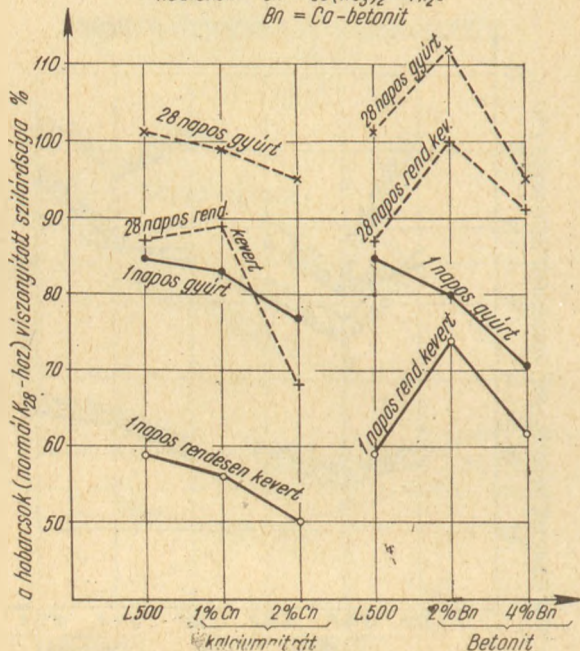
Az alumínium hatás vizsgálatára bauxitot adagoltunk. A gőzölés és a gyúrás összefüggését

#### A gőzölés és a gyúrás összefüggése víztartó adalékok esetén.

Cement: L 500-as pc. Gyúrás 2 percig. Gőzölés 80°C-on 4 óráig

Adalékok: Cn =  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Bn = Ca-bentonit



7. ábra

bauxit adagolás esetén a 6. ábra szemlélteti. Az alumínát hatás gőzölésnél általában kedvezőtlen, mert a kis önszilárdságú hidratációs termékek rontják a cementkő szilárdságát. Bauxit adagolással a portlandcementből szabaddá váló portlandit rovására a bauxit alumínáthidrátjaiból (hidrargillit, böhmít) kalciumalumínáthidrátok keletkeznek hidrotermális úton, amelyek a gőzölés folyamán vizet veszítve egyúttal bomlanak is. Ez a körülmény okozza a rossz gőzölhetőséget.

Még kedvezőtlenebb a helyzet a normális szilárdulással való összehasonlításban, mert a normális szilárdulás esetén az alumínát hatás szilárdulásgyorsításban jelentkezik, tehát a 100  $K_{g\text{öz}}/K_{28}$  normál értékek még a tényleges gőzölési értékeknél is alacsonyabbak.

A gőzölés és a gyúrás kapcsolatát vizsgáltuk víztartó adalékok esetén. Az eredményeket a 7. ábrán közöljük. A kalciumnitrát nem növelte a relatív szilárdságokat, tehát normális szilárdulás esetén jobban gyorsítja a hidratációt, mint gőzölésnél. A gőzölt habarcsok szilárdságára a kalciumnitrát azért nincs különös hatással, mert víztartó képessége (higrószkópos hatás) ilyen adagolásnál (1–2%) még nem számottevő. A bentonit hatása 2% esetén volt pozitív és jobban érvényesült rendes keverésnél, mint gyúrásnál. Feltételezhető, hogy utóbbi esetben a víztartó képesség bentonit nélkül is kielégítő mértékű. Másrészt gyúrásnál a bentonit gyorsabban elbomlik mészhatására.

A röntgendiffraktométeres vizsgálataink szerint kimutatható, hogy a gyúrás izotermikus érlelés esetén a cement nagyobb mérvű hidratációját segíti elő és a hidratáció sebességét növeli meg.

A gyúrás hatása az izotermikus érlelés intenzitásával fokozódik.

A szövetszerkezet vizsgálatára 40 csiszolaton mikroszkopiai felvételeket is végeztünk. A felvételeket az alábbiak szerint értékeltük:

a cementkő szövetszerkezetét alkotó szemcsék körülhatároltsága (szemcsehatár)

éles, erős, közepes, gyenge és elmosódott, a cementkőbe levő mikroszkopikus pórusok relatív mennyisége

nagyon sok, sok, közepes, kevés és nagyon kevés,

az elhatárolható szemcsék és kristályok átlagos nagysága mikronban.

A vizsgálatok általános eredménye, hogy a rendszeren kevert pépek szövetszerkezetében a szemcsehatár közepes és gyenge, a pórustartalom sok és közepes, az átlagos kristályátmérő 35 mikron, de 100 mikronos nagyságok is találhatók. Ezzel szemben a gyúrt habarcsok cementkőjében a szemcsehatár éles-közepes, a pórustartalom kevés, az átlagos kristályátmérő 25 mikron. Ezek a mérések is igazolják a gyúrás hatására előállt egységesebb és tömörebb szövetszerkezetet.

#### 4. Összefoglalás

A cementhabarcsok gyúrása növeli a szilárdulás sebességét és a szilárdságot. A gyúrás pozitív hatása legjobban a hidrotermális kezelés esetén ér-

vényesül, mert a gőzölés hatásfokát nagymértékben javítja. A cementhabarcsok előzetes gyúrása a gőzölés előtti pihentetési időt lerövidíti és így megteremti a hatásos gyorsgőzölés feltételeit. A gyúrt habarcsok víztartóképeségének növekedése megakadályozza a gőzölt betonok kiszáradását, csökkenti ezáltal a gőzölési hibák lehetőségét. Aktív adalékként hidrotermális kezelésnél előnyös az őrlött kohósalak. Víztartó pufferként hatásos normális keverés esetén 2% bentonit. Bentonit adagolás gyúrás esetén a gőzölés hatásfokát nem javítja, tehát alkalmazása felesleges. A gyúrással kombinált gőzölés a cementkő szövet-szerkezetét homogénabbá, valamint tömörebbé teszi és a mikroszkópiailag mérhető átlagos kristálynagyságok kisebbek mint rendes keverés után.

A kísérletek szerint a gyúrással kombinált gőzölés előnyei egyértelműek és betontechnológiai kipróbálásuk sikerekkel kecsegtet. A tanszék jelen évi kutatómunkája többek között az itt ismertetett technológia betonogőzölési vizsgálatára irányul. Ugyancsak feldolgozzuk a vízforgalomra vonatkozó kísérleteinket.

Az előzők alapján részben bizonyítást nyert, hogy a betonok hidrotermális kezelésénél, — közelebbről a betongőzölésnél — legfontosabb tényező a víz szerkezete és a vízforgalom szabályozása, valamint a hidratáció során keletkező portlandit kristályok nagysága. Ezeket a tényezőket tovább vizsgáljuk a pozitív hatások biztosítása és ezen keresztül a betonok gőzölhetőségének javítása céljából. A belites jellegű cementek rövid pihentetés esetén rosszul gőzölhetők, mert a víz adhéziós pozícióban marad legnagyobb részben és a gőzölés folyamán kipárolog. Ellenben az alitos cementek is rosszul gőzölhetők, ha durva őrlésűek, kis fajlagos felületűek, mert rövid pihentetés esetén hasonló helyzet áll elő. Minden cementnél meg lehet javítani a gőzölhetőséget, ha a keverővizet adhéziós pozícióból még a gőzölés előtt adszorpciós pozícióba visszük. Ellenben minden gőzölhetőségnek gátja egy határon felüli alumináttartalom, vagyis a cement rossz ásványi összetétele, mert a kalciumalumináthidrátok a részben molekulárisan kötött vizüket a gőzölés alatt részben vagy teljesen elvesztik és ezáltal szerkezeti romlást okoznak.

*Kilián József—Szepesi Károly: A cementhabarcs gyúrásának hatása különös tekintettel a gőzölésre*

A cikk az ÉKME Építőanyagok tanszékén, a cementhabarcsok gyúrással kombinált hidrotermális kezelésének hatásait vizsgáló kutatások eredményeiről számol be. A vizsgálatokat négyféle cementtel és különböző aktív anyagokkal végezték. A gőzölt cementhabarcsok víztartóképeségének növelésére segédanyagokat is adagoltak. A beszámoló kiemeli a gőzölt betonok szilárdulását befolyásoló tényezők közül a víz szerkezetéből eredő hatásoknak és a vízforgalomnak, valamint a hidratáció során keletkező mészhidrát (portlandit) kristályok nagyságának a szerepét.

A beszámoló foglalkozik a gyúrás és a gőzölt cement habarcsok előzetes pihentetése közötti összefüggésekkel. A kutatás szilárdsági, mikroszkópi és röntgendiffraktométeres vizsgálatokkal történt, valamint termikus analízissel, mely utóbbi csak később kerül feldolgozásra. A tanulmány rámutat a jó gőzölhetőség feltételeire, illetőleg ezek betontechnológiai teljesíthetőségére.

*Килиан Йозеф—Сенеш Карой: ВЛИЯНИЕ МЕТОДА КРУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА ПРИ ПРОПАРИВАНИИ.*

В статье описываются результаты испытаний влияния гидротермической обработки, комбинированной с кручением, на свойства цементных растворов, проведенных на кафедре строительных материалов ЕКМЕ. Испытание были проведены с 4мя цементами и различными активными материалами. Для повышения водоудерживающей способности пропариваемых цементных растворов применялись различные вспомогательные материалы. Среди факторов, влияющих на твердение пропаренных бетонов, как особо важные, отмечаются влияние структурной воды и влияние перемещения воды, а также роль величины кристаллов гидрата окиси кальция (портландита), образующегося при гидратации.

Статья занимается вопросами связи между влиянием кручения и временем предварительного выдерживания цементного раствора перед пропариванием. В ходе исследований были проведены прочностные, микроскопические, рентгенодифракционные и также термические испытания, результаты последних будут сообщены позже. Статья указывает на предпосылки эффективного пропаривания, а также на возможность их осуществления в бетонной технологии.

*Kilián, József—Szepesi, Károly: Das Walken des Zementmörtels, mit besonderer Rücksicht auf die Dampfbehandlung*

Es werden Forschungsergebnisse bekanntgegeben, erhalten am Lehrstuhl Baustoffe der Technischen Universität für Bauindustrie und Verkehrswesen, Budapest, im Laufe der Untersuchung von mit Walken kombinierter, hydrothormaler Behandlung des Zementmörtels. Man hat die Prüfungen unter Anwendung von vier verschiedentlichen Zementsorten und diversen aktiven Stoffen durchgeführt. Zwecks Steigern der Wasseranhaltfähigkeit der dampfbehandelten Mörtel hat man auch Hilfsstoffe zugesetzt. Es wird von den Faktoren, welche beim Abbinden dampfbehandelter Betone mitspielen, die Rolle der aus der Wasserstruktur und dem Wasserumsatz folgenden Wirkungen hervorgehoben, ferner die Größe der während der Hydratation entstehenden Kalkhydrat- (Portlandit-) -Kristalle.

Es werden die Zusammenhänge besprochen, die zwischen dem Walken und dem vorangehenden Lagern des dampfbehandelten Zementmörtels bestehen. Die Forschung erstreckte sich auf Festigkeitsbestimmung, mikroskopische und röntgendiffraktometrische Prüfungen, wie auch auf thermische Analyse, deren Resultate aber erst in kommender Zeit bewertet werden können. Hindeutung auf die Bedingungen der vorteilhaften Dampfbehandlung, resp. die Innehaltung derselben während des betontechnologischen Prozesses. (S. G.)

*Kilián, József—Szepesi, Károly: The Effect of Cement Mortar Kneading with Special Regard to Steam Curing*

Experiments were made at the Dept. of Building Materials, The University of Building and Transport Industries, Budapest, Hungary in order to evaluate the effects of combined kneading—hydrothermal curing. 4 blends of cements were investigated with several sorts of active substances. In order to increase the water retention of steam cured cement mortars, some additives were used as well. The hardening of cement is determined by several factors; among them the effects of water structure, of water transportation phenomena and of portlandite crystal size are stressed.

Connexions were found between kneading characteristics and the ageing time previous to steam curing. The investigation was done by strength tests, optical microscopy, X-ray diffraction; the results of thermal analyses will be published later. The preconditions of good steam curing properties as well as their technological possibility are stressed.

## A tűzálló nyersanyagok és késztermékek újabb vizsgálati módszerei\*

LEHMANN, HANS

### Bevezetés

A tűzálló termékek minőségével szemben a követelmények állandóan növekednek és szükségessé tették olyan új vizsgálati módszerek bevezetését, melyek alkalmasak az anyagtulajdonságok jellemzésére. A kemenceépítés, valamint a vas- és acélipar területén mutatkozó fejlődés a tűzállóipart is erősen befolyásolta. Az utóbbi időben megfigyelhető volt a bázikus tűzállóanyagok gyártásának a növekedése és a szilikatéglák gyártásának a visszacsése. A vegyi kötésű téglák is elterjedtek az acél- és cementiparban. Az utóbbi idők fejlődését az új téglaminőségek gyártásával lehet jellemezni, amelyek fizikai és kémiai tulajdonságainak különleges követelményeknek kell megfelelnie. Rá kell mutatnunk a megolvadt állapotban öntött kövek elterjedésére is az üvegiparban.

Az új tűzálló termékek gyártása és alkalmazása szükségessé tette annak a megállapítását, hogyan lehet ezeket az anyagokat vizsgálni, valamint a gyártásnál és az átvételnél egyenletességüket és minőségüket ellenőrizni. Az eddig szokásos vizsgálati eljárások különösen a bázikus tűzállóanyagok területén nem voltak megfelelőek. A fejlődést a vizsgálati módszerek területén két tényező befolyásolja:

a) Nagyobb pontosságú és jobban reprodukálható értékeket adó vizsgálati módszerek kifejlesztése

b) Az eddig szokásosnál magasabb hőmérsékleten megbízhatóan alkalmazható vizsgálati módszerek kialakítása.

Ennek a munkának a keretében nem lehet minden vizsgálati módszert részletesen ismertetni, ezért elsősorban azokat tárgyaljuk, melyeket csak az utóbbi időben alkalmaztak sikerrel és irányt mutatnak a jövő fejlődésének.

### A tűzállóanyag-ipar nyersanyagainak vizsgálata

A nyersanyagvizsgálat területén csak néhány lényeges fejlődésre mutatunk rá. Továbbra is alkalmazzák és részben műszakilag fejlesztették az ismert eljárásokat, mint pl. a szedimentációs elemzést Andreasen szerint, a szedimentációs mérleget, a differenciáltermoanalízist stb. Így például lényegesen javították a DTA vizsgálatnál a szabályozási folyamat és a regisztrálás automatizálását.

A kémiai analízisben viszont a legutóbbi időben alapvetően új módszert alakítottak ki. Ez a kémiai analízisek kivételénél számos komponens mérésének az automatizálása.

Ma a kis laboratóriumokban is alkalmazást találtak a láng- és spektrálfotométerek. A kerámiai nyersanyagok és késztermékek kémiai analízise szabványosításának a keretében alapvetően át-

dolgozták és az új ismeretekhez alkalmazták a DIN 51070 és DIN 51073 szabványokat.

A gyakorlatban csak a legújabban ismerték fel világosan a röntgen színeképelemzés fontosságát. Az eljárás viszonylag rövid idő alatt elterjedt az iparban. Érdekesesek voltak az eljárás hibalehetőségeivel foglalkozó munkák. Figyelembe kell venni, hogy a fényszög pontos helyzete függ az elem fizikai és kémiai állapotától. Ha a molekulakötésbe, vagy a kristályrácsba egy atom épül be, akkor energiaváltozás lép fel. Ennek következtében kismértékben megváltozik a fluoreszcencia sugárzás. Ezeknek a vizsgálatoknak a segítségével megállapításokat lehet tenni a koordináció-viszonyokra. Erről P. Lange számol be részletesen. Az intézetünkben végzett további vizsgálatoknak kell tisztázniuk, hogy ezek a módszerek alkalmazhatók-e különböző koordinációs számú, vagy oxidációs fokú elemek kvantitatív meghatározására.

### Tűzálló anyagok vizsgálata magas hőmérsékleten

Tűzálló építőanyagok mechanikus tulajdonságainak vizsgálata magas hőmérsékleten az új vizsgálati módszerek kialakulásának következtében sokat fejlődött. Ma már a nyomás alatti lágyulás vizsgálat magas hőmérsékleten, önmagában nem tekinthető kielégítő vizsgálati módszernek. A mechanikai vizsgálatokra vonatkozó megfontolásokon kívül megnövekedett az anyagtulajdonságok vizsgálatának jelentősége. A magas hőmérséklet alkalmazása a magas hőmérsékleten végzett hővezetési tényező mérésel összefüggő problémák alapos átdolgozására vezetett. A hővezetési tényező mérésének megbízható módszere előfeltétele a különböző minőségű tűzálló anyagok alkalmazásának, mert a kemenceépítésben a szigetelés kérdései döntő szerepet játszanak. A mérési és szabályozási folyamatok automatizálása áll a fejlődés előterében az utóbbi tíz évben minden vizsgálati módszernél az alkalmazott műszereknél.

### Tűzálló anyagok mechanikus tulajdonságainak mérése magas hőmérsékleten

Magas hőmérsékleten három nyomás alatti szilárdságvizsgálatot különböztetünk meg:

a) Nyomás alatti lágyulás: (A nyomás állandó, a hőmérsékletet állandó sebességgel emelik.)

b) Tartós terhelés alatt magas hőmérsékleten mért lágyulás: (A nyomás és a hőmérséklet állandó, a próbatest deformálódását az idő függvényében határozzák meg.)

c) Meleg nyomószilárdság (Állandó hőmérséklet mellett a nyomást a törésgig fokozzák.)

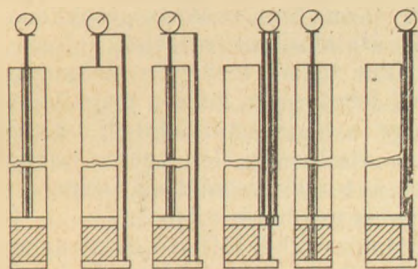
### A nyomás alatti lágyulás mérése

Ezt az eljárást Németországban már 1930-ban szabványosították (DIN 1064). Hátrányosnak bizonyult az a tény, hogy az 50 mm átmérőjű pró-

\* A VIII. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

batestben nem érik el a szükséges egyenletes hőmérsékletet az előírt  $8^\circ/\text{perc}$  felfűtési sebesség mellett, hanem a próbatest belseje és felülete közötti hőmérsékletkülönbség az  $50^\circ\text{C}$ -t is elérheti. Különböző munkában javaslatokat tettek arra, hogy a hibát a méretek és a felfűtési sebesség megváltoztatásával küszöböljék ki. Másik hibaforrás a a nyomótüske táulásának befolyása. Erre vonatkozóan nem régen jelent meg Konopicky munkája, amelyben a próbatest tényleges változásának a mérését írja le.

Rá kell mutatnunk arra, hogy az atmoszféra nem gyakorol lényeges befolyást az eredményre szilika- és samot-téglánál, de szillimanit és bázikus téglánál gondoskodni kell az oxidáló atmoszféráról. A vizsgálatokhoz fémesen vezető fűtőelemekkel ellátott kemencét használtak. Összehasonlították a DIN 1064 (most DIN 51064) szerint végzett nyomás alatti lágyulás vizsgálat eredményét az ún. valódi nyomás alatti lágyulás vizsgálat eredményével. A szabványos mérőmódszert annyiban javították meg, hogy nem a terhelés alatt álló zsugorított timföld tüskén mérték, amelyen többször lehetett kifejezett lágyulási jelenséget tapasztalni, hanem egy zsugorított timföld pálcán. Az 1. ábrán a tényleges hosszváltozás mérésének (különbségmérés) lehetőségeit mutatjuk be.



1. ábra. A tényleges hosszváltozás mérésére szolgáló módszerek

A tárgyalt hibalehetőségeken kívül alapvető megfontolások szólnak a módszer ellen. Elsősorban többször vitatták a reprodukálhatóság és a pontosság kérdését. A torzióvizsgálat tárgyalásának keretében, erre a problémára még visszatérünk. Különösen a bázikus téglák területén alkalmazták eddig csak korlátozottan a nyomás alatti lágyulás vizsgálatot és egyes cégek ma már a tűzálló termékeiket torziós módszerrel vizsgálják.

#### Vizsgálat tartós igénybevételnél

Minden oldalról hevített falak tartósságának megítélésénél van a tartós igénybevételnél végzett vizsgálatnak jelentősége, így pl. léghevítők, SM kemencék és koksizáló kamrakemencék falazóanyagainál. A tartós igénybevételnél végzett vizsgálatok állásáról az 1959. évben tartott aacheni konferencián számoltak be. Megállapították, hogy a 8–24 óra vizsgálati idő gyakran kielégítőnek tekinthető a tűzálló téglá viselkedésének a megítélése céljából. A tűzálló téglában végbemenő folyási folyamatok azonban még tisztázatlanok és csak a kísérleti idő meghosszabbításával derít-

hetők fel. Kérdés, hogy a torzióvizsgálat nem ad-e lényegesen jobb áttekintést a téglá folyási viselkedéséről. A tartós igénybevétel vizsgálatához csak elektromos kemencék használhatók. Ezenkívül a kifogástalan kísérleti körülmények megteremtése, amelyek mellett a mérés jól reprodukálható értékeket ad, igen költséges.

Tartós igénybevételnél Intézetünkben is végeztek vizsgálatokat az utóbbi években. Ezek eredményével még a későbbiekben fogunk foglalkozni.

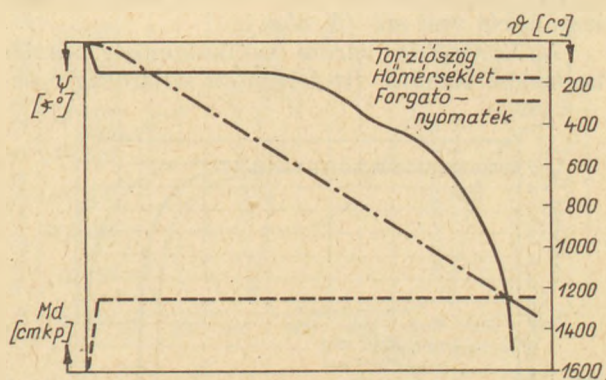
A vizsgálatot tartós igénybevételnél torziós körülmények között is el lehet végezni. Ilyen esetben alacsonyabb hőmérsékleten lehet dolgozni és várható, hogy több tapasztalatot szerzünk a téglá olvadékrészeinek a viselkedéséről.

#### Tűzálló építőanyagok torzióvizsgálata

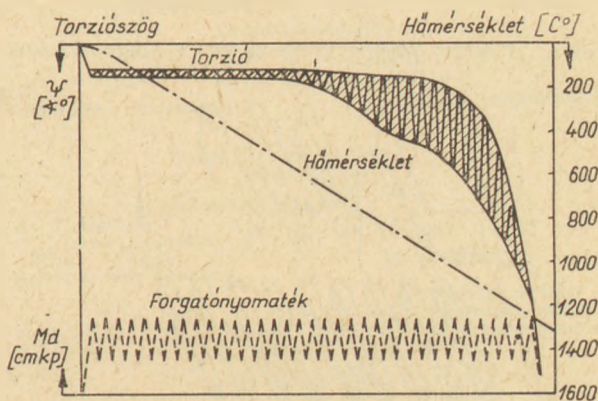
A torzióvizsgálatnak az az előnye a nyomásvizsgálattal szemben, hogy csak a tiszta deformálódást mérik. A torciónak kitett próbatestben azonban nem uralkodik egyenletes feszültségeloszlás. A nyírófeszültségek a felületen a legnagyobbak és a keresztmetszet középpontjáig nullára csökkennek. A torzióvizsgálat eredményei az egyenlőtlen feszültségeloszlás következtében nem hasonlíthatók közvetlenül a nyomásvizsgálattal össze.

A torzióvizsgálathoz az utóbbi évtizedek folyamán több műszert szerkesztettek. A 2. és 3. ábrán két vázlatos torziógörbe látható állandó és változó terhelésnél.

Különleges fontossága volt a torziógörbék kiértékelése kérdésének. Megkísérelték, hogy a



2. ábra. Torziógörbe állandó terhelés mellett



3. ábra. Torziógörbe változó terhelés mellett

görbét — hasonlóan a nyomás alatti lágyulás vizsgálatához — két pont segítségével definiálják. A nyomás alatti lágyulásvizsgálattól eltérően ezeket a pontokat  $E_1$  és  $E_2$ -vel jelölték. Ezeknek a pontoknak a pontos definíciója megtalálható Koltermann és Wiegman munkájában.

$E_1$ : A lágyulás kezdete akkor következik be, mikor a próbatest 0,36'-cel fordul el percenként.

$E_2$ : A lágyulás vége akkor következik be, amikor a próbatest 1'-cel fordul el másodpercenként, vagy eltörik.

A próbatest méretére vonatkozólag kísérleteket végeztek, ezek eredménye a 4. ábrán látható.

A kísérleteknél 250 mm hosszú, 15×15 mm keresztmetszetű próbatestekkel dolgoztak.

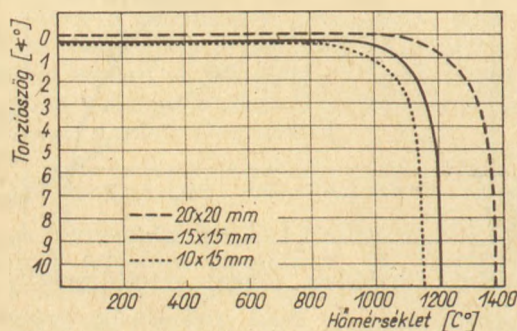
A próbatesteket az 5. ábrában látható módon fűrészelték ki a téglákból.

Ennek a területnek az irodalmáról egészen 1962-ig részletes összeállítás található Koltermann munkájában. A következőkben clauthali Intézetünkben végzett kísérletekről számolunk be.

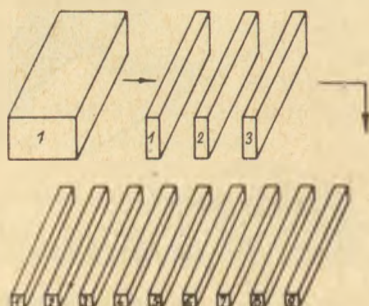
Kiterjedt vizsgálatot végeztek különböző üveges alkatrészt tartalmazó samot-téglák folyási viselkedésére. Ennél bebizonyosodott, hogy az üveges alkatrész mennyisége döntő módon befolyásolja a torziós viselkedést, de az  $Al_2O_3$  tartalom befolyása nem volt megállapítható. Ez az eredmény összhangban áll Wiechula és Roberts munkájával.

Másik kísérletsorozatban néhány próbatestet különböző magas állandó hőmérsékleten, növekvő forgatónyomatéknak tettek ki. Itt meleg torzióvizsgálatról van szó (6. ábra).

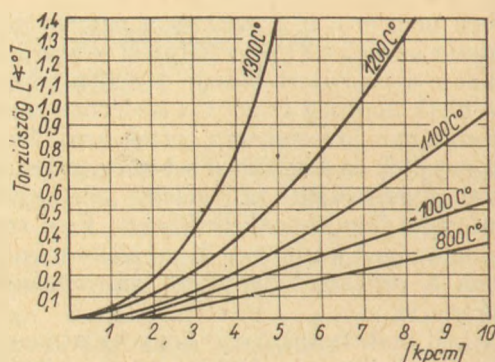
A 7. ábrában három szilikaminőség torziós viselkedése látható. Itt feltűnő a szilárdság csök-



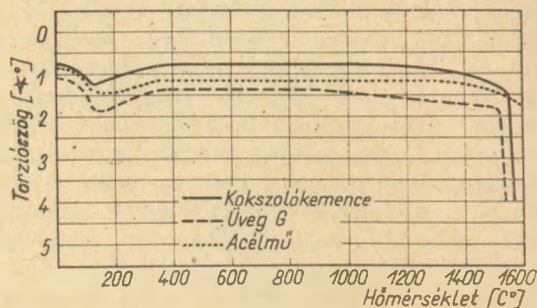
4. ábra. A torzió függése a próbatest keresztmetszetétől



5. ábra. A próbatestek készítése



6. ábra. Samottpróba torziója különböző konstans hőmérsékleten, növekvő terhelés mellett



7. ábra. Szilika torziója

kenése 200° C-on. Ez a szilárdságcsökkenés a  $\beta$ - $\alpha$ -krisztobalit átalakulásra vezethető vissza.

A bázikus téglák területén elsősorban a torzióvizsgálat lehetőségét kellett megállapítani. Itt kitűnt, hogy a téglák minőségbeli különbsége és mechanikus viselkedése lényegesen jobban megállapítható a torzióvizsgálatból, mint a nyomás alatti lágyulás meghatározásból.

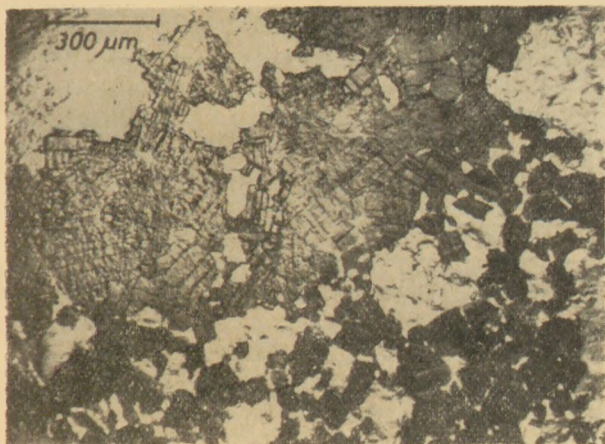
Az eredményekből látható, hogy az egyes téglatípusok között lényeges különbségek vannak. A krómértartalom nyilvánvalóan befolyásolja a torziós viselkedést. Fel kell tételeznünk, hogy a tűzállóanyagok szemcseösszetétele is erősen befolyásolja a torziót.

Eltérőek a vélemények a magnezittéglák plasztikus viselkedésére vonatkozólag. Míg Endell és Hecht lehetségesnek tartják az MgO kristályok kristályképlékenységet, addig más szerzők a lágyulást azzal magyarázzák, hogy a kötőanyagok az olvadákfázisba mennek át. Vékony metszetek tanulmányozása azt mutatta, hogy mindkét tényező befolyásolja a magnezittéglák plasztikus viselkedését. A torzióigénybevételnek kitett területen jól megfigyelhetők voltak a kocka hasadási felületek, amit a MgO kristályképlékenységgel lehet magyarázni.

A 9. ábrán forszterittéglák torziója látható. Itt is kivehető a krómértartalom befolyása.

Az égetés nélküli, vegyileg kötött téglák torzióvizsgálatát differenciáltermoanalitikai és dilatóméteres mérésekkel egészítették ki. 2 kp. cm terheléssel dolgoztak. A felfűtési sebesség 8°C/perc volt.

A kémiai kötést a  $MgSO_4$  oldat és a MgO közötti reakció hozza létre. Mint a 10. ábrából látható, a DTA görbének a 400—500° C közötti tartományban endoterm csúcsa van, amit a mag-



8. ábra. A periklász hexaédres hasadási felületei

néziumhidroxid bomlásával lehet magyarázni. A torziógörbe  $600^{\circ}\text{C}$  fölött kezdődő szilárdságcsökkenést mutat.  $900^{\circ}\text{C}$  fölött további szilárdságcsökkenés tapasztalható. (A képlékeny deformálódás tartománya.) Itt nyilvánvalóan a szulfát-tartalmú kötőanyagkomponensek bomlása következik be. A szilárdság növekedése  $1250^{\circ}\text{C}$  fölött a kezdődő tömörreégés következménye.

A kísérletek megmutatták, hogy a torzióvizsgálat igen jó betekintést ad a tűzálló építőanyag mechanikus viselkedésébe és a téglában lejátszódó kémiai folyamatok is jól követhetők a torzióvizsgálat segítségével.

A 11. ábrában a torzióvizsgálat helyzete látható a többi vizsgálati módszerhez viszonyítva. Mint ebből látható, összefüggés van a torzióvizsgálat és a hirtelen hőmérsékletváltozással szemben tanúsított ellenállás vizsgálata között, amire már Fiala is rámutatott.

A torzióvizsgálat gyakorlati alkalmazásának a lehetőségére már 1961-ben rámutatott Skalla és Kiesewetter. A figyelmet elsősorban a vegyi kötésű téglák torzióvizsgálatára hívták fel.

#### Tűzálló építőanyagok hővezetési tényezőjének mérése magas hőmérsékleten

Tűzálló építőanyagok megítélésénél alapvető fontossága van a hővezetőképesség pontos ismeretének magas hőmérsékleten. Míg az Egyesült Államokban a hővezetőképesség meghatározásának a vizsgálati módszerét már szabványosították, a Német Szövetségi Köztársaságban még sorozatosan folynak az elővizsgálatok, melyeknek a hővezetőképesség mérés szabványosítására kell vezetniük. A megfelelő készülék kialakításánál a következő kérdések álltak az előtérben.

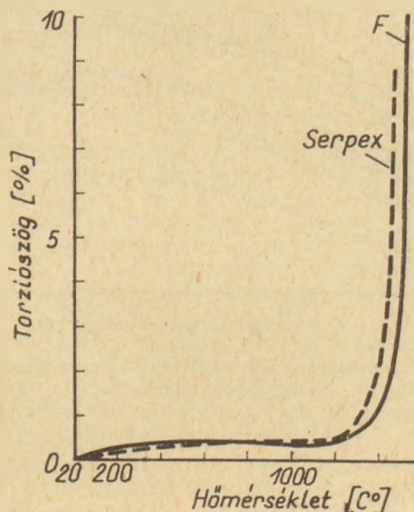
- A műszer egyszerű kezelése és a próbatetek egyszerű előállítása bármilyen tűzálló anyagból.
- A mérések jó reprodukálhatósága.

A munkák mai állása szerint a Klasse—Didier szerinti eljárás ezeknek a követelményeknek messzemenően eleget tesz. Itt összehasonlító módszerrel van szó, az alkalmazott próbatetek 100 mm átmérőjűek és 25 mm magasak, a mérések  $1600^{\circ}\text{C}$ -ig végezhetők. Az alkalmas és megbízható kalibráló test kiválasztásának a nehézségeit azzal hidal-

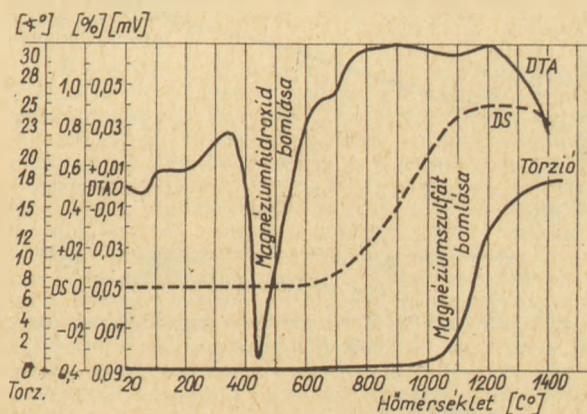
ták át, hogy a vizsgálatokat összekapcsolták az USA-ban végzett mérésekkel, így ezen a területen a nemzetközi szabvány kidolgozására van lehetőség.

A berendezés teljesen automatikusan működik. A hővezetőképességet hatszínű pontíró regisztrálja. Az előreválasztott felfűtési program vezérlésére és szabályozására szolgáló műszert mérőszekrényben helyezték el.

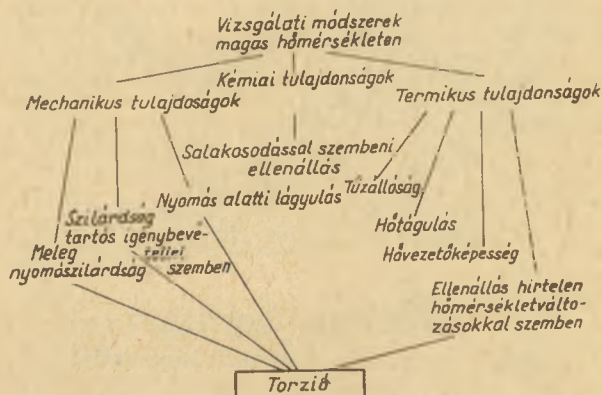
A műszerek terén mutatkozó fejlődés mellett a hővezetőképesség fontos szerepet játszik, mint



9. ábra. Forssterit-tégla torziója



10. ábra. Vegyi kötésű krómmagnezit-tégla DTA, DS görbéje és torziója

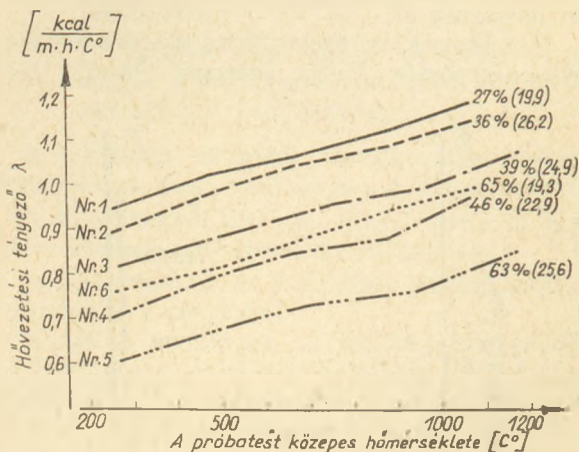


11. ábra. Tűzálló építőanyagok vizsgálata

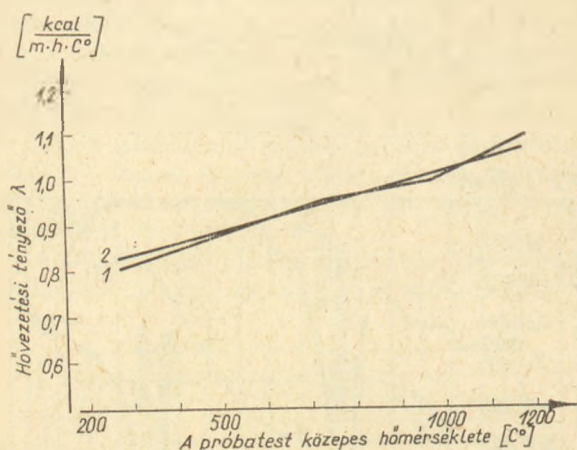
anyagtulajdonság. A hővezetőképesség a következő tényezők közül tevődik össze:

a) A kristályos anyag vezetési hányada. Kristályos anyagok hővezetőképessége növekvő hőmérséklettel csökken.

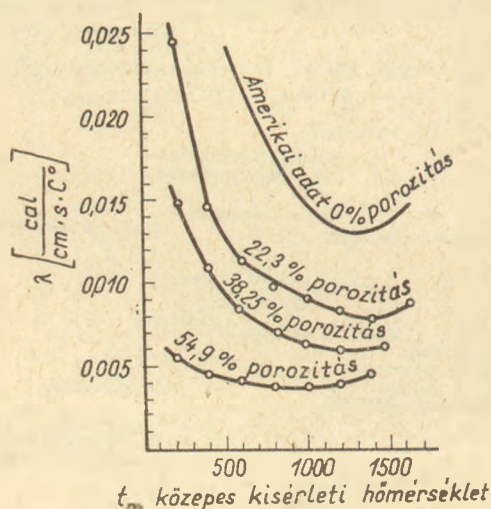
b) Az amorf, üveges anyag vezetési hányada. A hővezetőképesség növekvő hőmérséklettel nő.



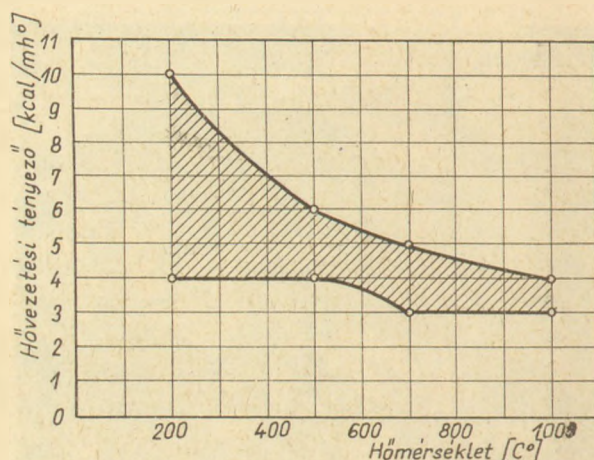
12. ábra. Samott-téglák hővezetőképessége az üveges alkatrésztől függően



13. ábra. Samott-tégla hővezetőképességmérésének reprodukálhatósága



14. ábra. Korund hővezetőképességének a függése a porozitástól, Schwiete és Schüffler szerint



15. ábra. Magnezittégla hővezetőképességének szórás tartománya, Harders és Kienow szerint

c) A vizsgált anyag porózításának befolyása, amelynek szerepet játszik a pórusok nagysága, alakja, és irányítottasága.

Vizsgálták a samott-téglák üveges alkatrészeinek befolyását a hővezetőképességre és megállapították, hogy a samottkőben levő üveges fázis meghatározza a pozitív hőmérséklettényezőt, az üveg mennyisége pedig a hővezetőképesség abszolút értékét a különböző hőmérsékleteken. A 12. ábrában csak a 6. sz. minőség mutat eltérést. Itt azonban a porózításviszonyok is szerepet játszanak.

A mért értékek két, vagy négy mérés középértékei, melyeket azonos téglaminőség különböző próbadarabjaiból állapították meg. A szórás a 13. ábrán közölt példán látható.

A vizsgálatokat F. Klasse által kialakított és H. Lehmann és E. Gatzke által továbbfejlesztett műszeren végezték.

A porózítás befolyásáról többször beszámoltak az irodalomban. A 14. ábrán tisztán kivehető korund esetében a porózítás befolyása.

A 15. ábrából látható, milyen nagymértékben befolyásolják a különböző tényezők, többek között az anyag ásványi felépítése, a hővezetőképességet. Magnezittéglák hővezetőképességének nagy szórás tartománya a téglák különböző összetételével, különböző porózításával és szemszerkezetével magyarázható.

Az ábra alapján érthető, hogy milyen nagy fontossága van a tűzálló építőanyagoknál a hővezetőképesség pontos és megbízható mérésének magas hőmérsékleten. Ennek segítségével lehetővé válik kemenceszerkezeteknél a felhasználási célnak legjobban megfelelő minőség helyes alkalmazása.

### Befejezés

Az eddig elmondottakból látható, hogy az utóbbi időben a tűzálló építőanyagok vizsgálata terén komoly haladás volt. Természetesen ennek a tanulmánynak a keretében nem volt lehetséges minden vizsgálati eljárásról kimerítő ismertetést adni. Ezért csak azokkal a kérdésekkel foglalkoztam, amelyeket a legközelebbi jövőben meg fognak

oldani, mint például a bázikus tűzálló téglák vizsgálata és a hővezetőképesség mérése.

A tárgyalat eljárásokon kívül az utóbbi időben többször megvitatták a meleg hajlítószilárdság alkalmazásának lehetőségeit. Ezt az eljárást különösen az Egyesült Államokban használják. Ezen a területen még beható tudományos munkára lesz szükség, elsősorban összehasonlításra a tárgyalat nyomás alatti lágyulás és a torzió vizsgálat között.

Az utóbbi időben gyakran tárgyalták a tűzálló építőanyagok vizsgálatát ultrahang segítségével. Németországban ebben a tárgykörben egész sorozat vizsgálatot végeztek, ezek azonban még nem vezettek végleges eredményre. Ehhez még széleskörű kutatómunkára van szükség. A vizsgálatok jelentőségének a kérdését a gyakorlat szempontjából is behatóan tanulmányozni kell.

A tűzállóanyag-ipar nyersanyagai és késztermékei égetési viselkedése szempontjából vizsgálatokat végeztek az utóbbi időben a Segerkulák javítása céljából. Ennél különleges fontossága van a kemencétér atmoszferikus feltételei befolyásának a Segerkulák viselkedésére. Mint ebből az összeállításból látható, számos olyan megoldatlan probléma van, mellyel a jövőben behatóan foglalkozni kell.

#### IRODALOM

- Endell, K.: Ber. DKG 13 (1932) 97—124.  
 Fiala, F.: Diplomamunka. Leoben, 1961.  
 Harders, F.—Kienow, S.: Feuerfestkunde. Berlin 1960.  
 Hecht, H. U.: Diplomamunka. Clausthal, 1955.  
 Koltermann, M.: Tonindustrie. Ztg. 85 (1961) 399—407  
 Koltermann, M.—Wiegmann, D.: Tonindustrie. Ztg. 86 (1962) 305—316  
 Koltermann, M.—Wiegmann, D.: Tonindustrie. — Ztg. 87 (1963) 393—403  
 Konopiczky, K.: Ber. DKG 41 (1964) 27—37  
 Lange, P.: Informationstagung über Röntgenfluoreszenzanalyse. Darmstadt 1964  
 Schwiete, H. E.—Schöffler, A.: Forschungsbericht des Landes Nordrhein — Westfalen Nr. 688. (1959)  
 Schwiete, H. E.—Jeschke, P.: Tonindustrie — Ztg. 87 (1963) 427—442  
 Skalla, N.—Kiesewetter, F.: Radex — Rdsch. 1961. 802—809  
 Wieschula, B. A.—Roberts, A. L.: Trans. Brit. Ceram. Soc. 51 (1952) 173—197

#### Lehmann, Hans: Tűzálló nyersanyagok és késztermékek korszerű vizsgálata

A vizsgálati eljárások elmúlt évtizedben történt fejlődése arra enged következtetni, hogy a jövőt a magas hőmérsékletek alkalmazásával együtt a vizsgálatok pontossága és reprodukálhatósága fogja meghatározni.

A nyersanyagok vizsgálata során a kémiai elemzés módszerei nagy fejlődésen mentek át; ez elsősorban a műszeres vizsgálatokban (röntgen, szinkroelektromágneses, lángfotometria, spektrofotometria) mutatkozik meg.

A tűzálló termékek mechanikai tulajdonságainak vizsgálata során legfontosabbak a magas hőmérsékleten elvégzett vizsgálatok. A német szabvány szerinti terhelés alatti lágyuláspontvizsgálat számos módosítása lehetővé tette a valóságnak jobban megfelelő értékek meghatározását. Röviden ismertetjük a tartós terhelés befolyását is.

Részletes ismertetést adunk az utóbbi években előtérbe került torziós vizsgálatokról: a torziós vizsgálatok készülőinek ismertetése után a torziós görbék értékelésével és a samott-, szilika- és bázikus tűzállóanyagok torziós görbéinek jellegzetességeivel foglalkozunk. A samott-tűzállóanyagok esetében a torziós viselkedést elsősorban az üveges fázis mennyisége és

minősége szabja meg. A bázikus tűzállóanyagok minősége torziós vizsgálatokkal könnyen és gyorsan megállapítható, alkalmas továbbá arra, hogy a vegyileg kötött tűzállóanyagok magas hőmérsékletű szilárdságára megbízható adatokat szolgáltasson.

A hővezetési vizsgálatok legfontosabb kérdése az egyszerű és megbízható, magas hőmérsékleten is alkalmazható vizsgálati módszer. A hővezetőképesség igen nagy mértékben függ az üveges és kristályos fázis arányától, valamint a tűzállóanyag porozitásától. Jól tanulmányozható ez a kérdés különböző mennyiségű üveget tartalmazó samottok esetében. E mérések különösen jelentősek a magnézit-tűzállóanyagok gyakorlati viselkedésének megítélésére. A jövő fejlődési irányát mutatja további vizsgálati lehetőségek egész sorának bemutatása: a hajlítószilárdság mérése magas hőmérsékleten, ultrahang-vizsgálatok stb.

#### Леманн, Х.: НОВЫЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СЫРЬЯ И ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Во вступительной части дается краткий обзор развития методов испытаний за последние десять лет. Отмечается, что в области испытаний сырья и огнеупорных материалов развитие будет определяться применением испытаний при высоких температурах, а также высокими требованиями, предъявляемыми к точности и воспроизводимости результатов.

Далее автор подробно останавливается на испытании сырьевых материалов. Указывается прогресс в области химического анализа за счет применения новых методов (рентгеноспектральный анализ, пламенный и спектральный фотометр).

Подробно описывается испытание механических свойств огнеупорных материалов при высоких температурах.

Автор останавливается на результатах испытания огнеупорности под давлением согласно ДИН 51064, а также упоминает о значении испытания долговечности.

В последние годы часто обсуждался вопрос о возможности торзионного испытания. Автор подробно останавливается на работах, проведенных в этой области. После краткого обзора вопроса разработки аппаратуры для проведения торзионных испытаний, приводится оценка торзионных кривых, а также обобщенные результаты, полученные на шмотных камнях, камнях силика и основных огнеупорных извести. Отмечается, что поведение шмотных камней при торзионных испытаниях в большой мере зависит от боли стекла в камне и что различие в качестве основных огнеупорных камней хорошо проявляется при торзионном испытании. Торзионное испытание дает также представление о прочностной характеристике химически связанных камней при высоких температурах.

С следующим разделе рассматриваются вопросы измерения теплопроводности, и прежде всего вопрос о простом и надежном методе испытания при высоких температурах. Показывается зависимость теплопроводности от соотношения доли стекла и доли кристаллов и от пористости, причем автор подробно останавливается на теплопроводности шмотных камней с различной долей стекла. На примере магнезитовых камней рассматривается практическое значение измерений теплопроводности.

В заключении упоминается целый ряд других методов испытаний (прочность на изгиб в горячем состоянии, ультразвуковое испытание), а также указывается направление развития в будущем.

#### Lehmann, Hans: Neuere Prüfmethoden zur Untersuchung feuerfester Roh- und Werkstoffe

Einleitend wird die Entwicklung der Prüfverfahren in den letzten zehn Jahren kurz umrissen. Dabei wird festgestellt, daß auf dem Gebiet der Prüfung feuerfester Roh- und Werkstoffe vor allem die Prüfung bei hohen

Temperaturen und die hohen Anforderungen an die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse die Entwicklung in der Zukunft bestimmen werden.

Es wird dann auf die Prüfung von Rohstoffen eingegangen. Dabei werden die Fortschritte auf dem Gebiet der chemischen Analyse durch die Anwendung neuer Methoden aufgezeigt (Röntgenspektalanalyse, Flammen- und Spektralphotometer).

Ausführlich wird die Prüfung der mechanischen Eigenschaften feuertester Werkstoffe bei hohen Temperaturen behandelt. Zunächst werden die Fortschritte auf dem Gebiet der Prüfung der Druckfeuerbeständigkeit nach DIN 51064 umrissen. In diesem Zusammenhang wird auch kurz auf die Bedeutung der Dauerstandfestigkeitsprüfung eingegangen.

In den letzten Jahren sind die Möglichkeiten der Torsionsprüfung mehrfach diskutiert worden. Über die Arbeiten auf diesem Gebiet wird eingehend berichtet. Nach einem kurzen Abriss über die Entwicklung der Geräte für die Torsionsprüfung wird auf die Auswertung von Torsionskurven eingegangen und ein Überblick über Ergebnisse an Schamottesteinen, Silikasteinen und basischen feuerfesten Erzeugnissen gegeben. Dabei wird gezeigt, daß bei Schamottesteinen das Torsionsverhalten stark vom Glasanteil im Stein abhängt und daß die verschiedenen Qualitäten basischer feuerfester Steine sich mit Hilfe der Torsionsprüfung gut unterscheiden lassen. Die Torsionsprüfung gibt auch einen Einblick in das Festigkeitsverhalten von chemisch gebundenen Steinen bei hohen Temperaturen.

Im folgenden Abschnitt werden Fragen der Wärmeleitfähigkeitsmessung behandelt. Hier besteht vor allem die Frage nach einem einfachen und zuverlässigen Prüfverfahren bei hohen Temperaturen. Die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit vom Verhältnis Glasanteil—Kristallanteil und von der Porosität wird aufgezeigt, wobei auf die Wärmeleitfähigkeit von Schamottesteinen mit unterschiedlichem Glasanteil eingegangen wird. Am Beispiel der Magnesitsteine wird die Bedeutung der Wärmeleitfähigkeitsmessungen für die Praxis diskutiert. Abschließend werden eine Reihe weiterer Prüfverfahren erwähnt (Heißbiegefestigkeit, Prüfung mit Ultraschall) und die Entwicklungsrichtung für die Zukunft aufgezeigt.

## Lehmann, Hans: Up-to-date Investigation of Refractories and their Raw Materials

An introductory survey sums up the development of investigation methods in the last decade. It is proved that in the field of refractory investigation the future development is determined, chiefly, by examinations at high temperatures and the exacting requirements for precise and reproducible results.

Then the examination of raw materials is discussed paying particular attention to the improvements attained in the field of chemical analyses by applying new methods and instruments as, for instance, X-ray spectral analyses, and flame and spectral photometers.

The examination of the mechanical properties of refractories at high temperatures is discussed in detail. The progress of investigations on refractoriness under load according to DIN 51064 is dealt with and in this connexion the importance of the continued reheat strength is treated.

A thorough account is given on the possibilities of torsional tests, a topic widely discussed over recent years. Following a short description on the instruments of torsional experiments, torsional curves are evaluated and a survey on the experimental results of fireclay, silica bricks and basic refractories is given. It is shown that the torsional property of fireclay greatly depends on the glass content in the brick and that the different qualities of basic refractory bricks are easily discernible by means of torsional investigations. The latter enable to obtain information on the strength of chemically bound bricks at high temperatures.

In the following chapter questions on thermal conductivity are dealt with. In this connection the main problem is to obtain a simple and reliable testing method at high temperatures. The dependence of the thermal conductivity from the glass content/crystal content ratio and that of porosity is shown, and, in this context, the thermal conductivity of fireclay with a differing glass content is discussed. By taking magnesite bricks as an example the importance of thermal conductivity measurements in practice, is discussed.

Finally a set of experiments e.g. hot bending strength and ultrasonic testing are mentioned and the trend of a future development pointed out.

## Egyesületi élet

A Kő—Kavics Szakosztály augusztus 2-án tartott klubnapján Erdély Imre és Szabó Elek beszámoltak május 24. és június 1. közötti lengyelországi tanulmányújról. A tanulmányút, amelyen a Közlekedéstudományi Egyesület Közúti Szakosztályának két kiküldötte: Dr. Gáspár László és Vársárhelyi Jenő is résztvett, a lengyelországi gyenge minőségű kőanyagokból végzett útépitkezések tanulmányozását tűzte ki célul.

A MTESZ lengyel testvérszervezete és a varsói Ütügyi Főigazgatóság által programozott út változatosan elegyítette a szakmai ismertetéseket a természeti és kulturális látnivalókkal. Fővonala a nagyjából vasúton megtett Katowice—Wrocław—Warszawa—Olsztyn—Gdansk—Gdynia útvonal volt, amelynek egyes állomásairól a vajdasági (megyei) Ütügyi Igazgatóságok által rendelkezésre bocsátott mikrobuszokon végzett, napi 250—350 km-es körutazások következtek. A tökéletesen összehangolt rendezést a lengyel kartársak páratlan segítőkészsége és vendégszeretete vitte teljes sikerre.

A tanulmányút folyamán megismerkedtünk a kitűnően felépített lengyel ütügyi szervezettel, amely nemcsak jókarban tartja a rábízott állami úthálózatot, hanem komoly útkorrekciók, rekonstrukciók, sőt új útvonalak tervezését és kivitelezését is vállalja. A szervezet munkáját gyakorlatilag a jól funkcionáló központi és vajdasági laboratórium-hálózat, a megfelelő és jól karbantartott géppark és az elegendő létszámú, képzett mérnök, technikus és szakmunkás-gárda biztosítja.

Lengyelország csak déli határainak hegyes vidékein rendelkezik kőhányákkal. Az északi, mintegy negyed-

millió négyzetkilométeres, nagyjából sík területen gyakoriak a jégkorszakban odahordott hatalmas görgeteg kövek, a kavics- és homoklelőhelyek. Az ország importálja a bitumént, de fölös mennyiségben termel kátrányt. Ezért kifejlesztették a kátrányos útburkolatok receptúráját. Ezek az adottságok lehetővé teszik — a vajdasági laboratóriumok előírásai és ellenőrzése alapján — a helyi kőanyagok intézményes felhasználását, mozgó kötermelő- és feldolgozó-, valamint keverőtelepek üzemeltetését. Az anyagszállításnál az útépitők a 40—50 km távolságot csak kivételes esetekben és csak kis mennyiségű anyagnál lépik túl, nagyobb távolság esetén inkább átállítják kötermelő és feldolgozó berendezéseiket és keverőtelepeiket. Mindez megvalósította a vasút tehermentesítését, illetve a gépkocsiszállítás kifejlesztését. A tanulmányút tanulságait hazai viszonyainkra átültetve megállapítható, hogy a hazai tulajdonságok lényegesen különböznek a lengyelországitól és gyakorlatilag nehezebben értékesíthető anyagokat nyújtanak az útépitéshez mint a lengyel morénaképző. Viszont hazai bitumen-anyagaink felülmúlják a lengyel kátrányt. Kétségtelen azonban, hogy helyi anyagaink rendszeres felmérése után hazánkban is kijelölhető lesznek olyan körzetek, amelyek számára egyáltalában nem vagy csak minimális mennyiségben kell nagy távolságból kőanyagot szállítani. Egy ilyen rayonírozás nagy mértékben tehermentesítheti eruptív kőbányáinkat és a MÁV-ot, és mérsékelheti az útépités és fenntartás költségeit.

A beszámolót Szabó Elek vetített képei és az ezekhez fűzött ismertetések élénkítették, majd Dr. Gáspár László talajmechanikai felvilágosításai egészítették ki.

# Az infravörös spektrofotometria legfontosabb elméleti és gyakorlati tudnivalói\*

IMRE LAJOS  
(Központi Kémiai Kutató Intézet)

Az infravörös sugárzást William Herschel 1800-ban fedezte fel. Üvegprizmán állította elő a Nap spektrumát s annak útjába hőmérőt helyezett. Két maximumot figyelt meg: egy látható intenzitásmaximumot a sárgászöld színnél és egy hőmérsékleti maximumot a vörösön túl. Feltételezte, hogy két különböző fajta sugárzásról: egy fénysugárzásról és egy hősugárzásról van szó.

1835—1845 között Ampere és Herschel (az előbb említett W. Herschel fia) azt az eméletet állították fel, hogy az infravörös és a látható sugárzás azonos jelenségek és csak a prizma törénő megtérés mértékében különböznek egymástól. Az ifjabb Herschel egy detektációs eljárást dolgozott ki: korommal bevont felületről alkoholt párologtatott el prizmával felbontott infravörös sugárzással. A visszamaradó nyomrajzot lefényképezte és fényképei infravörös Fraunhofer területeket mutattak, amelyeket az atmoszferikus vízgőz és széndioxid elnyelése okoztak.

Ezt a kezdetleges detektálást később fejlettebb módszerek követték. Kimérték továbbá a kvare, a NaCl és KBr diszperzióját és tanulmányozták a fekete test infravörös emisszióját.

A további kísérletek azt mutatták, hogy összefüggés van a molekulaszervezet és a karakterisztikus abszorpció között.

1913-ban meghatározták a HCl  $2890\text{ cm}^{-1}$ -nél levő sávjának rotációs szerkezetét, amely bizonyította a rotációs energiaszintek eddig csak feltételezett kvantumjellegét.

1916-ban Bjerrum bevezette azt az elvet, hogy egy rezgésben levő sokatomos molekula úgy tekintendő, mintha tömegpontok mechanikai rendszeréről volna szó, amely tömegpontokat a Hooke-féle törvény szerinti erők kapcsolnak össze. Ez a közelítés — a számítási eljárások egyszerűsítésével — lehetővé tette az egyszerű molekulák alapfrekvenciáinak és erőkonstansinak kiszámítását, amelyeket a kísérleti infravörös és Raman adatok megerősítettek.

A Raman effektus fényszóródással kapcsolatos jelenség. A fényszórással kapcsolatos rezgésszámtelődést elméleti alapon Smekal 1923-ban állapította meg. Az elmélet kísérletileg Raman, valamint ezzel egyidejűleg a szovjet Landszberg és Mandelstam igazolták 1928-ban.

Az 1920-as évek óta mind nagyobb tért hódít az infravörös spektroszkópia az anyagok szerkezetének felderítésében. A kvantummechanika eredményei lehetővé tették az infravörös spektrumok megbízható mindenoldalú kiértékelését. Így ez a módszer egyik legfontosabb eszközévé vált az anyagszerkezeti kutatásoknak. Számos kutató foglalkozik ettől kezdve infravörös és Raman

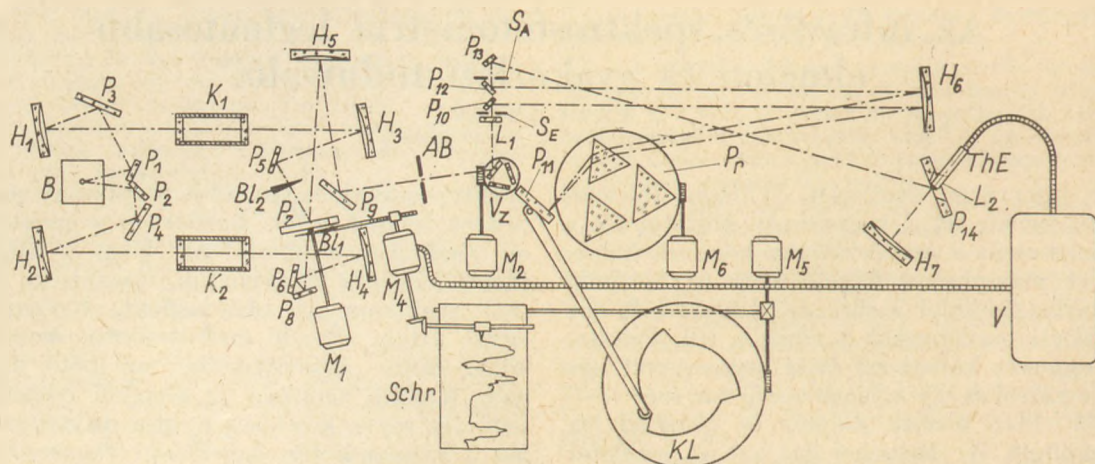
spektrumokkal, egyre több vegyületre vonatkozó adatot dolgoznak fel. Kezdetben a spektrumokat az analitikai gyakorlatban főleg a vegyületek identifikálására alkalmazták, ugyanis az abszorpció spektrum az olvadáspont, törésmutató s egyéb fizikai állandó mellett fontos meghatározó adat, szinte „ujjlenyomata” az illető molekulának. Később azonban az elméleti összefüggések feltárása révén lehetőség nyílt a spektrumok alapján a kémiai kötés, egyensúlyi viszonyok s más fontos szerkezeti sajátságok kiszámítására. Ez a tény növelte meg az infravörös spektrum jelentőségét.

A legtöbb vegyület — függetlenül a halmazállapotától, a nyomástól és a hőmérséklettől — fényt nyel el az ultraibolya-látható tartományban, valahol az infravörös és valahol a mikrohullám tartományban. Legrégebben a látható ultraibolya tartományt tanulmányozták. Az említett „ujjlenyomat” sajátságát ezek a spektrumok mutatják legkevésbé, mert az itt jelentkező elnyelés — akár a fluoreszcencia — és emissziós spektrumokban, akár a legelterjedtebben vizsgált abszorpció spektrumokban, — többé-kevésbé folytonos és gyakran nagymértékben különböző vegyületeknek is igen hasonló spektruma van. Instrumentális szempontból mindazonáltal ez a technika a leg-egyszerűbb, s ezek a készülékek is a legelterjedtebbek. Mennyiségi analitikai célokra az ultraibolya-látható tartományban dolgozó készülékek a legalkalmasabbak, ugyancsak ebben a tartományban vehetők fel a Raman-spektrumok is, ezek azonban teljesen más szerkezetűek, mint a „közönséges” ultraibolya-látható spektrumok és szoros kapcsolatban állnak az infravörös spektrumokkal. Az infravörös spektrumok nagymértékben individuálisak. A legelterjedtebben használatos NaCl-tartományban (2 és  $15\mu$  között) a szokásos felbontóképesség mellett mintegy 1000 különálló vonal „fér el”, így az infravörös spektrumok identifikálásra kiválóan használhatók.

Molekulák rezgésének nevezhetjük azt a fontos belső mozgást, melyekben az atomok egyensúlyi helyzetükből — a molekulán belül — kitérnek. Bár zérusenergia állapotban ez a mozgás nem tükrözi a klasszikus rezgésképet, gerjesztett állapotban azonban egészen jól megközelíti azt. Ha a rezgési állapotok megváltozásakor a molekulák dipolus momentuma is megváltozik, az egyik rezgési állapotból a másikba való átmenet fényelnyeléssel vagy emisszióval járhat. A molekula polarizálhatóságának megváltozása viszont a vibrációs Raman-effektust eredményezheti.

A molekulák kémiai szintézise és analízise során igen nagy gyakorlati jelentősége van a kötés-erősségek ismeretének. Az atomok közötti kötés-erősségek a vibrációs spektrum sikeres kiértékelése esetén kiszámíthatók. A molekulák szerkezetére nézve (bár a minden rezgésformára kiterjedő pon-

\* Elhangzott a Szilikátipari Tudományos Egyesület Szilikátkémiai Bizottsága által rendezett 1964. december 1-i Szilikátkémiai Ankéton.



1. ábra. Az UR 10 infravörös spektrofotométer optikai vázlata

tos analízist legtöbb esetben nem tudjuk elvégezni) könnyen nyerhetünk tájékoztatást a vibrációs spektrumból. A vibrációs sávok helyzete sok funkciós csoportra és szerkezeti egységre adhat felvilágosítást.

Az infravörös spektrum tanulmányozása speciális berendezéseket igényel. Fényforrásnak legkedvezőbb egy abszolút fekete test lenne. A gyakorlatban használt fényforrások többé-kevésbé valóban megközelítik az abszolút fekete test emisszióképességét. Ezeknek egyik fajtája az úgynevezett Nernst-izzó, 1–2 mm vastag cirkonoxid és ittriumoxid rudaeska, mely az abszolút fekete test emissziójának 50–60%-át sugározza. Másik infravörös fényforrás-típus az úgynevezett globár, amelynek anyaga SiC. Habár alacsonyabb hőmérsékleten izzik, mint a Nernst-szál, nagyobb teljesítménye miatt alkalmasabb az infravörös tartományban.

Infravörös spektrofotométerekben lencsákat általában nem használnak, hanem nagy reflexióképességű homorú tükröket. A prizmak anyaga kőso, KCl, KBr, LiF, CsCl, CsBr vagy úgynevezett KRS-5 azaz TlBr-TlI elegykristály. CsCl-ot, CsBr-ot vagy KRS-5-öt a távolabbi infravörösben használnak. A szokásos analitikai vizsgálatok területén 2–25  $\mu$ -ig KBr, NaCl és LiF prizma használatos. Bár a KBr az egész tartományban átereszt, 700-tól 1800  $\text{cm}^{-1}$ -ig NaCl és 1800-tól 5000  $\text{cm}^{-1}$  hullámszám tartományban LiF prizmát használunk, mert ezeken a területeken jobb a felbontásuk. Észlelőműszer többféle lehet: termoelem, bolométer, fotocella vagy membrános gázkamra, az ún. Golay-cella. Legközönségesebb ezek közül a termoelem. Ezzel úgy mérik a sugárzás intenzitását, hogy egyik forrasztási helyét kormozzák, és a sugárzás útjába helyezik, a másik fényes, és a sugárzás elől takarva van. Modern készülékekben a termoelemet vákuumban helyezik el (érzékenység).

Az elektronikus erősítés előfeltétele, hogy a termóáramot illetve a megvilágítást szaggassuk, mivel az így keletkezett négyeszőgáramot már fel lehet erősíteni. Mivel a fényforrás által kibocsátott energia a hullámhossz függvénye, azonkívül a prizma diszperziója is szerepet játszik, az észlelő-

műszerre eső energia abszorpció nélkül sem egyenletes. Nem beszélve arról, hogy a levegőben levő vízgőz és széndioxid abszorpciós spektrumát is szükségszerűen belemérjük a felvett görbébe, a vizsgált anyag spektrumát tehát itt is össze kell hasonlítani valamilyen alappal, pl. üres küvettával vagy oldat esetén tiszta oldószerrel. Kétsugármenetes készülék esetén a vizsgált anyag spektrumát közvetlenül kapjuk meg, azzal az eljárással, amely a kompenzációval működő regisztráló fotocellás fotométereknél már ismeretes. A regisztráló infravörös spektrofotométerek egyúttal többnyire a rést is önműködően vezérlik egy, a megfelelő prizma diszperzióját figyelembe vevő excenter segítségével.

Magyarországon jelenleg Unicam Sp 200-as, Sp 100-as, Perkin—Elmer 221, 137 és 237-es, IKSz 14-es, egy Japán készülék valamint UR—10 típusú kétsugármenetes infravörös spektrométer üzemel, és egy Hilger beállítás alatt van. A szilikátásványok infravörös spektroszkópiai vizsgálata szempontjából csak az UR—10 és a Perkin—Elmer 221 bír különösebb jelentőséggel, mert csak ez a két típus rendelkezik KBr prizmával és a LiF tartományban megfelelő felbontással. Ez azért lényeges, mert a szilikátásványokban levő Si—O kötés deformációs rezgései a KBr tartomány területén, az OH vegyértékrezgés pedig a LiF prizma területén tanulmányozható.

Mivel hazánkban Perkin—Elmer 221-ből csak egy példány van, UR—10-ből pedig 14—15 darab üzemel a következőkben részletesebben ismertetem az utóbbi optikai felépítését.

A B-vel jelzett duplafalú hűtőköpenyben helyezkedik el a fényforrásként szereplő SiC rúd, amely 1300—1400  $^{\circ}\text{C}$ -os izzásban van. A sugárzás a köpenyben levő nyíláson lép ki, majd a körülötte elhelyezett sík és homorú tükrök ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $H_1$ ,  $H_2$ ) segítségével két párhuzamos sugármenetre bomlik. Az egyiket anyagsugármenetnek ( $K_1$ ) — ennek útjába helyezzük a vizsgálandó anyagot — a másikat összehasonlító sugármenetnek nevezzük ( $K_2$ ) — ebbe a sugármenetbe helyezzük el az összehasonlító küvettát, illetve szilárd keverék esetén a szilárd diszpergáló közeget. (KBr-ot.) A sugárzás az anyagon és az összehason-

lítón áthaladva tükrök ( $H_3, H_4, H_5, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9$ ) és egy forgószeaktor segítségével ismét egy sugárútra van kényszerítve oly módon, hogy az anyagon áthaladt csökkent intenzitású sugárzás és az összehasonlító sugármenet 13 Herz-ces időközökkel követik egymást. Ezt úgy érik el, hogy a forgószeaktor piskóta alakúra van kialakítva, melynek egyik fele lyuk, a másik pedig tükörnek van kiképezve. A szeaktor 13 Herz-cel forog, így váltakozva engedi a közös sugárútba a kétsugarú menetet. Ha az anyagon áthaladt sugárzás a forgószeaktor tükrös felére esik visszaverődve megy tovább, a másik sugárnyaláb pedig a szeaktor hátsó fekete részére verődve elnyelődik. Ellenkező esetben az anyagon áthaladt sugárzás a szeaktor által éppen szabadon hagyott úton zavartalanul áthaladva a készülék fekete oldalfalán nyelődik el, miközben a másik, a számára szabadon hagyott úton belép a közös sugárútba. Ezután az úgynevezett előbontó tükrökre ( $V_z$ ) esik. E tükrök közül kettő aránylag durva szemcsés felületű — és a szórt fény kiküszöbölésére alkalmasak.

Az első tükör a KBr tartományban van a sugárútban, míg a NaCl tartományban  $700\text{ cm}^{-1}$ -től  $850\text{ cm}^{-1}$ -ig a második, és  $850\text{ cm}^{-1}$ -től  $5000\text{ cm}^{-1}$ -ig a harmadik foglalja el ezt a helyet.

Az előbontó tükrök után a monokromátort lezáró és a belépő résre leképző KBr lencse helyezkedik el. ( $L_1$ ) A sugárzás a lencsén áthaladva a hermetikusan zárt és temperált monokromátor részben folytatja útját. Az állandó hőmérsékletet, páratartalmat és széndioxidtartalmat úgy biztosítják, hogy egy motor a monokromátorban levő levegőt állandóan cirkuláltatja oly módon, hogy közben egy fűtőszálon, egy szilikagéllal és egy nátronmással töltött patronon nyomja át. A belépő rést valamint a kilépő rést ( $S_A$ ) az egész tartományban egy-egy programtárcsa vezérli, a prizma diszperzióját valamint a vízgőz és széndioxid elnyelési tartományát is figyelembe véve. Ezután egy sík ( $P_{10}$ ) és egy homorú tükör ( $H_6$ ) segítségével a sugárzás áthalad a nyugvó prizmán ( $P_r$ ), amelynek anyaga KBr, NaCl vagy LiF. A prizmák automatikusan fordulnak a sugárútba. A prizmák mögött helyezkedik el az úgynevezett Litrow-rendszerű tükör ( $P_{11}$ ), amelynek elfordulását hullámszámtól függően egy programtárcsa ( $KL$ ) vezényli. A tükrőről visszaverődő sugárzás ismét áthalad a prizmán. Ezzel a prizma felbontásának a kétszeresét értük el. Ezekután a már említett homorú tükör ( $H_6$ ) majd egy síktükör ( $P_{12}$ ) közbeiktatásával a sugárnyaláb a kilépő résen áthaladva ismét egy sík tükrökre esik ( $P_{13}$ ), amely egy olyan kollimátor tükrökre ( $P_{14}$ ) vetíti, amelynek a közepe lyukas. Ebben a lyukban helyezkedik el a termoelem ( $ThE$ ). Erről a tükrőről ismét egy homorú tükrökre ( $H_7$ ) esik a sugárnyaláb. Ennek a tükrörnek fókuszpontja a termoelemet lezáró KBr lencsén ( $L_2$ ) van. A termoelemre eső jel az erősítőn keresztül ( $V$ ) az úgynevezett relágra kerül, amelynek mozgása addig tart, amíg az egyik tengelye végén levő fésűs blende ( $Bl_1$ ) elmozdulása által — amely az összehasonlító sugármenet útjába nyúlik be — a két sugármenetben az energiák egyenlőkké nem válnak. A motor másik tengelyéhez

kapcsolódó írószerkezet (Schr) ezt az állandó kiegyenlítődést regisztrálja. Ezenkívül a teljes tartományon belül az UR—10 beprogramozható, s csak a kívánt területen készít felvételt s a felvétel végén automatikusan kikapcsol. Ez főképpen azért lényeges, mert a program alapján kiszámítható a felvétel időtartama, s erre az időre felügyelet nélkül lehet hagyni a készüléket.

A szilikátipari vizsgálatok szempontjából felvételi technikák közül háromféle látszik alkalmazásnak: a nujolos, a káliumbromidos és a polarizált fényben végzett egykristályok vizsgálatának technikája. A nujolos technika esetén a vizsgálandó anyagot nujolban — tiszta paraffinolajban — jól eldörzsöljük, majd KBr vagy NaCl küvettába nyomjuk egy fecskendő segítségével. Az összehasonlító küvettát úgy választva meg, hogy nujollal való töltés után a két küvettában a nujol rétegvastagsága azonos legyen. Ez legkönnyebben úgy valósítható meg, hogy összehasonlítóan állítható rétegvastagságú küvettát választunk és a nujol jellemző sávjának helyén a megfelelő rétegvastagságot beállítjuk. Káliumbromidos technika esetén a vizsgálandó anyagtól függően 1,5—6 mg anyagot achát mozsárban vagy vibrációs malomban 1 g spektroszkópiai tisztaságú, előzőleg szárított káliumbromiddal összedörzsöljük, homogénizáljuk. Ezt a homogén anyagot a présformába helyezük, majd ezt evakuáljuk és 8 tonna/cm<sup>2</sup> nyomás alatt egy percig állni hagyjuk állandó szívatás mellett. Az ily módon előkészített anyag színképét egy összehasonlító tiszta káliumbromid pasztillával szemben vesszük fel.

A harmadik módszer az egykristály vizsgálata polarizált fényben. A fényelnyeléssel kapcsolatos átmeneti momentumok irányát néhány esetben sikeresen állapították meg kísérletileg is. Ez úgy történik, hogy a molekulát valamilyen térirányban rögzítik és különböző rezgési irányú lineárisan polarizált fényt nyeletnek el vele. Ha a polarizált fény rezgési iránya megegyezik az átmeneti momentumával, az abszorpció nagymértékű, ellenkező esetben csekély. A vizsgálat úgy történik, hogy a vizsgálandó kristályt elhelyezük a polarizátorban és különböző helyzetekben az egész tartományban polarizált fénnel világítjuk át. A polarizált fényt két káliumbromid-lap közé zárt szelénfólia segítségével kapjuk. A polarizátorban levő kristályt 110°-al tudjuk elforgatni, s az abszorpció mértékéből a térirányokat meghatározni.

**Imre Lajos: Az infravörös spektrofotometria legfontosabb elméleti és gyakorlati tudnivalói**

Az infravörös spektrumok tanulmányozása módot ad arra, hogy a molekulákon belüli kötéserősségek mértékét és eloszlását tanulmányozzuk. Az infravörös sávok helyzete sok funkciós csoportra és szerkezeti egységre ad felvilágosítást. Az infravörös spektrum tanulmányozására szolgáló berendezések kérdései: fényforrás, prizmák, reflektáló tükrök, észlelő műszerek, elektronikus erősítés. A Magyarországon leggyakrabban használt UR-10 típusú készülék ismertetése. A szilikátipari vizsgálatok szempontjából legfontosabb három felvételi technika a nujolos, a káliumbromidos módszer és az egykristályvizsgálat polarizált fényben.

**Имре Лайош : НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ.**

Изучение инфракрасных спектров дает возможность измерять силы внутримолекулярных связей и их распределение. Расположение инфракрасных линий может служить объяснением для многих функциональных групп и структурных единиц. Вопросы, подлежащие изучению в области оборудования для получения инфракрасных спектров: источник света, призмы, рефлекционные зеркала, приборы для наблюдения, электронное усиление. Дается описание наиболее часто применяемого в Венгрии прибора типа UR-10. С точки зрения испытаний в силикатной промышленности наиболее важными является следующие три техники съёмки: смешивание с ньютоновым маслом, метод бромидов калия и испытания одного кристалла в поляризованном свете.

**Imre, Lajos : Das Wesentlichste in der Theorie und Praxis der Spectrophotometrie**

Das Studium der infraroten Spektren ermöglicht die Untersuchung des Maßes und der Verteilung von intramolekularen Bindungsstärken. Die Lage der Infra-

roten Bänder gibt auf manche Funktionsgruppen und Struktureinheiten Aufklärung. Beim Studium der Infrarotspektren stehen im Vordergrund: Lichtquelle, Prismen, Reflektierspiegel, Beobachtungsinstrumente, elektronische Verstärkung. Es wird der in Ungarn meistangewandte Apparat Typ UR-10 beschrieben. Die für die Untersuchungen in der Silikatindustrie wichtigsten drei technischen Vorgänge sind: Nujol-Methode, KBr-Verfahren, Einkristalluntersuchung in polarisiertem Licht. (S. G.)

**Imre, Lajos : Infrared Spectrophotometry: Theory and Practical Applications**

The study of IR-spectra gives a possibility to determine the measure and distribution of intramolecular bond forces. The position of IR-bands gives information upon a number of functional groups and structural units. Some problems of IR-spectrometers, as sources, prisms, reflecting mirrors, electronic amplifiers etc. are dealt with and the apparatus UR-10, being most widely used in Hungary is discussed in detail. Three investigation techniques are very important for silicate examination: the nujol mull, the potassium bromide and the monocrystal method, this latter in polarized light.

## Műszaki könyvnapok 1965

Az 1965. évi Műszaki Könyvnapok ismét a figyelem előterébe állítják a műszaki irodalmat, a műszaki könyveket, a műszaki könyvkiadást. Mint az elmúlt években, az idén is a gyárakban, a kutató- és tervezőintézetekben rendezik meg a könyvnapokat. Az ünnepélyes megnyitásra az Építők Szakszervezetének Dózsa György úti székházában október 16-án kerül sor.

Mi a funkciója a Műszaki Könyvnapoknak? Az „előtérbe állítás” nem azt jelenti, mintha az érdeklődés periferiájáról kellene most fókuszba állítani a műszaki könyveket. Ellenkezőleg, a szakemberek nagy többsége magától értetődőnek tartja, hogy együtt kell haladnia a technikai fejlődéssel, és egyre többen élnek a gyakorlati ipari segédkönyvek által adott lehetőségekkel. A szakkönyv bevonult a műszaki ember hétköznapijába, hétköznapivá lett, s ugyanakkor mégis ünnepi maradt, megőrizte a nyomdai termékeknek minden irodalomszerető ember által érzett ünnepi hangulatát.

A műszakiak saját tapasztalataikból tudják, hogy a nemzetközi műszaki-tudományos irodalommal teljesen lépést tartani ma már lehetetlen. Sőt, az a sajátságos helyzet áll elő, hogy mennél több energiát használunk fel a cikkáradattal folytatott küzdelemben, annál nyilvánvalóbbá válik, hogy labirintusban vagyunk. Ugyanakkor viszont teljesen világos: olvasni kell, szünet nélkül gyűjteni kell az ismereteket, mert aki nem halad, az reménytelenül elmarad.

Mi a megoldás? Sok tekintetben segít a szakszerű és megfelelő apparátussal végzett dokumentáció.

De a megoldás távolról sem tökéletes, a legigényesebb dokumentáció is hagyhatja azt a nagy valószínűséggel, hogy fontos közlemények elsikkadnak. Továbbra is nagy munkát ró ránk az értékelés, a lényegesnek a lényegtelenről való elválasztása.

Milyen lehetőség van még?

A leghatékonyabb segítséget a műszaki könyvek adják. A műszaki könyvek, melyek összefoglalják, regisztrálják az új ismeretanyagot és összeötvözik a régebbivel, amelyek rendet és rendszert teremtenek a fenyegető zűrzavarban.

De nemcsak ezért kínálja magát a műszaki könyv! A gyakorlat szükségletei, a tervezési és szerkesztési, a

technológiai, a gyártásellenőrzéshez szükséges adatok iránti — mennyiségben és pontosságban egyaránt fokozódó — igények adják nap mint nap a műszakiak kezébe a könyvet.

Miért kellene hát akkor a Műszaki Könyvnapok?

Az elmúlt évek tapasztalatai azt bizonyítják, hogy a könyvnapok évenként ismétlődő néhány napos periódusa az erősödő műszaki könyvkiadás önvizsgálatának, önellenőrzésének időszaka. A könyvnapokat, mint említettük, üzemekben, tervezőintézetekben, a gépek és munkaasztalok tözsomszédságában tartják. A könyvnapok eleven érintkezésben zajlanak le azokkal, akik a könyvből szerzett ismeretek „termelő fogyasztói”, akik a legközvetlenebbül tapasztalják, vajon azt adják-e a műszaki könyvek, amit kell, és úgy adják-e, ahogyan kell.

A könyvnapokban testesült ünnepi önvizsgálat nagy jelentőségű a műszaki könyvkiadási politika meghatározása szempontjából. A műszaki könyvkiadás számos új alkotásának ötletét, közöttük az idei könyvnapokon megjelenő nem egy új könyvnek ötletét is az elmúlt évek könyvnapjain tett javaslatok adták.

A könyvnapok alkalmából megjelenő 58 új mű négy könyvkiadó, a Műszaki, az Akadémiai, a Táncsics és a Közgazdasági és Jogi Kiadó idei termésének legjava. E cikk keretei nem teszik lehetővé, hogy az új könyveket ismertessük. de arra rámutatunk, hogy szinte minden ipari szakma jelentős új alkotásokkal gazdagodik az idei könyvnapokon. S a hangsúly mindenütt az új kutatási eredményeken, az új technikán, a továbbra is rohamosan bontakozó technikai forradalom által meghatározott új technológián van.

Az októberi könyvnapok alatt újabb lépést teszünk előre a műszaki könyv barátainak nagy társadalmi szervezete, a Műszaki Könyvklub kiépítése terén. A tavaly jelentkezett tízezrekhez nyilván újabb tízezrek csatlakoznak, olyanok, akiknek fontos a technikai irodalom, a műszaki könyvkiadás haladásának ügye.

Ennek a haladásnak fontos állomásához érkezünk el az 1965-ös Műszaki Könyvnapokkal. Bizonyos, hogy az ez évi „önellenőrzés” — feltéve a műszaki társadalom aktív érdeklődését és részvételét — további jelentős eredmények alapját veti meg!

F. H.

# Hazai szilikátásványok vizsgálata infravörös spektrofotometriával\*

BÁLINT PÁL NÉ  
(Távközlési Kutatóintézet, Budapest)

A hazai szilikátásványok szerkezetének és összetételének vizsgálata során felvettük néhány hazai előfordulás infravörös spektrumát Zeiss gyártmányú infravörös spektrofotométerrel.

A munka első fázisát a tiszta, ún. „etalon-anyagok” spektrumának felvétele jelentette, mely anyagokat Kiss Lajos tudományos főmunkatárs bocsátott rendelkezésünkre. Ennek során a kaolinit illit, montmorillonit, hidromuszkovit és allevardit agyagásványok, valamint az ortoklász és adular földpátok, továbbá a kalcit, az alunit, a csillám és a kvarcit tiszta anyagok infravörös spektrumának felvételére került sor. Végül három hazai téglá és cserépagyag infravörös színeképét tettük vizsgálat tárgyává, annak megállapítása céljából, hogy azokban milyen ásványok fordulnak elő.

A Hunt és Turner nyomán (1) alkalmazott metodikát az alábbiakban ismertetem. Az 5 mikron alatti részecskéket tartalmazó pormintát kevés desztillált vízzel elkeverve homogén eloszlású szuszpenziót készítettünk, majd ebből a száraz anyagra számítva 1 mg-nyi mennyiséget KRS-5 ablakra vittünk, ügyelve arra, hogy a rétegvastagság mindenütt egyenletes legyen.

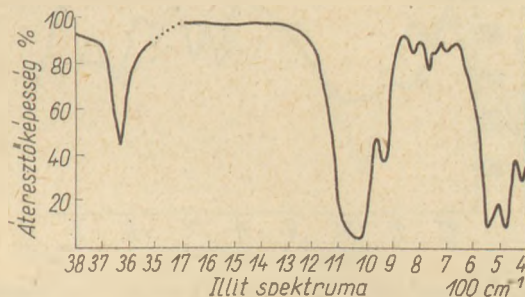
Ezután a vizes szuszpenziót infravörös lámpa alatt megszáritottuk és felvettük a spektrumot. A mérésnél alkalmazott porfilm területe  $1,75 \text{ cm}^2$  volt, amely megfelelt a sugárnyaláb keresztmetszeti méretének a vizsgált minta helyén. Az összehasonlító sugármenetben az előzőekben említett KRS-5 ablakkal azonos anyagú és vastagságú ablakot helyeztünk el.

Az etalon anyagok említett eljárással felvett spektrumát az 1–11. ábrák mutatják be. Amint az ábrákból látható, az egyes agyagásványokat egymástól igen nehéz megkülönböztetni. Valamennyi agyagásványra jellemző ugyanis az  $1120\text{—}920 \text{ cm}^{-1}$  között fellépő széles sáv, mely bizonyos esetekben két-három, sőt több kisebb-nagyobb sávra hasad. Ugyancsak megtalálható csaknem mindegyik agyagásvány színeképében a kötetlen hidroxilra jellemző  $3630 \text{ cm}^{-1}$ -nél jelentkező éles abszorpció, valamint az  $550\text{—}460 \text{ cm}^{-1}$  között fellépő két intenzív sáv (1).

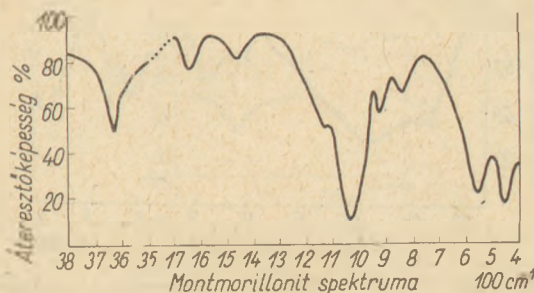
Az egyes agyagásványok közül az illit 1. ábrán látható színeképe a legegyszerűbb. A kötetlen hidroxil  $3630 \text{ cm}^{-1}$ -nél látható karakterisztikus sávja mellett megjelennek az agyagásványt felépítő  $\text{SiO}_4$  tetraéderekből, valamint az  $\text{AlO}_6$  oktaéderekből álló rétegek abszorpciós sávjai  $1030$ , ill.  $920 \text{ cm}^{-1}$ -nél, mely értékek jó egyezést mutatnak az irodalomban megadott adatokkal (2).  $810 \text{ cm}^{-1}$ , ill.  $700 \text{ cm}^{-1}$ -nél a kvarc,  $760 \text{ cm}^{-1}$ -nél pedig a szennyezésként jelenlévő muszkovit karakterisztikus sávjai láthatók.

\* Elhangzott a Szilikátipari Tudományos Egyesület Szilikátkémiai Bizottsága által rendezett 1964 december 1-i Szilikátkémiai Ankénton.

A montmorillonit spektrumában a 2. ábrán láthatóan  $1120 \text{ cm}^{-1}$ -nél az illitéhez képest új vonal jelenik meg. Az általunk vizsgált Szepesi-féle szódás eljárással preparált montmorillonitban jól kimutatható a karbonát szennyezés, melynek karakterisztikus sávjai  $1450 \text{ cm}^{-1}$ , ill.  $850 \text{ cm}^{-1}$ -nél találhatók.



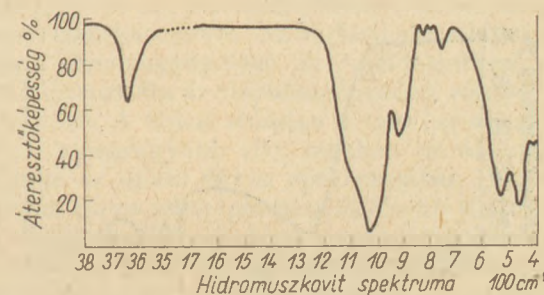
1. ábra. Az illit infravörös abszorpciós spektruma



2. ábra. A montmorillonit infravörös abszorpciós spektruma



3. ábra. Az allevardit infravörös abszorpciós spektruma



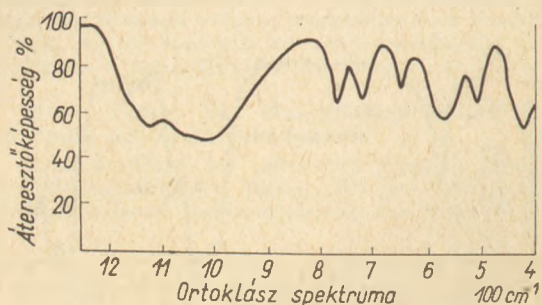
4. ábra. A hidromuszkovit infravörös abszorpciós spektruma



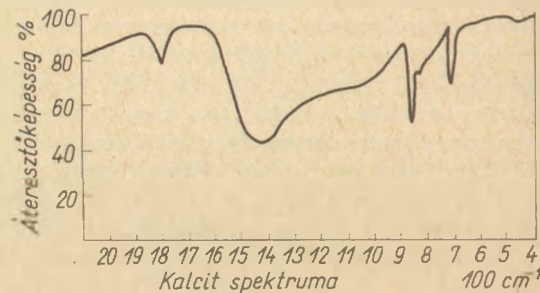
5. ábra. A kaolinit infravörös abszorpciós spektruma



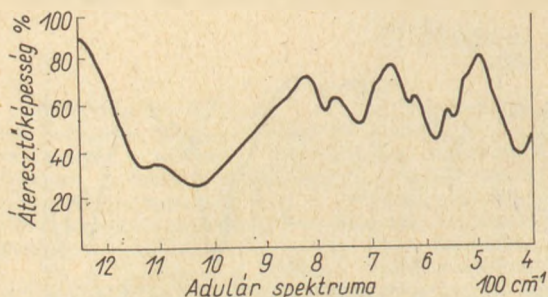
10. ábra. A kvarcit infravörös abszorpciós spektruma



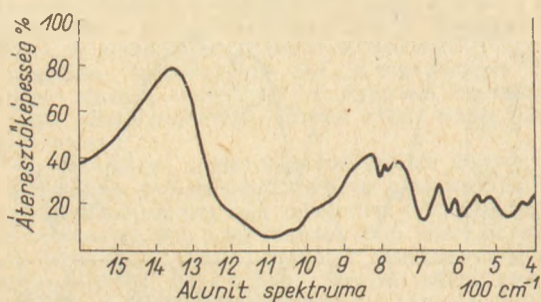
6. ábra. Az ortoklász infravörös abszorpciós spektruma



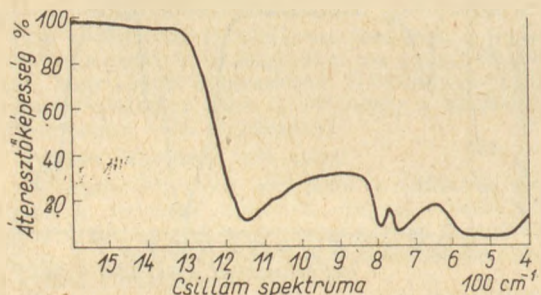
11. ábra. A kalcit infravörös abszorpciós spektruma



7. ábra. Az adulár infravörös abszorpciós spektruma



8. ábra. Az alunit infravörös abszorpciós spektruma



9. ábra. A csillám infravörös abszorpciós spektruma

Az allevardit színképét a 3. ábra mutatja be. Ez lényegében a montmorillonitéhoz hasonlít, de sávjai kifejezettebbek. A spektrumban a kvarcra jellemző  $800\text{ cm}^{-1}$ , ill.  $780\text{ cm}^{-1}$ -nél jelentkező sávok is megtalálhatók.

A hidromuszkovit színképében, mely a 4. ábrán látható,  $761\text{ cm}^{-1}$ -nél erre az agyagásványra jellemző új sáv jelenik meg.

A kaolinit 5. ábrán bemutatott spektrumában az agyagásványokra jellemző  $1120\text{ cm}^{-1}$  és  $920\text{ cm}^{-1}$  közötti hullámszám tartományában bonyolultabb felépítésű abszorpciós görbe jelenik meg. Az  $\text{SiO}_4$  tetraéderekből álló rétegek karakterisztikus széles sávja felhasad és az  $\text{AlO}_6$  oktaéderek rétegekre jellemző sáv is három kisebb-nagyobb sávra bomlik. A felhasadás oka, hogy a vizsgált kaolinitben a kaolinit csoport más agyagásvány-módosulatai is előfordulnak, így pl. dickit, és halloysit (2). A spektrumot kismennyiségű kvarctól és muszkovittól származó sávok egészítik ki  $800\text{ cm}^{-1}$ , ill.  $700\text{ cm}^{-1}$  és  $750\text{ cm}^{-1}$  hullámszámoknál.

A földpátok közül az ortoklász és az adulár spektrumát tettük vizsgálat tárgyává. A két földpát 6. és 7. ábrán látható színképe majdnem teljesen azonos, ami azzal magyarázható, hogy a két ásvány kémiai összetétele azonos, csupán szerkezetükben különböznek egymástól. A földpátokra a  $780\text{ cm}^{-1}$  ill.  $720\text{ cm}^{-1}$ -nél jelentkező két közel egyenlő intenzitású sáv diagnosztikus. Az ortoklász színképében a  $650\text{ cm}^{-1}$ -nél jelentkező sáv albit szennyyezéstől származik (3).

Az alunit spektrumában, melyet a 8. ábra mutat be, az  $1130\text{--}900\text{ cm}^{-1}$  hullámszám-tartományban jelentkező széles sáv mellett jól látható az  $\text{SO}_4$  csoport karakterisztikus sávja  $640\text{ cm}^{-1}$ -nél. A színképben  $800$ , ill.  $780\text{ cm}^{-1}$ -nél valamint  $700\text{ cm}^{-1}$ -nél mutatkozó sávok ismét kvarc szennyyezésről tanúskodnak.

A csillám 9. ábrán látható színeképében az  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  rétegre jellemző sávok  $1150\text{ cm}^{-1}$ -nél jelentkező abszorpciós maximummal egymásbaolvad, széles sávot alkotnak. A spektrumban a muszkovit  $750\text{ cm}^{-1}$  hullámszámnál látható karakterisztikus sávja mellett itt ugyancsak a kvarc vonalait ismerhetjük fel.

A kvarcit spektrumát a 10. ábrán láthatjuk. Ezen a színeképben a kvarc  $800\text{ cm}^{-1}$  ill.  $780\text{ cm}^{-1}$ -nél megjelenő diagnosztikus dublett sávja, ill. a  $700\text{ cm}^{-1}$  hullámszámnál fellépő vonal igen élesek. Az  $\text{Si-O-Si}$  kötés vegyérték rezgése  $1200\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$  között éles sávot ad (3).

A kalcit 11. ábrán látható spektruma csupán a karbonát vonalait tartalmazza.  $1800\text{ cm}^{-1}$  hullámszámnál a  $\text{C=O}$  vegyértékrezgés,  $1440\text{ cm}^{-1}$ -nél, valamint  $880\text{ cm}^{-1}$  ill.  $715\text{ cm}^{-1}$ -nél a  $\text{CO}_3$  csoportra jellemző deformációs ill. vázrezgés sávjai találhatók (3).

Ezen ún. „etalon-anyagok” spektrumának elemzése után három hazai közönséges agyag infravörös színeképét tettük vizsgálat tárgyává. Az újlaki, a tiszaberceli és a kerámia sárga anyagok infravörös spektrumait a 12., 13. és 14. ábrák mutatják be. Ezen színeképek elemzése ill. az „etalon anyagok” spektrumával való összehasonlítása alapján a következőket állapíthatjuk meg:

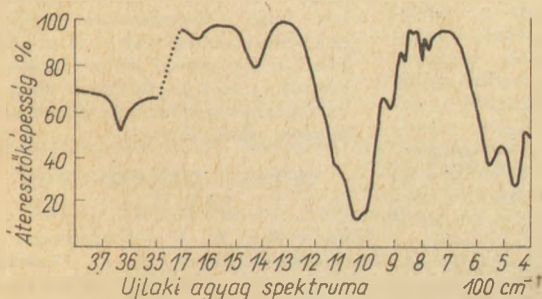
Az újlaki agyag, agyagásvány tartalma mellett, — mely a görbe alakját tekintve montmorillonit és illit jelleget mutat, — számottevő mennyiségű karbonátot is tartalmaz. Erre utal az  $1440\text{ cm}^{-1}$  és a  $880\text{ cm}^{-1}$  hullámszámoknál megjelenő két sáv. A karbonát mellett a színeképben a kvarc  $800\text{ cm}^{-1}$ -nél fellépő dublett sávja, és a  $700\text{ cm}^{-1}$  hullámszámnál megjelenő vonala is megtalálható.

A tiszaberceli agyag spektruma montmorillonitos jellegre utal. Lényeges különbség az előző agyag színeképével összevetve, hogy a tiszaberceli agyag nem tartalmaz karbonát szennyezést, azaz csak igen kis mértékben, amelyre az  $1440\text{ cm}^{-1}$ -nél jelentkező igen kis intenzitású vonal utal.

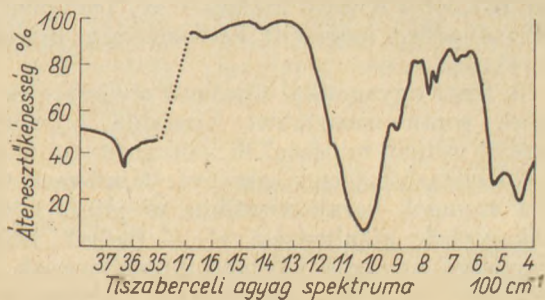
A kerámia sárga agyag karbonát tartalma az előző két agyag mésztartalma közé esik. Ezt a tényt az  $1440\text{ cm}^{-1}$  és a  $880\text{ cm}^{-1}$  hullámszámoknál lévő sávok intenzitásértékei bizonyítják.

A kerámia sárga agyag is tartalmaz kvarc szennyezést,  $800\text{ cm}^{-1}$ -es dublett és  $700\text{ cm}^{-1}$ -es sávjai jól láthatók.

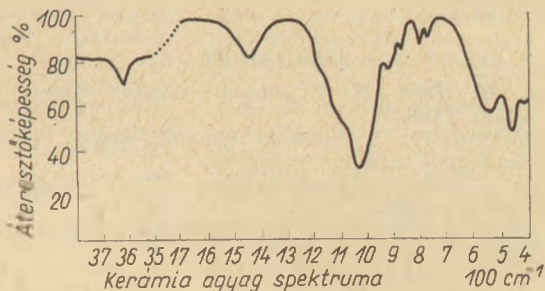
A vizsgált három előfordulás agyagásvány-tartalmának közelítő — félkvantitatív — megállapítása az agyagásványokra jellemző kötetlen



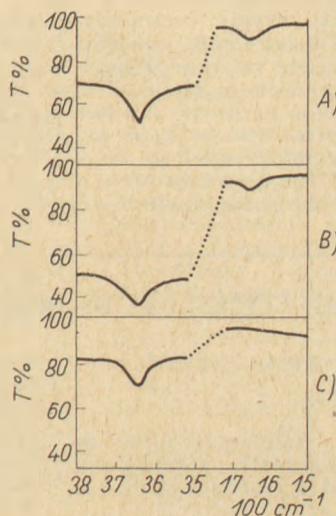
12. ábra. Az újlaki agyag infravörös abszorpciós spektruma



13. ábra. A tiszaberceli agyag infravörös abszorpciós spektruma



14. ábra. A kerámia sárga agyag infravörös abszorpciós spektruma



15. ábra. Az újlaki (A), a tiszaberceli (B) és a kerámia, sárga agyag (C) agyagásványtartalmának megállapítása a kötetlen hidroxil sáv intenzitása alapján

hidroxil diagnosztikus sávja alapján történhet. A 15. ábrán a három agyag színeképében szereplő  $3630\text{ cm}^{-1}$ -es sáv intenzitásértékeit láthatjuk egymással összehasonlítva. Az ábrából megállapítható, hogy a három agyag  $3630\text{ cm}^{-1}$ -nél jelentkező sávjának intenzitása az alapabszorpcióhoz viszonyítva különböző. A vonal erőssége a tiszaberceli agyag esetén a legnagyobb (B), csökken az abszorpció mértéke az újlaki agyag spektrumában (A), és a kerámia sárga színeképében a legkisebb a differencia a  $3630\text{ cm}^{-1}$ -es sáv és az alapabszorpció között. (C). Ez a megállapítás azt bizonyítja, hogy a fenti sorrendben csökken az illető agyagok agyagásvány-tartalma, ami megegyezésben áll az Építőanyag-

ipari Központi Kutató Intézet 7. sz. Tudományos Közleményében megadott képlékenységi értékekkel (4).

A fenti agyagokkal általunk elvégzett és az előzők során ismertettett kisszámú infravörös vizsgálat csupán minőségi, ill. félkvantitatív mennyiségi elemzést tettek lehetővé. Mindemellett a tiszta anyagok karakterisztikus sávjainál felvett munkagörbék alkalmazásával — melyek ismert mennyiségű anyagok jellemző intenzitásának, ill. extinkciójának az anyagmennyiség függvényében való ábrázolásai — lehetőség van a vizsgálandó agyagok %-os összetételének meghatározására is, az infravörös spektrofotometria módszereinek alkalmazásával.

#### IRODALOM

- [1] J. M. Hunt—D. S. Turner: *Analyt. Chem.*, 25. (1953) 1169.
- [2] Grofcsik J.: *A kerámia elméleti alapjai* (1956). Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [3] H. Moenke: *Mineralspektren*. (1962) Akademie-Verlag, Berlin.
- [4] Albert J.: *ÉaKKI 7. sz. Tudományos Közlemény* (1961).

#### Bálint Pálné: Hazai szilikátásványok vizsgálata infravörös spektrofotometriával

Zeiss UR-10 jelű infravörös spektrofotométerrel vizsgáltuk meg néhány etalon-agyagásvány, földpát, valamint a kalcit, az alunit, a csillám és a kvarcit infravörös spektrumát, valamint három hazai téglagyag infravörös színképét, a Hunt—Turner féle metodika szerint. Az etalon ásványok felvétele alapján a három téglagyag infravörös színképe jól értékelhető: első sorban a karbonátok voltak jól kimutathatók, de a kötetlen hidroxil diagnosztikus sávja alapján ( $3630\text{ cm}^{-1}$ ), az agyagásványtartalom közelítőleg megállapítható volt.

#### Балинт Палне: ИСПЫТАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИЛИКАТОВ С ПОМОЩЬЮ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ.

Были исследованы инфракрасные спектры нескольких эталонных глиняных минералов, полевого шпата, кальцита, слюды и кварцита с помощью инфракрасного спектрофотометра Цейсса УР-10, а также инфракрасные спектры трех отечественных кирпичных глин по методике Гунт-Турнер. На основе спектра эталонных минералов удалось провести хорошую оценку спектра трех кирпичных глин: в первую очередь хорошо видны карбонаты, а также на основе линии несвязанного гидроксида ( $3630\text{ см}^{-1}$ ) можно определить приблизительно содержание глиняных минералов.

#### Frau Bálint, Gabriella: Untersuchung ungarländischer Silikatminerale mit Hilfe der Infrarot-Spektrophotometrie

Man hat vermittelst des Infrarot-Spektrophotometers „Zeiss UR-10“ die Spektren einiger Etalon-Tonminerale, das Infrarotspektrum vom Feldspat, ferner vom Calcit, Alunit, Glimmer und Quarzit untersucht, wie auch das von drei einheimischen Ziegeltonen, laut Hunt-Turner'scher Vorschrift. Auf Grund der Aufnahmen von Etalon-Mineralien lassen sich die Spektren der drei Ziegeltonen hinreichend bewerten: An erster Stelle können die Carbonate einwandfrei nachgewiesen werden, doch ließ sich — auf Grund des diagnostischen Bandes vom freien Hydroxyl ( $3630\text{ cm}^{-1}$ ) — der Tonmineralegehalt näher bestimmen. (S. G.)

#### (Mrs.) Bálint, Gabriella: The Investigation of some Hungarian Silicate Minerals by Infrared Spectrophotometry

Reference clay minerals, feldspar, calcite, alunit, mica and quartzite, as well as three sorts of Hungarian brick clays have been investigated by infrared spectroscopy using the Hunt—Turner technique. The spectra of the three brick clays can be well evaluated by the reference minerals; not only carbonates have been detected, but also a semi-quantitative estimation of clay mineral amount was possible by the diagnostic bands of hydroxyde-ion ( $3630\text{ cm}^{-1}$ ).

## AZ ÉPÍTÉSÜGYI ÉS DOKUMENTÁCIÓS IRODA KÜLFÖLDI LAPSZEMLÉJE

### BAUSTOFFINDUSTRIE

1965. 2. sz.

Markgraf, J.: Ammónium-nitrát és Diesel olaj-keverék alkalmazása nagyfűrólyukas robbantásokhoz (p. 57—64, á: 12, b: 5)

Az NDK-ban is sikerrel használják 94 súlyszázalék ammónium-nitrát és 6 súlyszázalék Dieselolaj keverékét robbanóanyagként. Ennek a keveréknek a detonációs sebessége  $2300 = 3500\text{ m/s}$ . Az ammóniumnitrát legmegfelelőbb szemmagysága  $0,3 = 2,0\text{ mm}$ . Az olaj hozzákeverését célszerű a felhasználási helyen betonkeverővel elvégezni. A robbanóanyag nem érzékeny mechanikai behatásra, ezért biztonságos a kezelése. Közösleges gyújtózsínpr nem elegendő a detonációhoz. Célszerű szokványos robbanóanyag póttöltet alkalmazása. Nem alkalmazható nedves helyen. A detonációs sebesség kemény kőzetben nagyobb. 80 mm furatú lyukba 4 kg/m robbanóanyagot lehet tölteni egyszeri ömlesztéssel; meg-

felelő töltőberendezéssel a fajtágos töltet növelhető. A robbantólyukak egymástól való távolsága 4,5 m-rel növekedett, a lerobbantott anyag egyenletes, közep nagyságú darabokból áll.

Diamant, M. I.—Kzenofontov, N. I.—Fedünin, N. I.: Falpanelek szerelőállványos előállításának portlandcementes gázpernyebetonból (p. 12—14, á: 2, t: 2)

Az erőművi pernye és a salak-portlandcement összetétele biztosítja a gázpernyebeton panelek autokláv nélküli szilárdításának hatékonyságát. A megfelelő technológiai tényezők együttes alkalmazásával biztosítható a gázpernyebeton nedvességtartalmanak és zsugorodásának csökkenése. E panelek műszaki-gazdasági mutatói a pernye és a kohósalak olcsósága és a technológia egyszerűsége miatt igen jók. Egy  $\text{m}^3$  gázpernyebeton önköltsége a homokkal készült sejt betonhoz viszonyítva 20—30%-kal kevesebb.

Elsin, I. M.: „FA” monomer alapú műanyagbeton alkalmazása berendezések és építési szerkezetek korrózió elleni védelmére (p. 19—21, t: 1, b: 4)

Az „FA” monomer alapú műanyagbeton életartamának különböző körülmények között végzett vizsgálatai alapján ez a beton vegyipari vállalatoknál széles körű alkalmazásra javasolható korróziógátló anyagként, épületszerkezetek és technológiai berendezések védelmére. A korróziógátló technikában való alkalmazásuk területeinek elhatárolása céljából a különböző műgyanták felhasználásával készült műanyagbetonok még további laboratóriumi és üzemi kísérleteket igényelnek.

### BETON I ZSELEZOBETON

1965. 3. sz.

Kravesenko, I. V.—Kuznecova, Ju. F.—Csizsájakov, G. I.: Cement a gőzöléssel készített előregyártott vasbetonhoz (p. 4—7, t: 4)

A duzzadó portlandcementek felhasználása gőzöléssel készült előre-

gyártott vasbetonban portland-cement helyett lehetővé teszi az izotermikus hevítés idejének 1,5—2,3-szoros csökkentését, a kisebb gőzfogyasztást és egy  $m^3$  gyártmány önköltségének 8—19%-os csökkentését. A duzzadó portland-cementtel készített, gőzölt vastagfalú gyártmányokban nem fordulhatnak elő zsugorodási repedések és a termékek minősége javul.

Ivanszkij, G. B.—Majerszkij, A. E.: **Acélkötések korrózió elleni védelme nagypaneles épületekben** (p. 10—14, á: 4, b: 5)

Az acélkötések korrózió elleni védelmet az emeltek számától és az épület konstrukciós megoldásától függetlenül kell megvalósítani. Nagypaneles építési viszonyok között legcélszerűbb ötvözetből, vagy cink és alumínium keverékéből történő fémesítési mód alkalmazása. A hegesztési hézagok korrózió elleni védelmére legcélszerűbb a poralakú anyagokkal való gázlángos fémesítés technológiájának alkalmazása. Az acélon alkalmazott fémesítő cinkbevonatok — amerikai adatok szerint — körülbelül 12—15 éven keresztül biztosítják a védőhatást.

Talesznik, E. A.—Dusnov, Ju. P.: **Az előregyártott vasbetontermékek hőkezelése és önköltsége** (p. 28—30, á: 2, t: 1)

A hőkezelés időtartamának egy órával való növelése vagy csökkentése formánként 3—4%-kal változtatja meg az amortizációs leírások összegét, ami a soküreges födémgerendák önköltségének 0,07 %-os, a nagyméretű ipari szerkezetek önköltségének pedig átlagosan 0,1 %-os növekedését, illetve csökkentését eredményezi. Az amortizációs leírások összegének változási mutatója nagyobb hatást gyakorol  $1 m^3$  gyártmány önköltségére, mint a hőkezelési költségmutató. A két tényező összegezett hatása azonban hozzávetőlegesen azonos.

## BETON I ZSELEZOBETON 1965. 4. sz.

Szavinov, O. A.—Szovalov, I. G.—Sindel, Ju. I.: **Előregyártott, térbeli vasbeton födémpanelek formázása** (p. 15—18, á: 4, t: 2, b: 5)

A ferde, hajlított, legfeljebb  $15 m^2$  területű panelek formázása különböző szerkezetű stabil vagy csúszó

vibrosajtoló berendezésekkel végezhető. A legfeljebb 6 m hosszú és 20—30 cm ívmagasságú ferde elemek vibroasztalokon, pneumatikus pótsúllyal formázhatók, ez a módszer azonban még további vizsgálatokat igényel. A  $3 \times 12$  m-es, hosszú paneleket kalibráló típusú, rugós pótsúlyú csúszó vibrosajtolókkal lehet formázni. A terebélyes födémpanelek gazdasági előnyei azonban csak hosszas és mély elemzés után bizonyíthatók be a gyakorlatban.

Krivickij, M. Ju.—Szasztnüj, A. N.: **A gázbeton szilárdságának változása az autokláv kezelés folyamán** (p. 30—32, á: 4, t: 1)

$174^\circ C$ -ig való autokláv kezelés folyamán a gázbeton szilárdsága alig változik meg. Legnagyobb gázbetonszilárdság nyolc órányomásán, 4—6 óras izotermikus kezelés után jelentkezik. A nagyméretű gyártmányok izotermikus kezelésének időtartama a gyártmány teljes átmelegedésének idejétől, valamint a kötőanyag és a szilícium-dioxid-komponens közötti kölcsönhatástól függ, amelyet kis házikusságú kalciumhidroszilikátok képződése kísér. Így azonos szilárdságú, repedésálló és hosszú élettartamú lesz a termék.

## CEMENT

P. Jacsev, V. A. — P. Jacseva, G. E.: **Az alkáliák viselkedése az építési paraméterek és nyersanyagösszetétel függvényében** (p. 4—6, t: 3)

Káliumot és nátriumot tartalmazó természetes ásványok illetőleg —  $Na_2CO_3$  és  $K_2CO_3$  (2%  $R_2O$ -ra számított) adalékával készített különböző összetételű nyerskeverékek laboratóriumi égetésekor ( $1400—1430^\circ C$ -on) megállapították, hogy: 1. gyors égetéskor az alkáliák nehezebben illannak el; 2. Alacsonyabb szilikátmodulusú (SM-2,0) nyerskeverékek esetében a nagyobb mennyiségű olvadásfázis akadályozza az alkáliák elillanását, mivel csökken az elgőzölgési felület. SM-4 esetében a kész klinker alkálitartalma kisebb; 3. Fontos szerepe van az alkáliát tartalmazó ásvány fajtájának is, mert az olvadásfázis nagyobb vastartalma szintén lelassítja az alkáliák elillanásának

folyamatát; 4. A  $K_2O$  jóval könnyebben távozik a nyerskeverékből (mind gyors, mind lassú égetésnél), mint a  $Na_2O$ . Utóbbi különösen károsan befolyásolja a klinker szabaddmésztartalmát.

Toropov, N. A.—Dobrovolszkij, K. A.: **Nátrium- és káliumsók hatása a klinkerásvány-képződésre** (p. 6—7, á: 3, b: 4)

A cement-nyersanyagokban levő alkáliák égetés közben elgőzölögnek és a kemence hidegebb részein — elsősorban a füstgázokban levő porszemcsékre — ismét lecsapódnak. Ez okozza egyes kemencék, illetve hőcserélők füstgázjárainak eltömődését. Ugyanakkor bizonyos alkáliavegyületek mineralizátorként hatnak a klinkerásványok képződésére. Így pl. 1,5%  $NaCl$ -ot vagy  $KCl$ -ot tartalmazó nyerskeverékben a  $CaO$  reakcióbalépése (lekötődése) meggyorsul és már  $700^\circ C$ -on jelentős mértékű ( $900^\circ C$  helyett). Magasabb hőmérsékleten azonban a reakció a kloridok disszociációja következtében ismét lelassul. A szerzők a mineralizáló tulajdonságot a kloridok olvadásakor keletkező folyadékfázisnak a reakció sebességét növelő hatásával magyarázzák.

Szemcsenko, I. A.—Sztorba, N. I.: **Elektrolitok hatása a granáliák szilárdságára** (p. 8, b: 3)

A túl aprószemcséjű granáliák és a por a kemencékben gyorsan és egyenlőtlenül haladnak előre, ami megnehezíti az égetést. A granáliák szétporlásának megakadályozására a nyersanyaghoz az agyagkomponens koagulációs küszöbértékét alig meghaladó mennyiségű elektrolitokat adagolnak ( $H_3PO_4$  — 0,073%,  $Na_2SiF_6$  — 0,084%,  $Na_2SiO_3$  — 0,046% a száraz nyerskeverékre vonatkoztatva). Ezek erősen megnövelték a granáliaszilárdságot, különösen a porlásás szempontjából legveszélyesebb hőmérsékleteken:  $300$  illetve  $900^\circ C$  körül. A szilárdságnövekedés azzal magyarázható, hogy az elektrolitok koagulálják a kolloidokat és ezáltal a kapilláris csatornák felszabadulnak, a granália porózusabb lesz, ami megkönnyíti a száradást és csökkenti az égetési zsugorodást, valamint a porlódást.

## É P Í T Ő A N Y A G

Főszerkesztő: Korach Mór. Szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kladja a Műszaki Könyvkiadó, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 118-450  
Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1450 példányban  
65.9., 23478 Révai Nyomda, Budapest, V., Vadász utca 10.

Terjeszti a Magyar Posta. — Előfizethető a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) és minden postahivatalnál.

A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra” P. O. B. 149. Budapest 62

Előfizetési díj:  $\frac{1}{4}$  évre 18.—Ft; félévre 20.—Ft; egyes szám ára: 6.—Ft. — Csekk számlaszám egyéni: 61.252; közületi: 61.066 vagy átutalás az MNB 8. sz. folyószámlájára

# MŰSZAKI KÖNYVNAPOK 1965

Kovács Géza—Langó László

## ÉPÜLETÜVEGEZÉS

Ipari Szakkönyvtár

A mű rövid áttekintést ad az ablaküveg gyártásának és felhasználásának történetéről, majd ismerteti az üvegyipar nyersanyagait. Tárgyalja az üveges munkát, a kézi számszámokat, az üvegesomagolást. Ismerteti az üveg-felületek méréseinek, az üvegtáblák kezelésének, vágásának módjait.

Kb. 290 oldal, 14×20 cm

Ára füzve kb. 19,50 Ft

kötve kb. 23,50 Ft

Műszaki Könyvkiadó

Dr. Kubinszky Mihály

## VASUTAK ÉPÍTÉSZETE EURÓPÁBAN

Az európai vasúthálózat fejlődése az építészek elé új, eddig ismeretlen feladatok megoldását tűzte célul, s így a modern építészet fejlődéstörténetének a vasútépítészettől igen érdekes és tanulságos fejezete. Művében a szerző ezt a specifikus építészeti ágat követi nyomon, kiindulva az 1830—50-es évektől, ismerteti az 1914-es évek nagyvárosainak kialakulása következtében megnövekedett vasúthálózatot, az azoknál alkalmazott építészeti eljárásokat és irányzatokat, napjainkig. A vasutak építészeti fejlődésének példája a legújabb építészet kialakulását tükrözi, tehát a leszűrt tapasztalatok egész modern építészetünkre is jellemzők és rendkívül tanulságosak.

Kb. 320 oldal, 17×24 cm

Ára kötve kb. 68,— Ft

Műszaki Könyvkiadó

Sámsondi Kiss Béla

## SZÖVETSZERKEZETES ÉPÜLETEK

Szerző sokrétű és szerteágazó újtó tevékenységének eredményei közül elsősorban a „szövetszerkezetesnek” nevezett szerkezeti rendszerét és az ehhez kapcsolódó építési módokat ismerteti. Megoldásaiiban az az elképzelés vezette, hogy a vasbeton szerkezeteket az acélszerkezetek szerelési szintjéhez közelítse. Ennek jegyében a hagyományostól eltérő vasbetontechnológiát, különleges csomóponti kötések és az építési-konstruktóri szerkesztéshez új elveket alakított ki.

Kb. 186 oldal, 17×24 cm

Ára kötve kb. 50,— Ft

Műszaki Könyvkiadó

Dr. Gerő István

## AZ ÉPÍTŐIPARI TERMELÉS SZERVEZÉSÉNEK SAJÁTOSSÁGAI

A könyv célja tisztázni a telepített ipar és az építőipar alapvető különbségeit és azonosságait, valamint megmutatni az építőipari termelőfolyamat korszerű szervezési módjait. A munka öt fejezetből áll: legjelentősebb része az építőipari üzemszervezés c. fejezet. Ebben részletesen tárgyalja az építési idő fogalmát befolyásoló tényezőket, valamint a különböző technológiai és szervezeti feltételek között mutatókozó eltérő hatását. A könyv mondanivalójának megértését 24 ábra segíti.

Kb. 240 oldal, 14×20 cm

Ára füzve kb. 27,— Ft

Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó

Lewiczki, B.

## LAKÓHÁZAK ÉPÍTÉSE ELŐREGYÁRTOTT NAGYELEMEKBŐL

A szerző műve nemzetközi viszonylatban is figyelmet keltett. A nagyelemes építésmóddal kapcsolatos fontosabb fogalmak tisztázása után áttekinti a blokk- és a panelépületek szerkezeti rendszereit. Az általános méretezési elvek és szerkesztési szabályok tárgyalása után a nagyelemes épületek térbeli merevségének kérdéseivel foglalkozik. Külön fejezetben ismerteti a kapcsolatok méretezését. A hő- és hangszigetelési, továbbá a tűzállósági követelményeket a zárófejezet foglalja össze.

Kb. 420 oldal, 17×24 cm

Ára kötve kb. 93,— Ft

Műszaki Könyvkiadó

Dr. Palotás László

## MÉRNÖKI KÉZIKÖNYV 5. kötet

Épületszerkezetek — Épülettervezés — Épületgépészet

A Mérnöki Kézikönyv sorozat utolsó kötete azokat a nem kifejezetten mérnöki ismeretanyagokat rendszerezi, melyekre a mérnöknek munkája közben esetenként szüksége lehet. A könyv első része a különféle rendeltetésű épületek, létesítmények szerkezeti elemeit tárgyalja. A második rész az épület tervezésével kapcsolatos fontosabb szabályokat, előírásokat, gyakorlati tanácsokat, valamint a tervezéssel kapcsolatos perspektív szemléleti formákat ismerteti. A mű harmadik része az épületek gépészeti berendezésével foglalkozik.

Kb. 1170 oldal, 14×20 cm

Ára kötve kb. 180,— Ft

Műszaki Könyvkiadó

Sárádi Kálmán

## ÉPÍTŐIPARI VASSZERKEZETI LAKATOSMUNKA

Ipari Szakkönyvtár

A mű szakmunkások számára ismerteti az építőiparban használatos vasszerkezeti munkát és bemutatja a vasszerkezeti munka területeit. Foglalkozik a szilárdságtan elemeivel, a szakrajzok készítésének és olvasásának kérdéseivel. Tárgyalja továbbá a lakatosipari munkák anyagait, a vasszerkezetek gyártását és a gyártott szerkezeti alkotórészek összeállítását a kötőelemek ismertetésével kapcsolatban.

Kb. 400 oldal, 14×20 cm

Ára füzve kb. 25,— Ft

kötve kb. 29,— Ft

Műszaki Könyvkiadó

Szondy István

## BURKOLÓMUNKÁK

Átfogó ismereteket nyújt a lakóépületek — családi és bérházak — külső és belső burkolatainak elkészítéséről. Ismerteti a különféle burkolóanyagokat, ezek sajátos tulajdonságait, a hő- és nedvességszigeteléssel kapcsolatos tudnivalókat. Bemutatja a hideg-, fa-, a hézagmentes és ragasztott padlókat, ezek alkalmazási területét, majd a falburkolatok anyagaival és a burkolás módszerével foglalkozik. A felsoroltakon kívül néhány különleges, könnyen megvalósítható, esztétikai és gyakorlati szempontból újszerű burkolatot is ismertet. A függelék különféle felmérési táblázatot közöl.

Táncsics Könyvkiadó